

# Kotimaisten elintarvikkeiden materiaalipanos

ElintarvikeMIPS

Tommi Kauppinen, Satu Lähteenoja ja Michael Lettenmeier



Maa- ja elintarviketalous numero 130  
91 s.

# **Kotimaisten elintarvikkeiden materiaalipanos**

## **ElintarvikeMIPS**

Tommi Kauppinen, Satu Lähteenoja ja  
Michael Lettenmeier

ISBN 978-952-487-190-7 (Painettu)  
ISBN 978-952-487-191-4 (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1458-5073 (Painettu)  
ISSN 1458-5081 (Verkkajulkaisu)  
<http://www.mtt.fi/met/pdf/met130.pdf>

MTT

Kirjoittajat

Julkaisija ja kustantaja

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietohallinto, 31600 Jokioinen

Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339

Sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2008

Kannen kuva

Jenni Heikkinen

Painopaikka

Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print

# Kotimaisten elintarvikkeiden materiaalipanos

## ElintarvikeMIPS

Tommi Kauppinen<sup>1)</sup>, Satu Lähteenoja<sup>2)</sup> ja Michael Lettenmeier<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Biotekniikka- ja elintarviketutkimus, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

<sup>2)</sup>Suomen luonnonsuojeluliitto, Kotkankatu 9, 00510 Helsinki, etunimi.sukunimi@sl.fi

<sup>3)</sup>Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Research Group 4: Sustainable Production and Consumption, Döppersberg 19, D-42109 Wuppertal, etunimi.sukunimi@wupperinst.org

### Tiivistelmä

Tässä raportissa esitellään 23 kotimaisen elintarvikeryhmän ja brasilialaisen soijan materiaalipanoset. Materiaalipanoset esitetään jaoteltuna MIPS-menetelmän (Material Input Per Service unit) mukaisesti materiaalipanosluokkiin. Ne mittaavat, kuinka paljon koskemattomasta ympäristöstä käytetään resursseja. Kaikille tutkituille elintarvikeryhmille käytetään samaa systeimirajausta, ja materiaalipanoset lasketaan kehdosta kaupan hyllyyn saakka. Kuluttajien asiointista, ruoan valmistuksesta ja jätehuollosta aiheutuvat materiaalipanoset on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Raportissa elintarvikeryhmille saadut materiaalipanoset kertovat, kuinka paljon materiaalia kotimaisiin elintarvikkeisiin käytetään ennen kuluttajan ostopäätöstä.

Elintarvikeryhmien materiaalipanoset suhteutetaan kilogrammaan elintarvikettä. Saatujen materiaalipanosien välillä on kertaluokkaeroja. Suurimmat materiaalipanoset saavat naudanliha, kasvihuoneessa ympäri vuoden kasvatettu kurkku ja juusto. Pienimmät materiaalipanoset saavat Brasiliassa tuotettu soija sekä kotimainen ruokaperuna ja luonnonvarainen lakka.

Materiaalipanoset lasketaan julkisten lähteiden perusteella. Maitotuotteille käytetään proteiini- ja rasvapohjaista allokoointia. Soijalle ja sen sivutuotteille käytetään massa-allokoointia. Saatujen tulosten virhemarginaalia arvioidaan herkkyysanalyysin avulla, tärkeimpiä materiaalipanosiin vaikuttavia tekijöitä varioimalla. Lisäksi esitellään eri tuotannotekijöiden osuus kunkin elintarvikeryhmän materiaalipanosista.

Raportissa elintarvikeryhmille esitetyt tulokset arvioidaan käyttökelpoisiksi päätöksenteon apuvälineiksi, kun pyritään lisäämään päivittäistavaraostosten ekotehokkuutta. Raportissa esitellään tapoja, joilla materiaalipanosaineistoa voidaan hyödyntää tähän tarkoitukseen.

Elintarvikkeiden tuotantojärjestelmän systeimirajaus vaikuttaa tuloksiin. Raportissa käytetty laaja ja yhtenäinen systeimirajaus on toteutettu siten, että elintarvikkeiden materiaalipanoset ovat tietynlaisia minimiarvioita: esimerkiksi tuotantorakennukset ja jakeluhävikki on jätetty systeimirajauksen ulkopuolelle.

---

*Avainsanat: elintarvikkeet, materiaalipanos, MIPS-menetelmä, allokointi, kuluttajat*

---

# Material input of Finnish foodstuffs

Tommi Kauppinen<sup>1)</sup>, Satu Lähteenoja<sup>2)</sup> and Michael Lettenmeier<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>MTT Agrifood Research Finland, Biotechnology and Food Research, FI-31600 Jokioinen, Finland, [firstname.lastname@mtt.fi](mailto:firstname.lastname@mtt.fi)

<sup>2)</sup>Finnish Association for Nature Conservation, Kotkankatu 9, FI-00510 Helsinki, Finland, [firstname.lastname@sll.fi](mailto:firstname.lastname@sll.fi)

<sup>3)</sup>Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Research Group 4: Sustainable Production and Consumption, Döppersberg 19, D-42109 Wuppertal, Germany, [firstname.lastname@wupperinst.org](mailto:firstname.lastname@wupperinst.org)

## Abstract

The Report introduces the material input of 23 Finnish foodstuff groups and Brazilian soy transported to Finland. Material input of the foodstuffs is presented using the MIPS-method (Material Input per Service unit). All the foodstuffs are studied using the same system boundaries. The material flows are counted towards the material input until the foodstuff is off the shelf. Shop-going, food preparation and waste management are therefore not included into the material input. Reported material inputs measure the mass of materials needed for a Finnish foodstuff before a consumer chooses to purchase it.

Material inputs of Finnish foodstuffs are given in proportion to a one kilogram of foodstuff. Differences between the material inputs are at the most of second order of magnitude. Foodstuffs with the highest material input are beef, greenhouse cucumber and cheese. Similarly, foodstuffs with the lowest material input are Brazilian soy, potato and natural cloudberry.

Computational results for the material inputs are solved using public data. Allocation between milk products is based on protein and fat content. Mass allocation is used for soy and its by-products. Error in the results is estimated using sensitivity analysis, by varying the most important factors of production. In addition, each factor's proportion of material input is given for every foodstuff group.

The results achieved are evaluated as being useful for decision-making, if the eco-efficiency of foodstuff consumption is to be developed. The Report gives some concrete means of utilising the material input of foodstuffs to this end.

The system boundaries used for the foodstuff production systems have an effect on the computational results. The Report uses extensive and homogeneous system boundaries, which have been chosen as to produce a certain kind of minimum values for the material input of foodstuffs. For example, the buildings for processing industry and delivery losses have been left outside system boundaries, for all foodstuffs.

---

*Key words: Finnish foodstuffs, material input, MIPS-method, Material Input per Service unit, allocation, consumers*

---

# Alkusanat

Elintarvikkeiden tuotantojärjestelmän ja ympäristön vuorovaikutusta lähestytään tätä nykyä myös yksittäisten kulutusvalintojen kautta. Tähän tarvitaan luotettavaa tietoa vuorovaikutuksen luonteesta. FIN-MIPS Kotitalous – kestävän kulutuksen juurruttaminen -hankkeessa kartoitettiin suomalaisten kotitalouksien kulutustottumuksia ja mitattiin niiden materiaalipanokset, käyttäen MIPS-menetelmää (material input per service unit). Tässä raportissa esitellään elintarvikkeiden materiaalipanolakelmien tulokset. Raportissa materiaalipanokset muodostetaan tärkeimmille Suomessa tuotetuille elintarvikeryhmille, käyttäen niille kaikille samaa systeimirajausta. Tällä tavoin saadaan tuotetuksi vertailukelpoinen aineisto, joka mittaa elintarvikkeiden tuotantojärjestelmän ja ympäristön vuorovaikutusta massamääräisesti.

FIN-MIPS Kotitalous -hankkeen päärahoittajana on ollut ympäristöministeriö. Lisäksi hankkeen rahoitukseen ovat osallistuneet kauppa- ja teollisuusministeriö, Kesko Oy, Lahden ja Helsingin kaupungit, Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy, Ekokumppanit Oy, Kansalaisjärjestöjen kierrätysliike ja Suomen luonnonsuojeluliitto ry. Suomen luonnonsuojeluliitto on vastannut tutkimuksen toteutuksesta ja koordinoinnista. Hanke on toteutettu osana ympäristöministeriön Ympäristöklusteri-tutkimusohjelman neljättä ohjelmakautta ”Ekotehokas yhteiskunta”. Hankkeen ohjausryhmässä on rahoittajatahojen lisäksi edustettuna Kuluttajatutkimuskeskus ja Pääkaupunkiseudun kierrätyskeskus Oy.

FIN-MIPS Kotitalous -hankkeen tieteellisenä johtajana on toiminut FT Heikki Susiluoma. Raportissa esitellyn materiaalipanosaineiston on koonnut tekn. yo Tommi Kauppinen, joka myös vastasi raportin kirjoittamisesta ja työsti aiheesta Teknillisen korkeakoulun diplomityönsä. MMM Michael Lettenmeier sekä FM Satu Lähteenoja ohjasivat aineiston kokoamista sekä raportin kirjoittamista. FIN-MIPS Kotitalous -hankkeessa mukana olleet tutkimusavustajat olivat osaltaan apuna aineistoa arvioitaessa, kiitos kaikille heille arvokkaista kommentteista.

Elintarvikeaineistoa koostettaessa tehtiin yhteistyötä keskieurooppalaisten materiaalitarkastelua soveltaneiden tahojen kanssa. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy sekä Sustainable Europe Research Institute (SERI) auttoivat materiaalipanosaineiston täydentämisessä ja tarkastamisessa. Myös CSCP eli Wuppertal Institute/UNEP Collaborating Centre for Sustainable Consumption and Production on avustanut tutkimuksen teossa.

Elintarvikkeiden materiaalipanosaineisto perustuu elintarvikkeiden ja elintarvikeryhmien tuotannon panos-tuotos -tietoihin. Tutkimus on toteutettu julkisia lähteitä käyttäen. Tässä raportissa esitetyn aineiston tuottaminen ei olisi ollut mahdollista ilman Suomen Ympäristökeskuksen julkaisemia inventaario-

analyysijä. Haluamme kiittää myös seuraavia henkilöitä ja tahoja, jotka ovat osaltaan edistäneet tutkimuksen onnistumista: ylitarkastaja Merja Saarnilehto ympäristöministeriöstä, dosentti Ilmo Mäenpää Thule-instituutista, vanhempi tutkija Ari Nissinen Suomen ympäristökeskuksesta, vanhempi tutkija Helmi Risku-Norja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta, toimitusjohtaja Holger Rohn Trifoliumista sekä vanhempi tutkija Michael Ritthoff Wuppertal-instituutista. Myös muut lähteissä mainitut tahot ansaitsevat kiitoksen tärkeästä työstään.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen Elintarvike-ekologian tutkimusryhmästä kiitämme Sirpa Kurppaa, Juha-Matti Katajajuurta, Rabbe Thunia ja Taija Sinkkoa raportin sisällön kommentoinnista ja avusta raportin julkaisemisessa. Julkaisussa esitetyt kannanotot ovat kuitenkin tekijöiden omia eivätkä edusta ympäristöministeriön, MTT:n tai muiden mukana olevien tahojen virallista kantaa.

Kiitos kaikille tutkimuksen toteutukseen osallistuneille. Toivottavasti tutkimus auttaa osaltaan edistämään kestävästä kehityksestä elintarvikesektorilla!

Helsingissä heinäkuussa 2008

Tommi Kauppinen   Satu Lähteenoja   Michael Lettenmeier

# Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	9
2	Materiaalitehokkuus - Material Input Per Service unit (MIPS).....	11
2.1	MIPS-menetelmän käyttö .....	12
2.2	MIPS-menetelmän tarjoamat tulokset .....	13
2.3	MIPS-menetelmän erityiskysymyksiä .....	14
3	Tutkimuksen lähtökohdat.....	16
3.1	Raportin tärkeimmät lähteet.....	17
3.2	Raportin tavoitteet.....	17
3.3	Materiaalipanoslukat.....	18
3.3.1	Abioottinen .....	18
3.3.2	Bioottinen .....	18
3.3.3	Vesi .....	18
3.3.4	Ilma.....	19
3.3.5	Eroosio.....	19
3.3.6	Maaperä .....	20
3.4	Palvelusuurite.....	20
3.5	Tuotantojärjestelmän systeemirajaus .....	20
3.6	Rajoitukset ja sovellettavuus .....	23
3.7	Allokointi ja sen haasteet.....	23
4	Materiaalipanosaaineiston muodostus.....	25
4.1	Maidon tuotanto ja materiaalipanosten allokointi .....	30
4.1.1	Emälehmä ja muu tuotanto: raakamaito ja naudanliha.....	33
4.1.2	Raakamaidon jatkojalostus: jalostettu maito, juusto ja kerma .....	35
4.1.3	Kerman jatkojalostus: voi ja levitteet .....	36
4.2	Sian-, kalan- ja broilerinlihan sekä kananmunien tuotanto.....	37
4.2.1	Sianliha .....	37
4.2.2	Siipikarjanliha (broileri) .....	38



4.2.3	Kananmunat.....	38
4.2.4	Kala (kirjolohi).....	40
4.3	Vilja, leipä ja olut.....	40
4.3.1	Vehnä, ruis ja ohra.....	41
4.3.2	Leivän valmistus.....	41
4.3.3	Olut (ohra).....	42
4.4	Peruna, sokerijuurikas ja soija.....	42
4.4.1	Peruna.....	42
4.4.2	Sokerijuurikkaan kasvatus ja sokerin valmistus.....	43
4.4.3	Soija ja soijaöljy.....	44
4.5	Hedelmät, marjat ja vihannekset.....	45
4.5.1	Kurkut, ympärivuotinen kasvihuonetuotanto.....	46
4.5.2	Kasvihuonekurkut ja -tomaatit, kansallinen keskiarvo.....	47
4.5.3	Hedelmät (omena).....	48
4.5.4	Marjat (lakka, mansikka).....	49
5	Tulokset.....	51
5.1	Tulosten tarkastelu.....	53
5.2	Tulosten herkkyysanalyysi.....	56
5.3	Tulosten arviointi: muut tutkimukset ja MIPS-arvojen luotettavuus.....	63
6	Päätelmät.....	67
6.1	Yhteenvedo tuloksista.....	68
6.2	Materiaalipanosaineiston hyödyntämisestä.....	69
6.3	Jatkotutkimuksesta.....	70
7	Kirjallisuus.....	72
8	Liitteet.....	78

# 1 Johdanto

Tuotannon ympäristövaikutusten esittämiseksi on kehitetty useita mittaustapoja. Nykyään merkittävimpiä ovat elinkaarianalyysi (LCA, esim. Tonteri & Kuuva 1995), ekologinen jalanjälki (Global Footprint Network 2005) ja materiaali-  
virtojen tutkimus (MFA, material flow accounting, Adriaanse ym. 1997), sekä viimeksi mainittuun liittyen MIPS-tutkimus (material input per service unit, Schmidt-Bleek ym. 1998). Sekä MIPS että MFA pyrkivät mittaamaan tuotantojärjestelmän toimintaa sen tarvitsemien materiaalien suhteen. Tehokkuuden parantaminen materiaalien suhteen johtaa tuotantojärjestelmän dematerialisaatioon, eli tuotannon yhteydessä käytettyjen materiaalien ja/tai jätteiden syntymisen absoluuttiseen tai suhteelliseen tuoteyksikkökohtaiseen vähenemiseen (Cleveland & Ruth 1999:16).

Eräs materiaalien suhteen suurin yksittäisistä tuotannonaloista Suomessa on elintarviketeollisuus, elintarvikkeiden kulutuksen muodostaessa 25-32 prosenttia Suomen materiaalien kokonaiskäytöstä (Mäenpää ym. 2000). Elintarviketuotanto voidaan nähdä teollisuudenalana, jolla materiaalihokkuutta tulee parantaa. Kuluttajan kiinnostuessa omien kulutuspäätöstensä vaikutuksesta ympäristöön on perusteltua auttaa heitä tekemään informoidumpia valintoja ravinnon suhteen. Myös erilaisten suurkeittiöiden mahdollisuudet vaikuttaa elintarviketeollisuuden materiaalihokkuuteen voidaan nähdä suhteellisen merkittävinä. Tässä raportissa tarkastellaan keinoja, joiden avulla materiaalihokkuutta voidaan parantaa näiden kolmen vaikuttajaryhmän toimesta.

Elintarvikkeiden tuotanto on perustavanlaatuisen tärkeää ihmisten hyvinvoinnille. Se on myös suorassa suhteessa ympäristön hyvinvointiin. Toisin sanoen elintarviketuotannon suhde ympäristöön on erittäin läheinen ja sen suhteen ymmärtäminen välttämätöntä sekä tuotantoprosessin hahmottamisen että sen jatkuvuuden kannalta. Elintarviketuotannon materiaalien osat (tai MIPS-arvot) kuvaavat, missä määrin tuotanto käyttää resursseja koskemattomasta ympäristöstä. Tässä raportissa keskitytään tutkimaan elintarvikkeiden materiaalien osaa kuluttajan ostopäätöksen syntymiseen asti kartoittamalla Suomessa tuotettujen ja Suomessa myytävien elintarvikeryhmien MIPS-arvoja. Esitetyt tutkimuskysymykset ovat:

► Kuinka paljon materiaaleja erilaiset Suomessa valmistetut elintarvikkeet (elintarvikeryhmiin jaoteltuna) kuluttavat ennen ostopäätöksen muodostumista, luokiteltuna MIPS-menetelmän mukaan määritettyihin materiaalien osaluokkiin?

► Millä tavoin elintarvikeryhmät eroavat toisistaan eri materiaalien osaluokkiin jaoteltujen materiaalien käytössä? Voidaanko eroja pitää merkittävinä?

► Mitkä tekijät vaikuttavat eniten elintarvikeryhmien materiaalipanoksiin? Kuinka paljon tärkeimpien tekijöiden variointi vaikuttaa elintarvikeryhmien materiaalipanoksiin?

Tutkimuksen kohteena olevat elintarvikeryhmät ovat maito, voi, juusto, levitteet, naudan-, sian-, kalan- ja siipikarjanliha, soija, peruna, sokeri, vehnä-, ruis-, seka- ja ohraleipä, ohraolut, vihannekset, hedelmät ja marjat. Tarkemmat kuvaukset elintarvikeryhmistä on esitetty luvussa 3.

## 2 Materiaalitehokkuus - Material Input Per Service unit (MIPS)

Perinteisesti ympäristön tilaa tutkittaessa on kiinnitetty huomiota sellaisiin aineisiin, jotka ovat suoraan haitallisia ympäristölle ja/tai ihmisille. Ilman saastuminen, allergeenit, melu, kemikaalit, UV-säteily ja hormonaaliset haitta-aineet ovat kaikki esimerkkejä ympäristössä tapahtuneiden muutosten aiheuttamista haittavaikutuksista. Material Input Per Service unit -menetelmä, eli MIPS-menetelmä, on kehitetty perustuen sille havainnolle, että haitallisten ilmiöiden lista elää jatkuvasti (Schmidt-Bleek 2000). Ympäristömme muuttuessa teknologisen kehityksen mukana ja sen monimutkaisten syy-seuraus-suhteiden tällöin korostuessa myös ympäristön tilaan epäsuorasti vaikuttavat tekijät voivat muuttua. Jotta tuotanto pitkällä aikavälillä kehittyisi sellaiseen suuntaan, joka aiheuttaa ympäristössä mahdollisimman vähän ihmiselle (ja muille eliöille) haitallisia muutoksia, poliittinen päätöksenteko, kulutustottumukset ja teollinen tuotanto tarvitsevat kestävämpiä lähtökohtia.

Saksalainen Wuppertal Instituutti (WI, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy) kuvaa MIPS-menetelmän indikaattorina, joka ottaa muuttuvista olosuhteista ja puutteellisesta tiedosta johtuvan epävarmuuden huomioon. MIPS-menetelmä mittaa elinkaaren aikana syntynyttä kokonaisuutena materiaalinkulutusta (MI) palvelusuoritetta (S) kohden (Schmidt-Bleek 2000:114). Kokonaisuutena materiaalinkulutus MI jaetaan kuuteen eri materiaaliluokkaan: abioottiset (elottomat), bioottiset (elolliset), vesi, ilma, maaperän siirrot ja eroosio (Ritthoff ym. 2002).<sup>1</sup> Näihin luokkiin jaotellaan kaikki palvelusuorituksen tuottamiseksi käytetyt ainekset, kuten kuljetuksissa käytetty diesel, peltojen kalkitus ja rakennusainekset. Kun kaikki käytetyt ainekset on määritetty tiettyä painoyksikköä (esim. kilogramma) kohti, lasketaan ne jokaisen materiaaliluokan sisällä yhteen. Palvelusuorituksen S määrittely riippuu tutkimuskohteesta, mutta yleensä se pyritään sitomaan esimerkiksi yksittäisiin kulutusvaihtoehtoihin. Lopulliset MIPS-luvut muodostuvat tällöin annetulle tuotteelle, kun jokaisen materiaaliluokan lukuarvo jaetaan saatujen palvelusuoritteiden lukumäärällä. Eli

$$MIPS = \frac{MI}{S},$$

missä MI on eri materiaaliluokkien muodostama 1x6-vektori, ja suoritettu jakolasku on alkiokohtainen jakolasku, palvelusuorituksen S edustaessa alkiomitaa.

---

<sup>1</sup> Eri materiaaliluokkien tarkempaa kuvausta varten ks. kohta 3.2.

## 2.1 MIPS-menetelmän käyttö

MIPS-menetelmälle ei ole muodostettu täsmällistä käyttöstandardia, vaikka tietyistä menettelytavoista on sovittu<sup>2</sup>. Materiaalien käytön tutkimuksessa tämä ei ole poikkeuksellista: esimerkiksi materiaalivirta-analyyseissa (esim. Bringeru & Moriguchi 2002) vallitsee tällä hetkellä sama tilanne. Kuitenkin, kuten materiaalivirta-analyyseissa, myös MIPS-tutkimuksissa voidaan nähdä keskeisiä tutkimusvaiheita ja tutkimuksen elementtejä, jotka noudattavat vakioituja menettelytapoja (esim. Lindqvist ym. 2005, Lähteenoja ym. 2006).

MIPS-menetelmän ensimmäinen vaihe on *systemin määrittely*, eli tutkimuksen laajuuden ja tutkimuskysymysten määrittely. Tällöin tutkittava systeemi rajataan, ja systeimirajaus (system boundaries, esim. Risku-Norja ym. 2002:17) määritetään tarkasti. Tutkimuskysymysten muodostaminen on välttämätön osa systeemin rajausta, koska sovellusala määriteltäessä otetaan kantaa myös siihen, millaisiin kysymyksiin tutkimuksen pohjalta voidaan vastata. Tutkimuskysymysten yhteydessä voidaan siis puhua myös tutkimuksen tavoitteista.

Systeimirajaus määrittelee sen, mihin tuotannontekijöihin MIPS-menetelmän määrittelemillä materiaaliluokilla viitataan. Vastaavasti tutkimuskysymyksiä muotoiltaessa otetaan kantaa palvelusuoritteen määrittelemiseen. Siinä missä materiaaliluokkiin jaottelu tapahtuu luontevasti kartoitettaessa eri materiaali-panosten lähteitä *käyttöinventaariossa* (ks. alla), on palvelusuoritteen määrittely valittavissa tutkimustavoitteiden mukaan. Tätä voidaan pitää MIPS-menetelmän heikkoutena ja vahvuutena. Palvelusuoritteen määrittelyllä on suuri vaikutus tuloksiin. Taitava palvelusuoritteen määrittely auttaa vastaamaan tehokkaasti tutkimuskysymyksiin. Epäkäytännöllinen määrittely taas johtaa harhaanjohtaviin tuloksiin.

Käyttöinventaariorio (esim. Grönroos ym. 2001:20-44) voidaan koota sen jälkeen, kun systeimirajaus, tutkimuskysymykset ja palvelusuorite on määritetty. MIPS-menetelmässä tehty käyttöinventaariorio poikkeaa elinkaariarvioinnissa tehtävästä inventaariorioanalyysistä siten, että MIPS-menetelmää käytettäessä inventoidaan vain tiedot systeemin lopputuotteen tuottamiseksi käytetyistä energialähteistä ja raaka-aineista. Käytetyn energian ja raaka-aineiden ympäristöpäästöihin ei oteta kantaa.

Kun tällainen (suppea) inventaariorioanalyysi on tehty, jaotellaan materiaalit MIPS-menetelmän määrittelemiin eri materiaaliluokkiin. Jaottelu on sen vuoksi tärkeä, että toistaiseksi monien tuotteiden MIPS-arvo koostuu suurimmaksi osaksi vedestä tai maa- ja metsätaloudessa siirretystä maaperästä (Schmidt-Bleek et al. 1998). Jaottelu antaa mahdollisuuden tutkia muita materiaaliluokkia ilman suurten massojen käsittelyä. Jaottelun jälkeen muutetaan energian käyt-

---

<sup>2</sup> konventiot, ks. Schmidt-Bleek ym. 1998.

tö eri materiaaliluokkien tekijöiksi muunnoskertoimilla (esim. Suomen sähkö- ja lämpöenergian tuotannon muunnoskertoimet: Nieminen ym. 2005:103). Kun kaikki käyttöinventaariossa kerätty tuotekohtainen aineisto on näin mukautettu kuuteen eri materiaaliluokkaan, voidaan materiaaliluokkien tekijät laskea yhteen kunkin materiaaliluokan sisällä. Yhteenlaskun jälkeen suoritetaan palvelusuoritteella jako, jolloin saadaan systeemin lopputuotteen materiaalipanosta edustavat MIPS-arvot.

## 2.2 MIPS-menetelmän tarjoamat tulokset

MIPS-menetelmä tuottaa systeemin lopputuotteelle MIPS-arvot, jotka osoittavat, kuinka suuri materiaalipanosa lopputuotteen muodostamaa palvelua (eli palveluyksikköä) kohden tarvitaan. MIPS-arvoista ei kuitenkaan nähdä lopputuotteen ympäristövaikutuksia, eikä niistä voida tehdä suoria johtopäätöksiä tuotteen valmistusprosessin haitallisuudesta ympäristölle. Päätöksenteon teorian (decision theory) puitteissa voidaan puhua MIPS-arvoista ns. *indikaattoreina*. Materiaalitehokkuutta voidaan esittää tuotteen valmistamisen ympäristövaikutusten indikaattoriksi<sup>3</sup> tietyin varauksin. On otettava huomioon, ettei materiaalitehokkuuden lisääntymisestä johtuvan dematerialisaation ole kiistatta osoitettu vaikuttavan (ihmisen elinolosuhteiden kannalta) myönteisesti ympäristön tilaan (Cleveland & Ruth 1999:39-40).

Toisaalta voidaan myös esittää, että materiaalitehokkuus edistää ekotehokkuutta. Esimerkiksi Hoffrénin (1998) ja Rissan (2001) ajatusten mukaan ekologisesti kestävä toiminta edellyttää materiaalien käytön, tuotannon ja kulutuksen sopeuttamista maapallon kantokyvyn mukaiseksi. Ekologisesti kestävää toimintaa edistää ekotehokkuus, toisin sanoen ”enemmän vähemmästä”. Vähemmästä määrästä raaka-aineita ja energiaa olisi luotava suurempi määrä laatua: palveluita ja hyvinvointia (Rissa 2001). Tässä yhteydessä MIPS-arvot esittävät materiaalipanoslukujen pohjalta, missä määrin materiaalipanoksia tarvitaan erilaisten palvelujen tuottamiseksi. Palvelun abioottisten materiaalipanosten tarkastelun on todettu vain kertaavan energiapanosten tarkastelusta saatavia tuloksia (Aro-Heinilä 2002:73). Tämän voi huomata johtavan siihen, että myös MIPS-arvoja voidaan esittää tuotteen ekotehokkuuden indikaattoriksi.

Metodologisesti on huomattava, että MIPS-arvot on tehty käyttöinventaaroiden pohjalta. Tällöin esitetyt materiaalipanokset ovat välttämättä vaihtoehtoisesti joko keskiarvoja suuresta joukosta erilaisia tuotantoprosesseja, yleistyksiä muutamien tunnettujen tuotantoprosessien pohjalta, tai yksittäisten tuotantoprosessien materiaalipanostietoja. Tutkittaessa suurta joukkoa erilaisia tuotteita keskiarvojen kautta päädytään jo menetelmällisesti jossain määrin epätarkkoihin tuloksiin. Yleistyksien kautta tutkimustuloksiin sisältyvästä virheestä

<sup>3</sup> monikriteerisessä päätöksenteon tuessa tällaisista indikaattoreista käytetään nimitystä ‘proxy attribute’, ks. Keeney&Raiffa 1976:55

ei voida esittää yhtä luotettavia arvioita kuin keskiarvoihin perustuvassa tutkimuksessa. Yksittäisiä tuotteita tutkittaessa taas saadaan tarkempia tuotekohtaisia tietoja samalla, kun tietojen yleistettävyyden vaikeutuu. Kaikkiin materiaali-panosarvioihin, joissa ei käsitellä yksittäistuotteita, sisältyy tällöin metodista johtuvaa epävarmuutta. Niinpä MIPS-arvot kertovat lähinnä kulutuksen suuruusluokasta

MIPS-arvojen tulkinta riippuu myös systeemirajauksista. Mikäli joitain tuotannon tekijöitä on jätetty systeemin ulkopuolelle, ei MIPS-arvo ota kantaa näiden tuotannon tekijöiden aiheuttamiin materiaali-panoksiin. Keskeisten tuotannon tekijöiden jättäminen pois tutkimuksesta voi tällöin ymmärrettävästi vaikuttaa tuloksiin, tehden niistä jopa harhaanjohtavia.

MIPS-menetelmän tarjoamien tulosten ja ympäristövaikutusten kriittikittömän yhdistelyn problematiikkaa on tarkasteltu aikaisemmissa tutkimuksissa. Koskinen (2001) on koonnut ekotehokkuusindikaattoreiden kriittikittä erityisesti MIPS-menetelmää silmällä pitäen. Työssään hän esittää, että MIPS-menetelmä kelpaa materiaali-intensiteetin mittariksi. Ympäristön tilaa arvioitaessa MIPS-menetelmän tuottama tieto on kuitenkin puutteellista siinä mielessä, ettei se huomioi eri materiaalien aiheuttamia ympäristöhaittoja (Koskinen 2001). MIPS-menetelmää käytettäessä hyväksytään käytettyjen materiaalien painon mittaaminen mahdolliseksi tavaksi hahmottaa ympäristön ja tuotantoprosessin suhdetta.

## **2.3 MIPS-menetelmän erityiskysymyksiä**

MIPS-menetelmä pitää sisällään erottelun biosfääriin ja teknosfääriin (Schmidt-Bleek 2000:136). Tämä erottelu on menetelmän kannalta keskeinen: täsmällisesti ottaen edellä mainittu käyttöinventaario muodostetaan MIPS-menetelmässä siten, että inventoidaan ne materiaalit, jotka siirretään biosfääristä teknosfääriin. Teknosfääriinä nähdään ihmisen rakentama ja asuttama ympäristö, biosfääriinä ihmisen suoran toiminnan ulottumattomissa oleva ympäristö. Schmidt-Bleek (2000) määrittelee teknosfääriin ympäristöksi, jossa ihmisyyksilöt toimivat (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2007). Tämä määrittely jättää kuitenkin joitain avoimia kysymyksiä eloperäisen (l. bioottisen) ja maaperän käyttöinventaariorioita koskien.

Maataloudessa biosfääriin ja teknosfääriin välinen raja on häilyvä, ja se voidaan muodostaa ainakin kahdella tavalla (Mäenpää 2005:44). Yhtäältä voidaan katsoa, että sekä pelto että sillä kasvavat kasvit ovat osa teknosfääriä. Toisaalta voidaan ajatella, että pellon tarjoamiin kasvumahdollisuuksiin vaikuttavat tekijät ovat biosfääriä, jolloin myös pelto ja sillä kasvavat kasvit ovat osa biosfääriä hyödyntäessään noita kasvun mahdollisuuksia. Wuppertal instituutissa on päädytty esittämään jälkimmäinen vaihtoehto oikeana tulkintana (Ritthoff M.,

WI, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2007). Myös tässä raportissa on päädytty käyttämään jälkimmäistä tulkintaa.

Esimerkkinä laskentatapojen eroista voidaan käyttää lannoitteen vaikutusta kasvatetun kasvin käyttöinventaarioon. Ensimmäisen tulkinnan mukaan käyttöinventaarioon kirjataan vain lannoitteen ja siementen käyttö. Jälkimmäisen tulkinnan mukaan tulee käyttöinventaarioon kirjata myös pellolta korjattu kasvi (koska pellolta korjattu kasvi siirtyy biosfääristä teknosfääriin). Kasvin huomiointi erillisenä yksikkönä aiheuttaa ongelmia, koska pellolta korjatussa kasvissa on mukana lannoitteita. Lannoitteissa on itse asiassa hyödynnetty biosfääriin tarjoamia hyödykkeitä jo valmistusvaiheessa. Peltoon päätyessään nämä lannoitteet kuitenkin siirtyvät takaisin biosfääriin jalostetussa muodossa, ja osittain taas takaisin teknosfääriin kasvin mukana. Tällöin lannoitteet päätyvät laskentatavassa käyttöinventaarioon kahdessa kohtaa (”lannoitteen valmistus” ja ”kasvin eloperäiset aineet”). Lannoitteiden osuus on kuitenkin kasvavan kasvin massasta vain pieni osa, eikä kaksinkertaisen tilinpidon virhe ole näin ollen huomattava. Tästä huolimatta voidaan todeta sen olevan olemassa.

Keskeinen kohta MIPS-menetelmän käyttöä maatalouden yhteydessä on maaperän siirtojen inventointi. Maaperän siirrot jaotellaan yleensä kahdeksi eri luokaksi (Schmidt-Bleek ym. 1998): mekaanisesti muokatuksi maaperäksi ja eroosion siirtämäksi maaperäksi. Mekaanisesti muokattu maaperä siis siirtyy teknosfääriin aina muokattaessa. Tällöin jokainen pellon neliometri kuuluu syvimältä muokkaussyvyydeltään mekaanisesti muokattuun maaperään (konventio nro 43). Toisaalta eroosio luetaan tarkasteltavan prosessin panokseksi, koska se vastaa maaperän kulumista tuotantopohjan kunnossapidon kannalta.



### 3 Tutkimuksen lähtökohdat

Raportissa keskitytään selvittämään sellaisten elintarvikeryhmien MIPS-arvoja, jotka ovat sekä tuotettu että kulutettu Suomessa. Ainoana poikkeuksena raporttiin on otettu mukaan soija, joka on tuotettu Etelä-Amerikassa. Elintarvikeryhmät on esitetty taulukossa 1. Joissain tapauksissa on puutteellisten lähdetietojen takia käytetty koko elintarvikeryhmän sijaan jotain esimerkkitapausta elintarvikeryhmän sisältä. Tällöin esimerkkitapaus on taulukossa 1 esitetty su-luissa sen kuvaaman elintarvikeryhmän perässä.

Taulukko 1. Tutkitut elintarvikeryhmät ja sulkeissa elintarvikeryhmistä esimerkkeinä käytetyt tuotteet.

Maito (kevytmaito)	Kananmuna	Olut (ohra)
Voi	Soija (tuotanto: Brasilia)	Vihannekset (Tomaatti ja kurkku, Suomen ka sekä kurkku, ympärivuotinen)
Levitteet (60% rasvaa)	Ruokaperuna	
Juusto (25% rasvaa)	Sokeri	
Naudanliha	Vehnäleipä	
Sianliha	Ruisleipä	Hedelmät (omena)
Kalanliha (kirjolohi)	Sekaleipä	Marjat, luonnossa (lakka)
Siipikarjanliha (broileri)	Ohraleipä	Marjat, viljellyt (mansikka)

Elintarvikeryhmät on pyritty valitsemaan siten, että ne kattaisivat mahdollisimman suuren osan Suomessa tuotetuista elintarvikkeista. Erilaiset viilit, jogurtit ja muut erikoisemmat maitotuotteet, kuten jäätelöt, on kuitenkin jätetty raportin ulkopuolelle. Myöskään riisit tai pastat eivät sisälly tutkimukseen.

On mahdollista, että ulkomailla lähes vastaavissa ympäristöolosuhteissa (Ruotsi, Saksa, Tanska) tuotetut elintarvikkeet, jotka kulutetaan Suomessa, ovat MIPS-arvoiltaan suurempia kuin vastaavat kotimaiset tuotteet (Carlsson-Kanyama 2003, Seppänen ym. 2006), koska kuljetukset Suomeen tarvitsevat omat materiaalipanoksensa. Satojen kasvaessa hehtaaria kohti etelään päin mentäessä on kuitenkin mahdollista löytää sellaiset kasvuolosuhteet, jotka ovat Suomea niin paljon paremmat, että kuljetusten materiaalipanokset muuttuvat tois-sijaisiksi.

Toisessa maassa tuotettujen elintarvikkeiden MIPS-arvoja keskenään vertailta-essa voidaan odottaa samansuuntaisia tuloksia, kuin tässä raportissa on esitetty. Tarkasteltaessa Eurooppaa voidaan myös keskimääräisistä materiaalitehokkuuseroista tehdä päätelmiä (ks. Aro-Heinilä 2002:61). Ulkomailla tuotettujen elintarvikkeiden MIPS-arvoja tarkastellaan kuitenkin tässä raportissa vain soijan MIPS-arvojen osalta.

### 3.1 Raportin tärkeimmät lähteet

Aiemmin laajempia MIPS-menetelmään perustuvia tutkimuksia Suomessa on elintarvikkeista tehty vain yksi. Kyseessä on Esa Aro-Heinilän (2002) tutkimus joulukinkun ekotehokkuudesta. Tässä raportissa Aro-Heinilän tuloksia hyödynnetään sianlihan MIPS-arvojen määrittämisessä. Wuppertal-instituutti valmistelee kattavaa esitystä elintarvikkeiden tuotannosta Saksassa, mutta heidän työnsä on viivästynyt monista syistä (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2007). Heidän keskeneräisiä tuloksiaan on kuitenkin jossain määrin hyödynnetty raportin biottisia lukuarvoja koostettaessa ja saatuja tuloksia varmennettaessa. Myös muita kuin elintarvikkeita koskevia, suomalaisia MIPS-tutkimuksia on hyödynnetty mahdollisuuksien mukaan.

Muut raportissa käytetyt materiaalipanosarvot on koostettu pääosin Suomessa tehdyistä materiaalivirta- (MFA) ja elinkaariarvioinneissa (LCA) käytetyistä tiedoista (esim. Grönroos ym. 2001, 2002, 2003). Nämä lähteet ovat suurimaksi osaksi Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) julkaisuja. Elintarvikkeiden jatkojalostuksessa on myös soveltuvin osin käytetty tanskalaisia, erilaisia tuotantoprosesseja koskevia arvoja tuotantolaitosten sähkön, lämmön ja materiaalin kulutukselle (Nielsen ym. 2003). Joissain yhteyksissä on käytetty apuna myös verkossa olevia lähteitä (Suomen Ruokatieto ry, Farmit.net). Ohjaavina periaatteina tiedon kokoamisessa ovat olleet sen julkisuus ja luotettavuus. Tavoitteena on pidetty sitä, että kuka tahansa voi tutustua kriittisesti ja ottaa kantaa esitettyihin MIPS-arvoihin. Vastuu arvojen oikeellisuudesta on silti yksin kirjoittajien.

### 3.2 Raportin tavoitteet

Raportin tavoitteena on johdannossa esitettyjen tutkimuskysymysten mukaisesti selvittää Suomessa tuotettujen ja kulutettujen elintarvikeryhmien MIPS-arvot. Elintarvikeryhmien materiaalipanoset selvitetään kuudelle eri materiaaliluokalle ja tällä tavoin jaoteltu materiaalin käyttö suhteutetaan elintarvikkeiden palvelusuoritteeseen.

Koska Suomessa ei ole juuri aiemmin tehty MIPS-tutkimusta elintarvikkeille, on tässä työssä tavoitteena muodostaa yleiskuva useiden elintarvikeryhmien materiaalipanosista, tiettyihin tuotteisiin keskittymisen sijaan. Tavoitteena on, että raportissa esitettyjen tulosten perusteella voidaan arvioida eroja eri elintarvikeryhmien materiaalipanosissa sekä kuluttajien ostopäätösten vaikutusta kauppakorin materiaalitehokkuuteen.

Raportissa esitetään myös, että MIPS-arvoja voidaan käyttää indikaattorina arvioitaessa Rissan (2001) määritelmän mukaista ekotehokkuutta elintarvikkeille.

### 3.3 Materiaalipanosuokat

Kuten edellä on esitetty, lasketaan MIPS-arvon tuottamiseksi eri materiaali-luokissa kunkin luokan materiaalien paino yhteen, jonka jälkeen saadut MI-arvot jaetaan tuotettujen palvelusuoritteiden lukumäärällä. Seuraavana esitel-lään konkreettisemmalla tasolla tekijät, joista erilaiset materiaaliluokat muo-dostuvat.

#### 3.3.1 Abioottinen

Yleisesti abioottisten aineiden voidaan luonnehtia kuvaavan ”koviin” materiaa-lien tarvetta; teräs, hiili ja kemikaalit jaotellaan abioottisiksi aineiksi. Yleisesti näihin aineisiin voidaan viitata myös puhumalla elottomista tai uusiutumatto-mista aineista (Schmidt-Bleek 2000:132).

Raportissa esitettyyn tutkimukseen mukaan valitut, maataloudessa käytetyt abioottiset materiaalit sisältävät kalkkijauheen valmistuksessa käytetyn kalk-kikiven; lannoitteiden jalostamiseen tarvittut kemikaalit; torjunta-aineiden val-mistukseen tarvittavat kemikaalit; eri tuotannon vaiheissa lämmitykseen ja sähkön tuotantoon tarvittavan materiaalin (poislukien sähkö ja ilma); koneis-tuksen ja peltotyön aiheuttaman materiaalitarpeen; jatkojalostuksessa tarvit-tujen lisäaineiden tarpeen; sekä kuljetuksissa käytetyt elottomat luonnonvarat (polttoaineet, niiden jalostus ja infrastruktuuri, ks. Lähteenoja ym. 2006).

#### 3.3.2 Bioottinen

Bioottinen MIPS-arvo muodostuu ihmisten käyttämien kasvien biomassasta. Tämä luokka sisältää kaikkien viljeltyjen, poimittujen, kerättyjen tai muuten hyödynnettyjen kasvien kokonaispainon palvelusuoritetta kohden. Tässä mieles-sä voidaan siis puhua elollisten aineiden käytöstä (Schmidt-Bleek 2000:132).

Maataloudessa bioottinen MIPS-arvo muodostuu hyödynnettyjen kasvien (esim. vehnä, rypsi) sadonkorjuuvaiheessa pellolta kerätyistä kokonaismassas-ta. Myös rehuna käytetyt kasvit huomioidaan koko kasvimassaltaan biootti-sessa MIPS-arvossa. Jos käytetään orgaanisia lannoitteita, myös näiden koko-naismassa voidaan huomioida. Orgaanisten lannoitteiden huomiointi edellyt-tää kuitenkin allokoitimenettelyä lannoitteen tuotannossa, eikä sitä tässä ra-portissa ole tehty. Raportin MIPS-arvoissa orgaanisia lannoitteita ei ole tällöin huomioitu.

#### 3.3.3 Vesi

Veden MIPS-arvo muodostuu sellaisesta veden käytöstä, jossa sitä otetaan luon-nosta aktiivisesti, eli teknisin toimenpitein (Schmidt-Bleek 2000:132). Käytän-

nössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi sadevesi ei kuulu veden materiaaliluokkaan, kun taas toisaalta keinokastelu kuuluu. Poiketen tavanomaisista menetelytavoista, tässä raportissa salaojituksella pois johdettua vettä ei lueta veden MIPS-arvoon (Schmidt-Bleek ym. 1998, konventio 58). Mikäli poisjohdettu vesi huomioitaisiin, se lisättäisiin veden MIPS-arvoon.

Veden roolit ovat elintarviketuotannossa moninaisia. Se voi olla energiaa luovuttava väliaine, prosesseissa käytetty liuotin ja pesuneste tai lopputuotteeseen/palveluun sidottu resurssi. Energiaa tuottavana väliaineena vesi ei mene pilalle vaan on pinnanmuodoista riippuen käytettävissä samaan tarkoitukseen uudelleen; esimerkiksi vesivoimassa ei vesivoimalan läpi virrannutta vettä huomioida veden MIPS-arvossa. Kuitenkin padottu vesi huomioidaan MIPS-arvossa. Erottelu on tärkeä, koska padottu vesi aiheuttaa usein vaikutuksia ekosysteemiin, vesiturbiinin läpi virtaavan veden ollessa ekologisilta vaikutuksiltaan yhdentekevää ja uudelleenkäytettävissä.

Maataloudessa vettä hyödynnetään aktiivisesti lähinnä keinokastelussa. Lisäksi vettä tarvitaan jatkojalostuksessa ja sähköntuotannon prosesseissa, esimerkiksi jäähdytyksessä.

### **3.3.4 Ilma**

Ilman MIPS-arvoon lasketaan mukaan ilma, josta ihminen erottaa kemiallisia osia tai muuttaa niitä kemiallisesti (Schmidt-Bleek 2000:132). Tarkoituksena ei kuitenkaan ole huomioida hengitysilmaa eli ihmisen biologiaan liittyvää ilman tarvetta. Ilman MIPS-arvo pyrkii huomioimaan ilman, joka käytetään polttamiseen tai teollisuudessa tarvittaviin kemianreaktioihin. Tällöin esimerkiksi mekaanisesti siirrettyä ilmaa (tuulettimet yms.) ei huomioida. Koska myös teollisuudessa kemianreaktioista palaminen on eräs yleisimmistä, voidaan ilman MIPS-arvoa alustavasti pitää indikaattorina tuotteen elinkaaren aikana syntyvien kaasupäästöjen määrälle.

Elintarvikkeiden tuotannossa käytetty ilma koostuu pääasiassa lannoitteiden valmistuksesta, kuljetuksista sekä maatalouden ja jatkojalostuksen sähköntarpeesta. On huomattava, ettei tuulivoimassa käytettyä ilmaa lasketa mukaan MIPS-arvoon.

### **3.3.5 Eroosio**

Eroosio on maa- tai kallioperän hallitsematonta kulumista. Yleensä tämä kuluminen johtuu vedestä tai tuulesta, jonka vaikutukseen tarkasteltava tuotantoprosessi on taustatekijänä. Koska eroosiota on vaikea mitata, joudutaan sitä yleensä arvioimaan eroosioprosessiin keskittyvien tutkimusten pohjalta.

Suomessa eroosio on pääasiassa vesieroosiota (Risku-Norja 2000:10), joka aiheutuu maanpinnan rikkomisesta viljelyprosessissa. Tässä raportissa keskimääräisen eroosion oletetaan olevan verrannollinen viljelypinta-alaan, vaikka tarkkaan ottaen siihen vaikuttavat myös muut tekijät, kuten maaperän laatu ja pellon käyttötarkoitus.

### **3.3.6 Maaperä**

Maaperän materiaalipanoluokka sisältää kaiken maaperän, jota on tuotteen valmistamiseksi mekaanisesti muokattu. Kasvituotteen tapauksessa tämä sisältää kaiken maan, joka kasville on käsitelty kasvua varten (siihen syvyyteen asti, johon sen kasvualustaa on yhden kasvukauden aikana muokattu). Muutamat kasvit ulottavat juurensa syvemmälle maahan kuin mitä maata on muokattu. Jos kasvi korjataan juurineen, tulisi siirrettyyn maaperään lukea maaperä kasvin juurakon yltämään syvyyteen asti. Tässä raportissa näin ei kuitenkaan ole tehty. Kasvihuonetuotteille lasketaan maaperälukuun kasvihuoneissa kasvualustana käytetty maaperä.

Suomessa kasvukausia on vain yksi, jolloin maaperän MIPS-arvoon huomioidaan hehtaarisadon perusteella jokaiselle kasville tietty määrä maaperää, riippuen hehtaarin muokkaussyvyydestä. Useamman sadon tapauksessa tulisi maaperäluku kertoa satojen lukumäärällä. Tämä johtuu siitä, että uutta satoa kylvettäessä maaperää siirretään yhä uudelleen. Se, että kyseessä on koko vuoden ajan sama maaperä, ei vaikuta asiaan. Tässä raportissa käsitellyistä elintarvikkeista vain Brasilialaisella soijalla on useita kasvukausia. Soijan erityisasemaa ei kuitenkaan oteta huomioon sen maaperäluvussa, koska soijan kasvatuksen yhteydessä tehtyjä maaperän siirtoja ei tunneta riittävän hyvin.

## **3.4 Palvelusuorite**

Palvelusuoritteena käytetään kilogrammaa annettua lopputuotetta. Tällöin MIPS-arvojen yksiköksi muodostuu [kg/kg], eli materiaalikilogrammaa tuotekilogrammaa kohden. Valittaessa palvelusuorite tällä tavoin on sekä ravitsemukselliset, taloudelliset että eettiset näkökulmat jätetty palvelusuoritteessa huomioimatta. Tällaisten, ja mahdollisesti muidenkin, näkökohtien huomioiminen on kuitenkin mahdollista raportissa esitettyjen tulosten avulla. Esimerkiksi ravitsemukselliset näkökohdat voidaan ottaa huomioon, kun tunnetaan eri elintarvikeryhmien keskimääräiset ravintosisällöt tuotekilogrammaa kohden.

## **3.5 Tuotantojärjestelmän systeimirajaus**

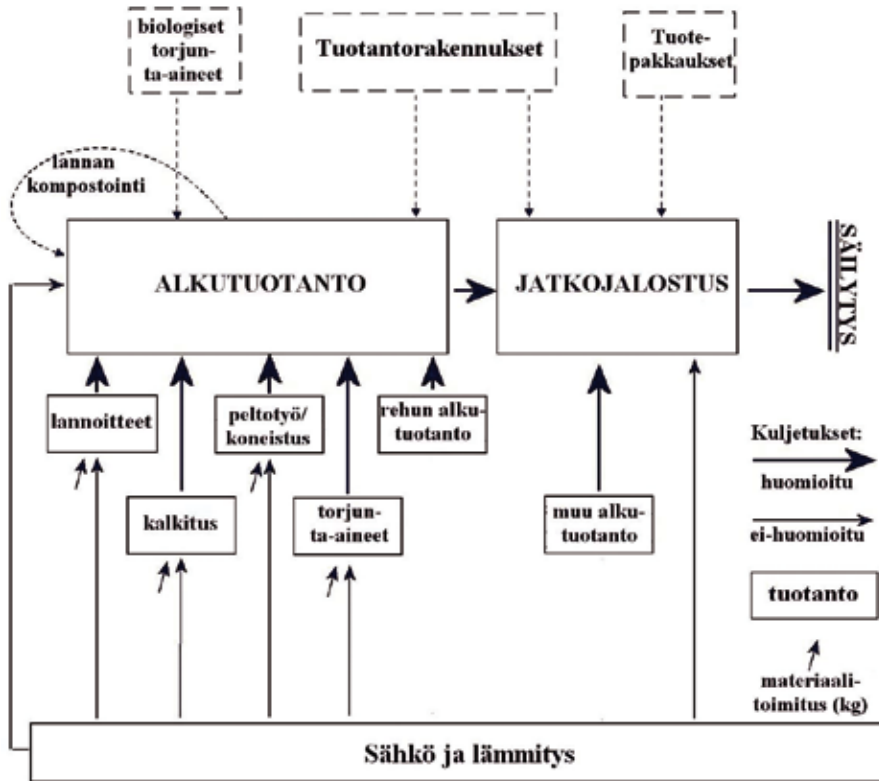
Koska MIPS-arvoissa huomioidaan vain käytetyn materiaalin kokonaispaino piilovirtoineen, on tässä pyritty tutkimaan suurimman kokonaispainon aiheut-

tavia materiaalilähteitä. Tällöin jo aikaisemman tutkimuksen perusteella (esim. Katajajuuri ym. 2000) voidaan tehdä rajauksia painoltaan suurimpien materiaallivirtojen tunnistamiseksi. Yleensä Suomen maataloudessa tällaisina voidaan pitää NPK-lannoitteita, kalkkia ja torjunta-aineita (Risku-Norja 1999:19-20). Toisaalta jatkojalostuksen, peltotyön, koneistusten ja materiaalien kuljetusten roolia nähtiin myös tarpeelliseksi arvioida (esim. Aro-Heinilä 2002). Myös rehun kasvatuksessa käytetyt materiaalit näyttelevät tärkeää osaa kokonaismateriaalivirtojen muodostumisessa (Katajajuuri ym. 2002). Lisäksi tuotteen säilytys kaupassa kuluttajan ostopäätöksen tapahtumiseen asti on huomioitu.

Tutkimalla käytetyn menetelmän kannalta tärkeimpiä materiaalipanosten lähteitä voidaan muodostaa suhteellisen kattava kokonaiskuva Suomen maatalouden materiaalipanoksista eri elintarvikeryhmille. Tässä tuotteen elinkaarta tarkastellaan vain kuluttajan ostopäätökseen asti. Se, miten kuluttaja käsittelee ostamaansa tuotetta, ja tästä käsittelystä aiheutuvat materiaalipanokset, jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

Kuvassa 1 on esitetty tarkastelussa käytetty systeemirajaus elintarviketuotannolle. Keskeistä on huomata, että raportissa keskitytään selvittämään MIPS-arvoja eri elintarvikkeille vain niiden tuotannon ja varastoinnin osalta. Näin ollen ei voida puhua elintarvikeryhmien elinkaaren tutkimisesta (ns. ”kehdestä hautaan” -periaate). Tämä tutkimus keskittyy tarkastelemaan elintarvikeryhmiä kehdestä kauppaan. Tällöin voidaan puhua myös tuotteen materiaalipanoksesta, joka on syntynyt ennen kuluttajan päätöstä hankkia kyseinen tuote.

Toinen oleellinen huomio on, että tuotanto-, varasto-, ja kaupparakennusten rakentaminen on jätetty huomioimatta. Esimerkiksi Aro-Heinilän tutkimuksessa (2002) joulukinkun valmistus sai suuren osan materiaalipanoksestaan juuri rakennusten rakentamiseen tarvituista abioottisista materiaaleista. Tällöin tuotantorakennusten sulkemista systeemirajauksen ulkopuolelle voidaan pitää puutteena. Toisaalta tuotantorakennusten laaja kirjo tarjoaa hyvät puitteet lisätutkimukselle. Myös sähkön ja lämmön toimitusten vaatiman infrastruktuurin materiaalipanokset on jätetty huomioimatta, mihin kuvassa 1 käytetyt nuolet sähkön ja lämmön ”kuljetukselle” viittaavat. Muutoin tuotannon vaatiman infrastruktuurin materiaalipanokset on raportissa huomioitu. Infrastruktuuriin on tässä raportissa otettu huomioon tutkittujen aineksien kuljetusten vaatima satama- ja tieinfra, sekä peltotyön vaatimat koneet ja niiden huolto. Tuotepakkaukset on jätetty huomioimatta niiden suhteellisesti pienen merkityksen takia (Katajajuuri 2004). Tuotantorakennusten jääminen systeemirajauksen ulkopuolelle aiheuttaa sen, että saadut materiaalipanosarvot ovat systemaattisesti alimitoitettuja.



Kuva 1. Elintarvikkeiden tuotantojärjestelmän systeemirajaus.

Lisäksi tuotannon eri vaiheissa on erilaisia hävikkejä, eli lopputuotteet päätyvät hyödyntämättä haaskuuseen. Tärkeimpinä näistä voidaan mainita

- 1) reuhävikki, eli osa eläinten rehusta menee haaskuuseen,
- 2) jakeluhävikki, eli osa valmiista tuotteista ei päädy ostajalle vaan haaskuuseen, ja
- 3) varastohävikki, eli tuotteen pitkäaikaisen varastoinnin ongelmista johutuva hävikki.

Reuhävikki on suuri vain lypsy- ja lihakarjan osalta (Risku-Norja 2002:73), ja tässä raportissa käytetyissä arvoissa karjankasvatukselle se on huomioitu (esim. Grönroos & Seppälä 2000:149). Muiden hyötyeläinten kohdalla reuhävikki jätetään huomioimatta. Tuotehävikki on mielenkiintoinen tutkimuskohde sen saaman näkyvyyden takia, mutta tuotehävikin huomiointi ei lähdeaineiston puutteessa ollut mahdollista. Aikaisemmassa tutkimuksessa on esim. oletettu 16 prosenttia kaupan jakeluhävikiksi (Risku-Norja 2002:93). Laskennallisten suureiden lisäksi tarkempaa julkista tietoa jakeluhävikkeistä ei kuitenkaan

ole saatavilla, mistä syystä jakeluhävikki joudutaan tässä raportissa jättämään huomioimatta. Mikäli jakeluhävikki huomioitaisiin, nousisivat saadut materiaalipanokset noin 16 prosenttia. Sen sijaan varastohävikki huomioidaan aikaisempiin tuloksiin nojautuen (Risku-Norja 2002:92).

### **3.6 Rajoitukset ja sovellettavuus**

Tämä tutkimus tarkastelee Suomen MIPS-keskiarvoja eri elintarvikeryhmille. Ne ovat usein itsessään epätarkkoja arvioita, ja käytettäessä aritmeettisia keskiarvoja, niiden varianssi on useimmiten suuri. Joissakin tutkimusvaiheissa on tyydytty esittämään vain arvio eri tekijöiden suuruusluokista. Tällaiset ja vastaavat raportissa esiintyvät epätarkkuudet on pyritty esittämään käytettyjä lukuarvoja raportoitessa. Tulee huomata, ettei tällaisessa kokoluokassa ja samalla kuitenkin näin yksityiskohtaisesti ole Suomessa tätä ennen pyritty elintarvikkeiden materiaalipanoslukuja esittämään. Sen takia kyseessä on tutkimus, jonka tuloksia tullaan mitä todennäköisimmin tulevaisuudessa tarkistamaan ja tarkentamaan.

Tutkimus pyrkii kuitenkin esittelemään menetelmän vertailukelpoisen aineiston tuottamiseksi erilaisten elintarvikkeiden materiaalipanoksille, ja soveltamaan tätä menetelmää tuottaakseen nykyisen julkisen tiedon valossa luotettavimpia tuloksia. Saatuja tuloksia voidaan tällöin pitää ensimmäisenä vertailukelpoisena materiaalipanosaineistona yleisimmille Suomessa tuotetuille elintarvikeryhmille. Systeimirajaukset aiheuttavat sen, että saadut MIPS-luvut ovat suhteellisen laajasta systeemitarkastelusta huolimatta eräänlaisia minimiarvioita.

### **3.7 Allokointi ja sen haasteet**

Kuten Grönroos ym. mainitsevat tutkimuksessaan (2001:16), saatetaan monituotoksia järjestelmiä käsiteltäessä joutua turvautumaan allokointimenettelyyn. Tällä tarkoitetaan sitä, että tiettyjen tuotteiden yhteiset materiaalipanokset jyvitetään näille tuotteille selvästi määritellyn menettelytavan mukaan. Tällaisesta jyvityksestä tekee maataloutta käsiteltäessä ongelmallisen se, että biologisilla prosesseilla on teollisia prosesseja useammin merkittäviä vaikutuksia myös muihin lähiympäristön prosesseihin. Myöskään siitä kriteeristä tai niistä kriteereistä, joilla jyvitys voidaan maataloudessa suorittaa, ei vallitse yksimielisyyttä.

Kaikki mahdolliset allokoinnin tavat ovat aina jossain määrin subjektiivisia. Tästä ja yllä mainituista syistä allokointimenettelyä tulee välttää (Grönroos ym. 2001). On myös ehdotettu yhtenäisiä allokointitapoja, esimerkiksi maataloudessa (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 1.3.2007). Tällaistaikin menettelytapaa voidaan arvostella; on kyseenalaista voidaanko yleistettyä



ongelmankäsittelyn tapaa pitää kaikissa tapauksissa oikeana. Siitä huolimatta tässä raportissa joudutaan käyttämään allokointia maitotuotteiden välillä, jotta eri maitotuotteiden materiaalipanoksia voitaisiin arvioida. Maitotuotteiden välisessä allokoinnissa on käytetty kriteerinä lopputuotteiden proteiini- ja rasvapitoisuutta (lisätietoja, ks. 4.1).

Allokointia erotteluprosessina voidaan myös kritisoida. Toistensa tuotantoa ylläpitävien lopputuotteiden eriyttämistä voidaan pitää keinotekoisena. Esimerkiksi tarkasteltaessa maidontuotantoa voidaan esittää, etteivät lihakarjan kasvatus ja maidonkasvatus ole toisistaan erillisiä tapahtumia, vaan muodostavat yhdessä elinkeinon. Tällä tapaa tarkasteltuna on turha tutkia erillisten tuotteiden materiaalipanosta, vaan tulee tutkia lypsy- ja lihakarjan pitoa kokonaisuutena. Voidaan myös argumentoida, ettei valinta eri maidontuotannon aspektien välillä ole kuluttajan: jos hän kuluttaa maitoa, tulee hän samalla tukeneeksi lihakarjan kasvatus. Suomessa suurin osa lihanaudoista syntyy maidontuotantotiloilla (esim. Suomen ruokatieto ry 2007). Lehmävasikoista kasvaa uusia lypsylehmiä ja sonnivasikoista lihanautoja. Tällöin maidontuotanto ylläpitää sellaista tuotantokoneistoa, joka osaltaan tukee naudanlihan tuotantoa. Nykyisin alkionsiirron avulla maidon- ja lihantuotannon suhdetta voidaan ylläpitää hallitusti ja suunnitelmallisesti.

## 4 Materiaalipanosaineiston muodostus

Seuraavassa esitellään sellaiset kertoimet, joita käytetään kaikkien elintarvikkeiden materiaalipanoksia laskettaessa. Tässä esitetyistä arvoista poikkeaminen tai niiden lisäksi muiden arvojen käyttö on perusteltu luvuissa 4.1-4.5.4. Taulukoissa esitetyt lähteet on selitetty liitteessä 1, taulukossa L1. Jos lähdeä ei ole mainittu, kyseessä on arvio (esim. taulukot 3 ja 4). Suurin osa käytetyistä lähteistä on saatavilla myös Internetistä.

Taulukko 2. Elintarvikkeiden MIPS-laskennassa käytetyt MI-kertoimet. Lähteet eritelty liitteessä 1.

Eri materiaalit	Lähteet	MI				
		abioot.	bioot.	vesi	ilma	maa-perä
Sähkö (kg/MJ)	8)	0,15	0	36	0,0639	0
Lämpö (kg/MJ)	8)	0,14	0	0	0,1000	0
Kalkki (kg/kg)	2,3)	3,20	0	25		0
Torjunta-aineet (kg/kg)	2,3)	53,00	0	12928	23	0
N-lannoitteet (kg/kg)	2,3)	7,90	0	41	0,0328	0
P-lannoitteet (kg/kg)	2,3)	7,90	0	41	0,0328	0
K-lannoitteet (kg/kg)	2,3)	7,90	0	41	0,0328	0
Natrium (Na, kg/kg)	10)	2,93	0	8	0,0560	0
Magnesium (Mg, kg/kg)	10)	3,84	0	101	1,0910	0
Heksaani (kg/kg)	7)	0,29	0	72	0,1278	0
Tavaraliikenne (kg/(kgkm))	9):76	0,0004	0	0,00	0,0001	0
Laivaliikenne (kg/(kgkm))	13):67	0,0001	0	0,00	0,0001	0
Kevyt polttoöljy (kg/kg)	10):2	1,36	0	9	0,0190	0
Koneistus (kg/ 80 ha)	2):50,10):1	140,00	0	1064	7,8695	0
Polyeteeni-HD	10)	2,52	0	106	1,9	0

Taulukossa 2 esitetyt sähkön ja lämmön MI-kertoimet perustuvat aiemmassa tutkimuksessa selvitettyihin arvoihin (Nieminen ym. 2005:103). Kalkin MI-kertoimet perustuvat Nordkalk-yritykseltä tehtyyn kyselyyn (Grönroos ym. 2001:20). Torjunta-aineiden kertoimet perustuvat samoin Novartis-yritykseltä tehtyyn kyselyyn (Grönroos ym. 2001:20). NPK-lannoitteiden kertoimet on muodostettu Grönroosin (2001:23) ja Aro-Heinilän (2002:51) tulosten pohjalta siten, että Aro-Heinilän selvittämä abiottinen kerroin NPK-lannoitteille ja Grönroosin veden ja ilman kerroin NK-lannoitteille on yhdistetty. Veden ja il-

man käyttö P-lannoitteiden valmistuksessa on arvioitu samoiksi Grönroosin (2001:23) NK-lannoitteiden tuotannolle esittämän inventaarion kanssa.

Natriumin ja magnesiumin MI-kertoimet on saatu Wuppertal instituutin monisteesta (2003). Heksaanille on muodostettu arvo Grönroosin (ym. 2003:15) tekemän tutkimuksen perusteella. Tavara- ja laivaliikenteen MI-kertoimet ovat seikkaperäisesti selvitetty aiemmassa suomalaisessa MIPS-tutkimuksessa (Lähteenoja ym. 2005, Lindqvist ym. 2005, vastaavasti). Peltotyössä ja viljan kuivaamisessa käytetyn kevyen polttoöljyn MI-kerroin on peräisin Wuppertal instituutin monisteesta (WI 2003). Kevyen polttoöljyn kerroin on myös tarkistettu aikaisemmasta tutkimuksesta (Grönroos ym. 2001). Peltotyön ja koneistuksen arvioidut tarpeet perustuvat Palosen ja Oksasen (1993) sekä Aro-Heinilän (2002) tutkimuksiin. Peltotyön määrää arvioidaan Palosen ja Oksasen (1993) peltotyölle esittämien työskentelytapojen perusteella, laskemalla töihin vaadittu kevyen polttoöljyn määrä. Koneistuksen kokonaisuutena tarve hehtaaria kohti on ratkaistu samalla tavalla kuin Aro-Heinilän (2002:50) tutkimuksessa, huomioiden kuitenkin vain teräksen tuotanto koneiden valmistuksessa. Teräksen tuotannon MI-kerroin on saatavilla Wuppertal instituutin monisteesta (2003).

Taulukko 3. Elintarvikkeiden vakioiset tuotannontekijät. Lähteet, ks. liite 1.

Vakiot tarvemäärät	Lähteet	kg/ha
Kalkki	15-19)	600
Eroosio	25)	1700
Maaperän muokkaus		1500000
Torjunta-aineet	20)	0,635

Taulukossa 3 on esitelty neljä vakiota, joita raportissa käytetään odotusarvoina. Torjunta-aineiden kulutus taulukossa 3 on selvitetty Suomen ympäristökeskuksen selvityksestä, jossa käsitellään kansallisia keskiarvoja vuodelta 2001 (Maa- ja metsätalousministeriö 2006).

Kalkin kulutus Suomen maataloudessa vaihtelee keskiarvoltaan tarkastellusta tuotantotilanteesta riippuen välillä 400-1400 kg/ha vuodessa (Voutilainen ym. 2003:21, Katajajuuri et. al 2000:64). Kun eri tutkimuksia on tarkasteltu, näyttää siltä, että rehuviljalle voi käyttää peltojen kalkitusarviota 400kg/ha (Voutilainen ym. 2003:21). Toisaalta esimerkiksi rehuohralle on saatu niinkin korkeita tuloksia kuin 1400kg/ha (Katajajuuri et. al 2000:64). Tällaisia arvioita realistisemmalla vaikuttivat esimerkiksi arviot, joissa vehnän ja ohran kasvattamiseen leipäviljäksi on käytetty kalkkia 700 kg/ha (Katajajuuri ym. 2007:26).

Saatavilla olevan tutkimusaineiston mukaisesti käytetään asiaankuuluvien elintarvikkeiden yhteydessä luotettavinta mahdollista tietoa. Lisäksi tarvitaan kal-

kitusmäärät sellaisille tuotteille, joista Suomessa ei ole käytettävissä keskiarvoja. Tunnettujen lukujen ja pellonhoidon teorian pohjalta voidaan kuitenkin pyrkiä muodostamaan jonkinlainen keskiarvo kalkin kulutukselle Suomessa. Esimerkiksi Farmit.net (2007a) esittää yksityiskohtaisesti erilaisten kasvien menestyäkseen tarvitseman pH-luvun. Erilaisessa maassa tämä vaatii eri määrän kalkitusta.

Erilaiset maatyypit huomioiden voidaan samasta lähteestä muodostaa arvio, jonka mukaan kalkkia tarvitaan noin kuusi tonnia hehtaarille, jotta pH nousee 0,4 alkuarvostaan. Toisaalta Myyrä ym. (2003:36) esittävät, että pellon pH laskee noin 0,2 alkuarvostaan viidessä vuodessa. Tällöin kalkitusta tarvittaisiin noin 3t/ha/5v, jotta pellon pH pysyisi lähellä alkuarvoaan. Päätelystä saadaan keskimääräiseksi kalkitukseksi vähintään 600 kg/ha/v.

Kuten jo edellä mainittiin, kalkitusmäärä vaihtelee riippuen esimerkiksi maatyypistä, lannoituksesta ja kasvatettavasta kasvista. Esitetty luku on pyrkimys muodostaa keskiarvo pellon kalkitustarpeelle niissä tapauksissa, joissa varmempaa tietoa ei ole saatavissa. Samaa kokoluokkaa, joskin hieman pienempiä, ovat myös Risku-Norjan tutkimuksessa (2000:26) esitetyt kalkitusmäärät vuosille 1990-1996. Huomioitaessa jo pidempään jatkunut pyrkimys nostaa kalkitusmääriä Suomessa (esim. MMM 2005), voidaan esitettyä arviota kalkitukseen pitää kokoluokaltaan oikeana.

Sekä eroosion että maaperän mekaanisen muokkauksen kokoluokkaa tyydyttään arvioimaan hehtaarisella. Risku-Norja (2000:11) käyttää eroosiolle Suomessa taulukossa 3 esitettyä kerrointa, mikä on myös tämän raportin kannalta riittävän tarkka arvio. Maaperän muokkaukselle esitetään taulukossa 3 suhteellisen suuri kerroin. Kyseinen kerroin pitää kuitenkin sisällään hehtaarin alan, jota muokataan 15 senttimetrin syvyyteen. Nykyisellään peltoja saatetaan muokata syyskynnön yhteydessä jopa kahdenkymmenen senttimetrin syvyyteen. Nk. kevytmuokkauksella peltoa käännetään vain noin 10 senttimetriä. Taulukossa 3 esitetty lukuarvo on arvio Suomen keskiarvosta.

Taulukossa 3 ei ole lainkaan esitetty odotusarvoa lannoitukselle. Tämä johtuu siitä, että kasvien lannoitus on hyvin paikka- ja kasvisidonnaista, jolloin yhden lannoitusluvun käyttö usealle erityyppiselle kasville olisi kyseenalaista. Tässä raportissa käytetään lannoitusmäärinä asiantuntijoiden esittämiä lannoitus-suosituksia eri hyötykasveille (Farmit.net 2007), ja lannoitus käydään läpi kasvikohtaisesti. Käytettyihin arvoihin vaikuttaa myös viljelysmaan kunto. Koska hieno hieta on maataloutemme yleisin maalaji (noin viidennes koko maan peltoalasta, Lilja ym. 2006:38), käytetään tässä raportissa ensisijaisesti lannoitus-suosituksia savi- ja hietamaille (myös savimaat ovat yleisiä, Lilja ym. 2006). Lisäksi viljelysmaan kunto oletetaan tyydyttäväksi ja käytetyiksi lajikkeiksi oletetaan Suomessa yleisimmin käytössä olevat.

Taulukko 4. Elintarvikkeiden bioottiset MI-kertoimet. Lähteet, ks. liite 1.

Bioottiset	Lähteet	MI		
		abioot.	bioot.	vesi ilma maaperä
Vehnä	4)		1,8	
Soija	4)		1	
Maissi	4)		2	
Ohra	4)		2	
Kaura	4)		2,5	
Ruis	4)		2	
Peruna	4)		1,6	
Sokerijuurikas	4)		1,6	
Tomaatti	21),22)		1,3	
Kurkku	21),22)		1,3	
Rypsi	1)		2,4	
Omena			1	
Lakka			1	
Mansikka			1	
Kivennäisrehu ja rypsirehu			1,5	
Kokoviljasäilö- ja säilörehu			2	
Kuivaheinä			1	
Laidun			1	

Taulukossa 4 bioottisina kertoimina on käytetty vastaavia Wuppertal Instituutin tulevassa maatalousselvityksessä käytettäviä lukuja (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 2.3.2007). Bioottiset kertoimet viittaavat eri tuotteiden kasvatuksen yhteydessä syntyvään, jossain vaiheessa elävään materiaaliin. Käytännössä kyseessä on korjattavan ja siitä käyttöön otettavan biomassan suhde (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 2.3.2007). Tomaatin ja kurkun kohdalla on käytetty apuna kasviuonekurkun elinkaarianalyysissä esitettyjä lukuja (Mikkola 2006) sekä Grönroosin ym. (2002) kyselytutkimusta kasviuonetuotannosta. Omenan, lakan ja mansikan bioottisten kertoimien voidaan olettaa olevan lähellä lukuarvoa yksi. Myös taulukossa 4 mainittujen rehutyyppien bioottiset lukuarvot ovat omia arvioita.

Taulukko 5. Elintarvikkeiden loppu- ja välituotteiden kuljetusmatkat. Lähteet, ks. liite 1.

Kuljetukset	Lähteet	km
Lannoitteet	3):10	200
Kalkki	3):10	80
Torjunta-aineet	3):10	2000
Ruoka-aineet USA:sta	13)	6600
Rehun kuljetukset	3):10	200
Jatkojalostusjäisyydet	3):10	50

Taulukossa 5 esitetyt arvot ovat arvioita, jotka on muodostettu Grönroos ym. tutkimusten perusteella (2001:10, 2003:32). Lisäksi on käytetty aikaisempaa MIPS-tutkimusta apuna selvittäessä ruoka-aineiden kuljetuksia USA:sta (Lindqvist ym. 2005). Taulukossa 5 esitetty ”Jatkojalostus etäisyydet” viittaa tässä käytettyyn yleiseen arvioon etäisyyksistä alkutuotannosta jatkojalostuslaitokseen, eri jatkojalostuslaitosten välisestä etäisyydestä ja toisaalta etäisyydestä jatkojalostuslaitokselta kauppaan. Tässä oletetaan, että esitetyt arviot pätevät suomen keskiarvona, yhden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Taulukko 6. Säilytyksen MI-arvot kilogrammaa ja vuorokautta kohden. Lähteet, ks. liite 1.

Säilytys	Lähteet	abioot.	bioot.	vesi	ilma	maaperä
Huoneenlämpö	1),8)	0,002	0	0	0,0011	0
Kylmiö	1),8)	2,14	0,00	265	1,25	0,00
Pakastin	1),8)	2,16	0,00	270	1,26	0,00

Elintarvikkeiden säilytykselle on käytetty tanskalaisia arvoja (Nielsen ym. 2003), jotka puolestaan nojaavat vahvasti ruotsalaiseen tutkimukseen (Carlsson-Kanyama 2000). Kuitenkin lopulliset MI-arvot on laskettu käyttäen suomalaisia sähkö- ja lämpökertoimia (taulukko 3). Tällöin voidaan esittää taulukossa 6 annettujen arvojen olevan kohtuullisia arvioita suomalaisten elintarvikkeiden säilytyksestä vuorokausikiloa kohden. Yleensä oletetaan, että tuotteita säilytetään huoneenlämmössä tai kylmiössä noin 3 vuorokautta (Nielsen ym. 2003). Säilytyksissä huomioidaan vain kaupassa tapahtuva säilytys, eli tiloilla tai välivarastoissa tapahtuvaa säilytystä ei huomioida. Tällainen säilytys ei ole merkittävä materiaalianosten lähde, johtuen huoneenlämmön pienistä MI-arvoista (taulukko 6). Taulukossa 7 on kuitenkin esitetty varastohävikit sellaisille elintarvikkeille, joilla niitä on aikaisemmassa tutkimuksessa raportoitu. Näitä hävikkejä käytetään ao. elintarvikeryhmien MIPS-arvoja muodostettaessa.

Taulukko 7. Varastohävikit asianomaisille elintarvikkeille. Lähteet, ks. liite 1.

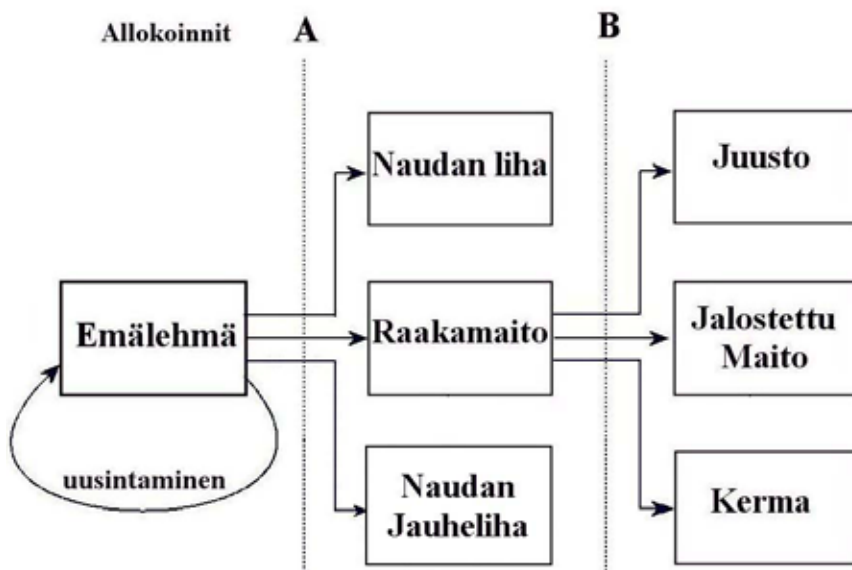
Elintarvike	Lähteet	hävikki (%)
peruna	24):92	4,3
vehnä	24):92	0,46
ohra	24):92	0,26
kurkku	24):92	4,7
tomaatti	24):92	4,7

## 4.1 Maidon tuotanto ja materiaalipanosten allokointi

Kuten yllä mainittiin, ei allokointiin päätyminen ole suositeltavaa. Toisaalta, jos halutaan saada tuoteryhmäkohtaisia lukuja esim. maitotuotteille ja naudanlihalle, naudan kuluttamien materiaalipanosten allokointi lihan ja maidon välille on välttämätöntä. Wuppertal instituutissa on maitotuotteiden kohdalla päädytty allokoidaan eri tuotteille MI-arvoa sen mukaan, kuinka paljon ne sisältävät yhteissummuna proteiinia ja rasvaa per painoyksikkö (Ritthoff M., WI, henkilökohtainen tiedonanto 2.3.2007). Tällöin MI-arvo kuvaa paitsi tuotteen materiaalipanosta, myös tuotteen proteiini- ja rasvasisältöä. Mitä enemmän proteiinia ja rasvaa lopputuotteessa on, sitä suurempi on tuotteen MI-arvo. Esimerkiksi maidon jatkojalostuksen yhteydessä tuotetaan raakamaidosta sekä juustoa että kevytmaitoa. Juustossa on kevytmaitoon verrattuna suurempi määrä rasvaa ja proteiineja per painoyksikkö, jolloin suurempi määrä raakamaitoa (jossa myös on tietty määrä proteiinia ja rasvaa per painoyksikkö) tarvitaan juustokilon kuin kevytmaitokilon valmistukseen. Kun tunnetaan raakamaidon tuotannon materiaalipanostus, voidaan ratkaista materiaalipanokset myös juustolle ja kevytmaitolle ratkaisemalla, kuinka monta kiloa raakamaitoa tarvitaan, jotta saadaan lopputuotteissa esiintyvä yhteenlaskettu proteiini- ja rasvamäärä.

Proteiinien ja rasvan suhteen allokointiä käytetään myös tässä raportissa. Allokointiä voidaan perustella sillä, että tällä tavoin muodostetut tulokset ovat vertailukelpoisia Saksassa muodostettavien elintarvikkeiden MIPS-arvojen kanssa. Muutoin allokointimenettelyä voidaan perustella ruoan kulutuksen funktionaalisuudella: ihmiset yleensä syövät eläkkeeseen (eikä päivittäin). Proteiini ja rasvan saanti on ihmiselle elintärkeää, ja elintarvikkeiden tärkein tehtävä on näiden ainesosien toimitus kuluttajille. Jotta eri tuotteiden materiaalipanostuksia voidaan mielekkäästi vertailla, tulee ottaa huomioon myös ruoan ravintoarvot. Tässä käytetty allokointimenettely perustuu ravintoarvojen rajattuun huomiointiin.

Kuvassa 2 on esitetty tässä käytetty materiaalipanosten allokointi eri maitotuotteille. A ja B viittaavat eri allokointeihin. Lopputuotteina saadaan naudanlihaa, naudan jauhelihaa, kermaa, juustoa ja jalostettua maitoa. Kuvassa 2 emälehämä viittaa yhteen maitoa antavaan lehmään, joka synnyttää elinaikanaan keskimäärin 3 vasikkaa (esim. Grönroos ym. 2001, Heikkilä 2006). Näistä yksi vasikka tarvitaan uusintamaan tuotantoa ja kaksi voidaan antaa lihakarjaksi. Kolmen vuoden välein korvattava emälehmä tuottaa elinaikanaan maitoa (n. 21000kg, Grönroos ym. 2001) ja kaksi lihanautaa (yhteispaino n. 1200kg, Suomen ruokatieto ry). Lisäksi emälehmästä saadaan naudanlihaa (emälehmä painaa n. 600kg, Grönroos ym. 2001). Allokoinnissa A tutkitaan tällaisen kolmen vuoden periodin aikana tuotettua raakamaito- ja naudanlihamäärää. Allokoinnissa B tutkitaan (raaka-)maidonjalostuksen tuloksena saatavia tuotteita: juustoa, jalostettua maitoa ja kermaa. Myös jalostetun maidon sivutuotteena syntyy kermaa n. kolmasosa maidon painosta (Nielsen ym. 2003).



Kuva 2. Maidon tuotannon eri tuotantovaiheissa tehdyt allokoinnit A ja B.

Lisäksi tiedetään, että Suomessa naudanlihan tuotanto perustuu 80 prosenttisesti maitorotuisen eläinainekseen, liharotuisten teuraseläinten osuuden ollessa alle 10 prosenttia (Maa- ja metsätalousministeriö 2002). Tällöin maitorotuisia eläimiä tutkimalla voidaan muodostaa suhteellisen edustava kuva naudanlihan tuotannosta Suomessa. Naudanlihan tuotantoon on laskettu mukaan myös naudan jauheliha, jolloin allokoinnissa tarkastellaan maitokarjasta saatavien lihatuotteiden keskimääräistä materiaalipanosta Suomessa. Käsitellessämme naudanlihana sekä liha- että maitokarjasta saatua lihaa menetetään kuitenkin yhtenäisyys sen osalta, minkä tyyppiseen lihaan naudanlihalla viitataan. Raportissa puhutaan naudanlihana kaikesta maidontuotannon kautta saatavasta lihasta. Vasikkakuolleisuutta ei ole huomioitu ja allokoinnin tarkasteluajanjakso on 3 vuotta, eli aika jona yksi emälehmä on keskimäärin tuotantokykynen.

Taulukko 8. Maitotuotteiden allokointi proteiinien ja rasvojen summan avulla.

Allokointi			A			B		
Emälehämästä saatavat tuotteet	Tuotteen lyhenne	Mahdollisen jatkojalostuksen jälkeen			a,b	a,b	a2, a3, a4	a2, a3, a4
		proteiinia	rasvaa	yhteensä	(g/100g)	(%)	(g/100g)	(kg/emälehmä)
raakamaito	a	3	4,4	7,4	0,07	86		21000
kevytmaito	a2	3,4	1,9	5,3			0,05	31080
Naudanliha (ka)	b	19,3	8,4	28	0,28	14		925
Juusto (ka)	a3	27,7	25	53			0,53	2949
Kerma, 38%	a4	1,9	38	40			0,20	7789



Taulukossa 8 on esitetty arvot, joiden pohjalta allokointi on suoritettu. Naudanliha, juuston ja kerman proteiini- ja rasva-arvot ovat peräisin Kansanterveyslaitoksen tietokannasta (www.ktl.fi). Raakamaidon ja kevytmaidon vastaavat arvot ovat Osuuskunta Maitokolmion tietokannasta (www.maitokolmio.fi). Prosenttiosuudet allokoinnissa A on ratkaistu käyttäen kaavaa

$$\left[ \% \right]_{\text{raakamaito}} = \frac{m_{\text{raakamaito}} N_{\text{raakamaito}}}{m_{\text{raakamaito}} N_{\text{raakamaito}} + m_{\text{naudanliha}} N_{\text{naudanliha}}}, \quad (2)$$

ja vastaavasti naudanlihalle.

Taulukosta 8, kohdasta allokointi A voidaan nähdä, että emälehmän vaatima materiaalipanos allokoidaan suurimmaksi osaksi raakamaidolle. Tämä seuraa siitä, että saatu raakamaidon määrä on huomattavasti suurempi yhtä emälehmän kohden kuin vastaava naudanlihan määrä (taulukko 8, viimeinen sarakke). Proteiini- ja rasvamäärän huomioiminen kuitenkin tasoittaa tätä allokointia: naudanlihalle allokoidaan nyt neljätoista prosenttia emälehmän ylläpidosta, kun pelkän painon pohjalta allokointiprosentiksi jää kolme prosenttiyksikköä (Grönroos ym. 2001). On myös hyvä huomata, että varsinaista maidontuotantoa tai lihanautojen kasvatusta ei allokoida, vaan kohdistetaan suoraan vastaavasti raakamaidolle ja naudanlihalle.

Allokoinnissa B esitetään raakamaidosta saataville erilaisille tuotteille sekä proteiinien ja rasvojen osuus lopputuotteesta että yhden emälehmän raakamaidon tuotoksesta saatava tuotemäärä. Jälkimmäisistä luvuista nähdään, että 21000 kilosta raakamaitoa saadaan proteiinien ja rasvojen kautta arvioituna noin 3000 kiloa juustoa, 4000 kiloa kermaa ja 31000 kiloa kevytmaidon. Nämä ovat laskennallisia arvoja; esimerkiksi kevytmaidon ei voi käytännössä käsitellä laimennettuna raakamaitona. Tältä pohjalta voidaan kuitenkin esittää, kuinka paljon kukin lopputuote tarvitsee materiaalipanoksia raaka-aineitaan varten. Esimerkiksi juustolle todetaan, että yhden juustokilon tuottamiseksi tarvitaan noin 7 kiloa raakamaitoa. Tämä on samaa suuruusluokkaa yleensä esitettyjen arvioiden kanssa. Esimerkiksi Nielsen ym. (2003) esittää vastaavana arvona kymmentä kiloa raakamaitoa. Toisaalta myös kevytmaidon tuotetaan todellisuudessa vähemmän yhdestä raakamaitokilosta kuin laskennallisista arvoista voidaan päätellä. Todellinen tuotantosuhde on hyvin lähellä 1:1 painossa mitattuna (Nielsen ym. 2003). Proteiinin ja rasvan allokoinnilla saatiin siis tuloksia, jotka arvioivat raakamaidon tarvetta lopputuotteiden valmistamiseksi hieman alaspäin. Tämä vaikuttaa myös saatuihin maitotuotteiden materiaalipanoksiin, painaen niitä hieman pienemmiksi.

Toisaalta tulee ottaa huomioon, että maidon jalostuksen yhteydessä syntyy rasvaa, josta voidaan myös valmistaa voita ja juustoa. Erityisesti kermaa ei yle-

sä tuoteta suoraan raakamaidosta, vaan se saadaan suurimmaksi osaksi maidon jalostuksen sivutuotteena. Tässä näitä maidon tuotannon sivutuotteita ei huomioida sellaisenaan, mutta voin tuotannossa oletetaan, että puolet käytestystä kermasta tulee maidontuotannon sivutuotteena (ks. 4.1.3). Maidontuotannon sivutuotteille ei ole allokoitu materiaalipanoksia. Tämä vähentää hieman voin materiaalipanosta.

Tässä esitettyä allokointimenettelyä voitaisiin monella tapaa kehittää ja laajentaa. Maidon tuotantorakenteeseen voitaisiin ottaa allokoinnissa B lisää tuotteita, jolloin saadut tulokset olisivat monipuolisempia. Myös allokoinnissa A voitaisiin eritellä tarkemmin erilaiset lihatuotteet, jolloin tarvittaisiin lisäallokointeja niiden välillä. Kerman tuotannon yhteydessä mainittujen lisäysten rinnalle voitaisiin allokointiin esittää erilaisia Suomen tuotantorakenteeseen perustuvia tarkennuksia, jotta proteiinien ja rasvojen avulla tehty allokointi olisi mahdollisimman realistinen. Erilaiset karjarodut voidaan huomioida naudanlihantuotannossa, jolloin lihakarjan jalostukseen keskittyvä tuotanto tulisi huomioiduksi.

Muitakin tapoja allokoinnille on. Voidaan esimerkiksi esittää kysymys, mistä proteiini ja rasva on kuluttajalle kustannustehokkainta hankkia, kustannustehokkuuden viitattaessa tässä ruoan painon näkemiseen kustannuksena. Tällöin päädytään allokoimaan suurempi MI-arvo niille tuotteille, joissa on vähäinen määrä proteiinia ja rasvaa painoyksikköä kohden, kuin niille tuotteille, joissa on suuri määrä proteiinia ja rasvaa. Tällä tavoin eri lähtökohdista muodostetuilla allokoinneilla päädytään hyvin erilaisiin lopputuloksiin. Voidaan myös kyseenalaistaa, onko rasvan perusteella allokointi tarkoituksenmukaista länsimaissa, jossa suuri osa ihmisistä saa epäterveellisen paljon rasvaa päivittäin. Eri allokointitapojen etuja ja haittoja tulisi tutkia perusteellisesti, jotta voitaisiin esittää arvioita niiden keskinäisestä paremmuudesta.

#### **4.1.1 Emälehmä ja muu tuotanto: raakamaito ja naudanliha**

Sekä maidon että naudanlihan tuotannossa täytyy ottaa huomioon niiden tarvitsema emälehmä (kuva 2). Emälehmän materiaalipanokset voidaan allokoida käyttäen taulukon 8 sarakkeen A prosenttilukuja kertoimina kullekin tuotannon tyyppille jyvitetystä osuudesta. Lisäksi maidon- ja lihantuotannossa tulee huomioida vastaavasti maidon- ja lihantuotantoon tarvittavat materiaalipanokset. Grönroos ym. (2001) tutkimuksesta saadaan seuraavat rehun ja sähkön tarpeet emälehmälle, maidontuotannolle ja naudanlihan tuotannolle (taulukot 9 ja 10). Vastaavasti näistä arvoista voidaan ratkaista tarvittavat keskimääräiset kokonaishehtaarit, kun tunnetaan eri rehutyyppien keskisadot (Tike 2004, ”Viljelykasvien sato”).

Taulukko 9. Rehun ja sähkön tarpeiden lähteet maitotuotteiden eri tuotannon-tekijöille.

Tuotannontekijä (per 3 vuotta)	Sähkö (vuosik. per 3 vuotta)	Rehun määrä (per 3 vuotta)
Emälehmä (elinaika 4 vuotta, joista yksi vasikkana)	$3 \cdot 0,5 + 1 = 2,5$	$3 \cdot \text{elintoiminnot}$ , uusintaminen, tiineys
Kaksi lihanautaa (elinaika 1,5 vuotta)	$1,5 \cdot 2 = 3$	$2 \cdot 1,5 \cdot \text{uusintaminen}^4$ , $2 \cdot \text{tiineys}$
Lypsykarja (lypsyikä 3 vuotta)	$3 \cdot 0,5 = 1,5$	$3 \cdot \text{maidontuotanto}$

Taulukossa 9 annettujen arvojen lisäksi tulee huomioida vielä raakamaidon ja erityyppisten naudanlihojen välinen allokointi (ks. kuva 2 ja taulukko 8). Esimerkiksi naudanlihalle tulee siis huomioida erikseen

- i) naudanlihan tuotantoon käytetyt materiaaalipanokset,
- ii) sekä lihakarjasta että emälehmästä saatava liha, ja
- iii) emälehmän ylläpidosta allokoitua kustannukset naudanlihan tuotannolle.

Tällöin emälehmästä (teurasprosentti 33) ja kahdesta naudasta (teurasprosentti 60) saatavalle, yhteenlasketulle naudanlihan painolle (925kg) voidaan laskea materiaaalipanoksesta kilogrammaa kohden. Vastaavasti raakamaidontuotannossa tulee huomioida

- i) raakamaidontuotantoon käytetyt materiaaalipanokset, ja
- ii) emälehmän ylläpidosta allokoitua kustannukset raakamaidontuotannolle.

Taulukko 10. Eri materiaalitarpoiden lukuarvot maitotuotteiden tuotannossa (Grönroos ym. 2001).

Materiaalitarpoiden lähde	Sähkö (MJ/a)	Rehu (ry/a)
Eläintä kohden	2300	
Uusintaminen		1380
Elintoiminnot		2265
Maidontuotanto		3542
Tiineys		184

<sup>4</sup> Lihantuotantoon tarvittu rehumäärä on vertailukelpoinen esim. Risku-Norja ym. (2007:18).

Allokoitavien tekijöiden lisäksi on sekä raakamaidon että naudanlihan tuotannossa huomioitava myös kuljetukset (taulukko 5), jatkojalostus (Nielsen ym. 2003), tuotteen säilytys (taulukko 6, kylmiö) ja rehun jatkojalostus. Rehun jatkojalostusta on tässä arvioitu rypsipuristamon ja rehutehtaan arvoilla (Grönroos ym. 2001:30-31). Arvon jäädessä pieneksi rehun jatkojalostuksen ei kuitenkaan nähty tarvitsevan tarkempia arvoja; kaikki käytetty rehu on arvioitu käsitellyksi samalla tavalla kuin rypsi ennen käyttöä rehuna. Vaikutus lopputulokseen on kuitenkin pieni. Rehun tämänkaltainen jatkojalostus nostaa tutkittaessa naudanlihan abioottista MIPS-arvoa noin 0,4 yksikköä verrattuna tilanteeseen, jossa jatkojalostusta ei lainkaan huomioitaisi. Koska rypsipuristamon ja rehutehtaan käyttämiä sähkömääriä voidaan pitää suhteellisen korkeina esimerkiksi verrattuna viljan kuivaamiseen ja jauhamiseen myllyssä (Grönroos ym. 2001), arvioidaan tässä rehun jatkojalostusta ylöspäin ilman mainittavia vaikutuksia.

Rehuyksikköjen (ry) kääntämiseksi kilogrammoiksi on käytetty Grönroosin ym. (2000:166) ilmoittamia satoarvoja. Sekä lypsy- että lihakarjan rehulle käytetään torjunta-aineiden ja kalkituksen arvoja taulukosta 3. Arviot eri rehuviljojen lannoituksesta saadaan Ranteen (1995) tutkimuksesta. Käytetyt lannoitteet, rehuyksikköjen ja kilogrammojen suhde ja Grönroosin ym. ilmoittamat keski-sadot (2000:152) on eri rehutyypeille esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Lypsy- ja lihakarjan ruokintaan käytettyjen rehutyyppien rehuyksiköt, keski-sadot ja lannoitus (Grönroos ym. 2000, Ranne 1995).

Rehulaji	keski-sato (kg/ha)	rehuyksikkö (ry/kg)	Typpi, N (kg/ha/a)	Fosfori, P (kg/ha/a)	Kalium, K (kg/ha/a)
säilörehu	3909	1	190	20	107
esikuivattu säilörehu	17094	0,234	190	20	107
ohra	3210	0,862	92	16	24
kuivaheinä	4616	0,639	180	29	100
kaura	3699	0,903	88	17	35
laidun	20046	0,175	215	16	92

#### 4.1.2 Raakamaidon jatkojalostus: jalostettu maito, juusto ja kerma

Raakamaito voidaan jatkojalostaa maidoksi, juustoksi tai kermaksi. Raakamaidon materiaalipanokset muodostuvat emälehmän ylläpidon prosentuaalisesta osuudesta ja taulukon 9 esittämistä arvoista lypsykarjalle. Lisäksi emälehmän sähkönkulutuksesta asetetaan puolet raakamaidontuotannolle, puolet emäle-

män ylläpidolle (taulukko 9). Myös vastaavia arvioita rehun jatkojalostukselle ja rehuyksiköille käytetään raakamaidontuotannon yhteydessä kuin emälemällekin.

Lisäksi tulee huomioida raakamaidon kuljetukset ja jatkojalostus. Raakamaito jatkojalostetaan tässä käytetyn mallin mukaan joko kevytmaidoksi, juustoksi (Suomen keskiarvo, Kansanterveyslaitos) tai kermaksi (rasvaa 38 prosenttia). Kevytmaito on proteiini- ja rasvapitoisuudeltaan alhaisempi kuin raakamaito, joten käytetyn allokoinnin perusteella kevytmaidosta saadaan noin puolitoista litraa litrasta raakamaitoa (taulukko 8, allokointi B). Maidon jatkojalostuksen tarvitsemat sähkön, lämmön ja materiaalien määrät saadaan tanskalaisesta tutkimuksesta, jossa tutkittiin Arlan meijereiden toimintaa (Nielsen ym. 2003). Maito säilytetään kylmiössä noin yksi vuorokausi ennen sen ostamista.

Juustokilon valmistuksessa tarvitaan useita litroja raakamaitoa. Jos kaikki raakamaidon sisältämä proteiini ja rasva saadaan hyödynnettyä juustossa, tarvitaan raakamaitoa noin seitsemän kiloa jokaista juustokiloa kohti (taulukko 8). Muut juustolle käytetyt jatkojalostuksen materiaalipanokset saadaan Nielsenin ym. (2003) tutkimuksesta, joka käsittelee Arlan tanskalaista juustontuotantoa. Juustoa oletetaan säilytettävän kylmiössä noin 3 vuorokautta ennen sen ostamista.

Taulukosta 8 voidaan lukea kerman valmistuksen tarvitsevan noin 5,4 litraa raakamaitoa. Kuitenkin nykyisessä markkinatilanteessa kaikki Suomen voin ja margariinin tuotannossa tarvittava kerma saadaan erilaisten jalostettujen maitojen sivutuotteena (Tike ”Ravintotase 2004”:10, ks. myös 4.1.3). Tämä johtuu siitä, että jokaista litraa jalostettua maitoa kohti saadaan kolmasosalitra jatkojalostuskelpoista kermaa (Nielsen ym. 2003). Tästä seuraa kaksi asiaa. Ensiksi raakamaidon jatkojalostusmateriaalipanoksia kermaksi ei tässä huomioida (Suomessa ei tarvitse erityisesti jatkojalostaa raakamaitoa kermaksi). Toiseksi puolet voihin ja margariineihin käytetystä kermasta oletetaan tulevan maidon sivutuotteena, ilman materiaalipanoksia. Toinen puoli oletetaan valmistettavaksi raakamaidosta (jotta materiaalivirrat täsmäivät, Tike ”Ravintotase 2004”). Maidon, voin ja margariinien tuotanto keskittyy yleensä samoihin laitoksiin, jolloin on luonnollista hyödyntää tuotantojen sivuvirtoja.

### **4.1.3 Kerman jatkojalostus: voi ja levitteet**

Jalostettaessa kermaa erilaisiksi levitteiksi erotellaan tässä raportissa puhdas voi ja levitteet, joissa on käytetty kasviöljyjä. Kasviöljyistä tarkastellaan erikseen soija- ja rypsiöljyn käyttöä levitteissä. Soijaöljyn tuotannon materiaalipanoksia tarkastellaan luvussa 4.4.3. Rypsiöljyn tuotanto käydään läpi tässä luvussa. Lähtökohtaisesti voidaan todeta, että voi tarvitsee enemmän kermaa painoyksikköä kohden kuin kasviöljyjä käyttävät levitteet (esim. Nielsen ym.

2003). Maidon jalostuksen sivutuotteena saadulle kermalle ei allokoita materiaaalipanoksia. Tämä alentaa voim MI-lukua.

Rypsiöljyn tuotantoa voidaan Suomessa lähestyä keskisadon kautta (Tike 2004, ”Viljelykasvien sato”), jolloin voidaan ratkaista käytetyn rypsimäärän tarvitsemat hehtaarit. Tunnettaessa hehtaarit voidaan ratkaista tarvittu kalkin ja torjunta-aineiden (taulukko 3), sekä lannoitteiden (Farmit.net 2007b) määrät. Lisäksi voidaan vielä huomioida koneistus ja polttoöljyn käyttö (taulukko 2) sekä rypsin kuljetukset (taulukko 5) ja jatkojalostus (Nielsen ym. 2003). Tällöin saadaan yhteenlaskettuna tarvittu rypsimäärän materiaalipanokseksi.

Tunnettaessa sekä kerman että soija- ja rypsiöljyn materiaalipanokset voidaan laskea voim ja margariinien materiaalipanokset, kun tunnetaan jatkojalostuksen sähkön, lämmön ja materiaalien kulutus (Nielsen ym. 2003 ja taulukko 2) eri levitteille. Sekä voi- että levitetuotteet oletetaan luonnollisesti säilytettävän kylmiössä, noin 3 vuorokautta ennen ostotapahtumaa.

## **4.2 Sian-, kalan- ja broilerinlihan sekä kananmunien tuotanto**

Sian-, kalan-, ja broilerinlihan sekä kananmunien tuotannossa on yhteisiä piirteitä. Kaikissa tapauksissa tarvitaan ruokintarehua, sen tuottamista ja toimintuksia. Esimerkiksi kalan ja broilerin kasvatuksessa sekä kananmunien tuotannossa käytetyn soijarehun kuljetukset ovat raportin kannalta mielenkiintoisia. Kalaa lukuun ottamatta on myös kasvatustilojen lämmitys keskeisessä osassa materiaalipanoksia tutkittaessa.

### **4.2.1 Sianliha**

Sianlihan tuotannon pääkohtien huomioimisessa nojaututaan Aro-Heinilän (2002) tutkimukseen. Tutkimuksessaan Aro-Heinilä erittelee joulukinkun tuotantorakenteen likipitään samoihin pääelementteihin kuin tässä tutkimuksessa on tehty (ks. kuva 1). Joulukinkun tuotannossa käydään läpi kaikki sian kasvatamisen päävaiheet. Aro-Heinilän tuloksista voidaan ratkaista myös hänen eri tuotannon tekijöille esittämät ainemäärät 10 kilon joulukinkkua kohti tunnettaessa laskennan lopputulokset (ks. esim. 2002:60 ja 2002:51). Kun lisäksi tunnetaan käytetty metodi joulukinkun osuuden ratkaisemiseksi lihasian ruhon painosta (2002:59), voidaan Aro-Heinilän tuloksista ratkaista eri tuotannon tekijöiden tarvemäärät lihasikaa kohden. Tämän jälkeen abiottisina arvoina on käytetty Aro-Heinilän tuloksia, mutta muut MIPS-arvot on laskettu uudelleen, ottaen huomioon eri tuotantotavat. Käytetyissä arvoissa on esimerkiksi huomioitu, että 20 prosenttia sioille syötetystä rehusta on soijaa (Aro-Heinilä 2002:47), laskemalla rehun materiaalipanokset eri rehujen painotetulle keskiarvolle.

Oletetaan lihasikojen keskipainon olevan noin 85kg (esim. Suomen Ruokatie-to Oy). Tällöin, tunnettaessa keskimääräiset sianlihakilogramman jatkojalostuksen suorat materiaalipanokset (Nielsen ym. 2003), voidaan ratkaista yhden sianlihakilon MIPS-arvot käyttäen abioottisille arvoille Aro-Heinilän tuloksia. Muille MIPS-arvoille käytetään Aro-Heinilän tutkimuksen välituloksia ja tässä raportoituja tuloksia, esimerkiksi eri rehuviljoille. Lisäksi huomioidaan säilytyksestä (kylmiö, 3vrk) aiheutuvat materiaalipanokset. Huomionarvoista on, että Aro-Heinilä puhuu ainoastaan sikalan lämmitys- ja ylläpitokustannuksista, eikä sähkönkulutuksesta. Tämä aiheuttaa joitain näkyviä muutoksia tuloksiin, muiden lihatuotteiden kohdalla tutkimusten käsitellessä lämmitystä sähköntuotannon kautta (ks. esim. Grönroos 2001). Aihetta tarkastellaan lähemmin luvussa 5.

#### **4.2.2 Siipikarjanliha (broileri)**

Suomessa kasvatetusta siipikarjasta oli vuonna 2002 arviolta noin 15 prosenttia kalkkunan lihaa ja 83 prosenttia broilerin lihaa (Uusitalo 2003). Loput kaksi prosenttia muodostuvat harvinaisemmista lihalaaduista, mukaan lukien kananmunien tuotannon sivutuotteena saatava kananliha. Tässä raportissa tyydytään arvioimaan Suomen siipikarjanlihan tuotannon materiaalipanoksia tutkimalla broilerinlihan tuotannon materiaalipanoksia.

Broilerin tuotantotilojen lämmitys- ja sähköntarvetta on tutkittu aikaisemmassa julkaisussa (Katajajuuri ym. 2007:36). Tässä käytetään myös samassa tutkimuksessa esitettyä keskimääräistä broilerin teurastusajankohdan elopainoa 1,9kg (Katajajuuri ym., 2006:35). Broilereille syötetään hyvin erilaisia rehuyhdistelmiä, mutta tässä käytetään tanskalaisia arvoja: 0,51kg soijatiivistettä ja 1,44kg vehnää broilerikiloa kohden (Nielsen ym. 2003). Ruokintamäärät ovat kokoluokaltaan samoja kuin Katajajuuren ym. (2007) raportissa. Soijan kasvatusta ja jatkojalostusta käsitellään kohdassa 4.4.3. Vehnän kasvatusta ja käsittelyä esitellään puolestaan kohdassa 4.3.1. Huomioitaessa kuljetukset eri tuotantolaitosten välillä (taulukko 5) sekä säilytys (kylmiö, 3 vrk) voidaan arvioida broilerinlihan tuotannon vaatimia materiaalipanoksia.

Rehukasvatuksen yhteydessä lannoitusmäärät ovat luonnollisesti käytetyt vehnän ja soijan lannoitusmäärät. Kalkituksen ja torjunta-aineiden käyttömäärät saadaan taulukosta 3.

#### **4.2.3 Kananmunat**

Kanojen ruokinta perustuu eri lähteistä riippuen ohraan, kauraan ja valkuaisrehuun (Risku-Norja ym. 2007:19) tai vehnään ja soijaan (Nielsen ym. 2003). Tässä päädyttiin käyttämään jälkimmäisiä, jotta vertailu muiden tuotteiden materi-

aalipanoksiin, erityisesti broileriin helpottuisi. Tanskalainen tutkimus antaa kanojen ruokinta-arvoiksi 1,82kg vehnää ja 0,46kg soijaa kananmunakiloa kohti (Nielsen ym. 2003). Tutkimuksessa mainittu, kananmunien sivutuotteena saatava kananliha on tässä raportissa jätetty huomioimatta: kananlihaa käytetään vain harvakseltaan, esimerkiksi suurkeittiöissä edullisena raaka-aineena.

Sähkö- ja lämmityskustannusten ratkaisemiseksi kananmunien tuotannossa voidaan käyttää apuna broilerintuotantoa. Oletetaan, että viikkoa kohden kulutettava lämpö- ja sähkömäärä on Suomessa keskimäärin sama sekä broilerinkasvatamoissa tuotettua kiloa kohden että kanaloissa elävää kanakiloa kohden. Tällöin voidaan broilerikiloa kohden viikossa tarvittavaa lämmitysmäärää käyttää apuna ratkaistaessa kanaa kohden tarvittu lämmitysmäärä tämän elin-aikana. Siis jää ratkaistavaksi suhteelliset tuotantoasteet. Saadaan:

$$\frac{\text{kananmunakiloa [kg]}}{\text{kanan ikä [vk]}} = \frac{18,1 \text{ kg}}{52 \text{ vk}} \quad (\text{TIKE, "Kananm. tuot. v. 2004"}),$$

$$\frac{\text{broilerikiloa kg}}{\text{broilerin ikä vk}} = \frac{1,9 \text{ kg}}{5,42 \text{ vk}} \quad (\text{Katajajuuri ym. 2007:35}).$$

Tällöin voidaan ratkaista sähkön ja lämmönkulutus vuodessa 18,1 kg munivalle kanalle, kun vastaavasti noin viiden viikon aikana 1,9 kg painoon kasvava broileri kuluttaa sähköä 0,68MJ ja lämpöä 4,7MJ teuraskiloa kohden (Katajajuuri ym. 2007).

$$\frac{\text{kananmunakiloa kg}}{\text{kanan ikä vk}} = 0,348 \text{ kg / vk}.$$

$$\frac{\text{broilerikiloa kg}}{\text{broilerin ikä vk}} = 0,351 \text{ kg / vk}.$$

Tällä tavoin laskettuna lämmityskustannukset kananmunille ovat siis 0,351/0,348=1,008 -kertaiset broileriin verrattuna. Tällöin voidaan sähkön- ja lämmönkulutukselle kananmunien tuotannossa (kilogrammaa kohti) käyttää samoja arvoja kuin broilerinkasvatuksessa (ruhokilogrammaa kohti).

Koska kananmunat eivät tarvitse jatkojalostusta, ei lopputuotteen kuljetuksissa huomioida kuin matka kaupan säilytykseen (erillistä matkaa jatkojalostuslaitokselle ei tarvita, taulukko 5). Vehnän ja soijan kasvatuksessa käytettävälle alkutuotannon materiaalipanoksille käytetään vehnän (4.3.1) ja soijan (4.4.3) kohdalla esitettyjä arvoja.



## 4.2.4 Kala (kirjolohi)

Raportissa tukeudutaan kalanlihan tuotannon osalta vahvasti aikaisempaan tutkimukseen. Grönroos ja Silvenius ovat koostaneet inventaarion (ja inventaarioanalyysin) kirjolohen kasvatuksen vaatimista materiaalipanoksista (2003). Tässä raportissa tyydytään esittelemään tämän inventaarioanalyysin tuloksia materiaalipanoksien näkökulmasta, sekä jakamaan ne MIPS-menetelmän määrittelemiin luokkiin. Saadut suorat sähkö-, lämpö-, ja materiaalipanokset on esitetty taulukossa 12. Joidenkin keskeisimpien materiaalien MI-kertoimia on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 12. Kirjolohen kasvatuksen suoria materiaalipanoksia. Lähteet, ks. Liite 1.

Panos	Lähde	Määrä
Sähkönkulutus	7):35	1,64 MJ/kg
Lämmönkulutus	7)	0 MJ/kg
Lannoitteet rehun valmistuksessa	5),7)	0,03 kg/kg
Kalanrehun valmistustarve	7)	1,24 kg/kg
Kemikaalien käyttö	7)	0,005 kg/kg
Kalkin tarve rehun valmistuksessa	5),7)	0,04 kg/kg
Kuljetuslaatikot	7)	0,02 kg/kg
Nuoria kaloja	7)	0,014 kg/kg
Nuorten kalojen kuljetukset	7)	600 km

Taulukko 13. Kirjolohen kasvatuksen MI-kertoimia. Lähteet, ks. Liite 1.

Tarveaine	Lähde	abioot. (kg/kg)	bioot. (kg/kg)	vesi (kg/kg)	ilma (kg/kg)
Kalanrehun tuotanto	7)	0,76	3,0	120	4,9
Etanoli (ks. heksaani)	7)	0,29	0	72	0,1278

## 4.3 Vilja, leipä ja olut

Materiaalipanosta laskettaessa erilaisten viljakasvien kasvatus eroaa toisistaan vain vähän. Laskuteknisesti eri viljoille käytetään toki eri lukuja, kuten taulukossa 4 esitettyjen bioottisten kertoimien tapauksessa, mutta periaatteet ovat hyvin samankaltaiset. Viljan kasvatuksesta Suomen keskiarvojen tasolla puhuttaessa ovat kiinnostavia erityisesti keskisadot eli tietyn viljamäärän vaatimat hehtaarit ja hehtaarien määräämät keskimääräisen kalkituksen, lannoituksen ja torjunta-aineiden käytön tarpeet. Myös koneistus ja peltotyöt otetaan yllä kuvatulla tavalla huomioon. Sähköä ja polttoöljyä tarvitaan viljan kuivaukseen. Lisäksi kuljetukset eri tuotantolaitosten välillä ja leivän säilytys (3vrk, huoneenlämpö) on otettu huomioon.

### 4.3.1 Vehnä, ruis ja ohra

Vehnälle, rukiille ja ohralle käytetään luvun 4 alussa esiteltyjä oletusarvoja. Käytetyt lannoitussuositukset on esitetty taulukossa 14. Koska bioottisessa ker-  
toimessa on oletettu myös, että oljet korjataan pois pellostä (bioottiset kerto-  
imet ovat >1,5), on kaliumin tarve korkeampi kuin jos oljet levitettäisiin takai-  
sin peltoon. Ruis kylvetään syksyllä, vehnä keväällä.

Taulukko 14. Lannoitussuositukset vehnälle, rukiille ja ohralle (Farmit.net 2007c).

Viljakasvi	Typpi (N, kg/ha)	Fosfori (P, kg/ha)	Kalium (K, kg/ha)
Vehnä	120	15	50
Ruis	30	12	50
Ohra	110	15	50

Käytettäessä taulukon 14 tietoja voidaan ratkaista materiaalianokset eri vil-  
joille, kun tunnetaan vuoden 2004 viljelykasvien sato (TIKE 2005, ”Viljely-  
kasvien sato vuonna 2004”). Viljan kuivauksen vaatima polttoöljyn ja sähkön  
määrä saadaan Grönroos ym. (2001:43) inventaarioanalyysistä. Ohralle käy-  
tetään vehnän arvoja polttoöljyn ja sähkön kulutukselle, mutta virhe on pieni  
otettaessa huomioon viljan kuivauksen vähäinen merkitys lopullisissa materi-  
aalipanoksissa.

### 4.3.2 Leivän valmistus

Leivän valmistuksessa tarvitaan myllyssä viljasta valmistettuja jauho-  
ja, suolaa, hiivaa, sähköä ja vettä (Grönroos ym. 2001). Tässä jätetään hii-  
va energiaintensiivisestä valmistusprosessistaan huolimatta huomioi-  
matta. Hiivan tarve on leipäkiloa kohti niin pieni, että tässä esitetyllä  
MIPS-lukujen merkitsevyydellä sillä ei ole vaikutusta erilaisten leipien ma-  
teriaalipanoksiin. Hiiva jätetään huomioimatta myös sen takia, että tanskalai-  
nen vehnäleivän valmistus (Nielsen ym. 2003) olisi paremmin vertailukelpoi-  
nen ruisleivän valmistusprosessin kanssa (Grönroos ym. 2001). Näiden inven-  
taarioanalyysien pohjalta muodostettuja tuloksia tarkastellessa tulee kuitenkin  
huomioida, ettei hiivaa ole sisällytetty laskelmiin.

Ohralleivälle leivänvalmistusprosessin on oletettu olevan hyvin samankaltainen  
vehnäleivän valmistusprosessin kanssa, ja ohraleivän valmistukselle on näin ol-  
len käytetty vehnäleivän arvoja. Myös mahdollinen voin tai kasvirasvojen käyt-  
tö on jätetty tässä huomioimatta. Grönroos ym. (2001:10) antaa arviot ruisleivän  
valmistuksessa tarvittavien kuljetusten välimatkoille. Nämä arviot on esitetty  
taulukossa 15, ja niitä käytetään tässä raportissa eri leipätuotteille.

Taulukko 15. Leivän valmistuksessa tuotteen ja välituotteiden kulkemat matkat (Grönroos ym. 2001:10).

Välimatka	Kuljetetut kilometrit (km)
alkutuotanto–mylly	100
mylly–leipomo	130
leipomo–kauppa	50

Tunnettaessa rukiin ja vehnän kasvatusprosessi ja leivän valmistusprosessi, voidaan erilaisilla resepteillä valmistetuille leiville muodostaa arvioita niiden jatkojalostuksen materiaalipanoksesta. Tässä raportissa on esimerkkinä muodostettu leipä, jossa on 33 prosenttia ruista ja 67 prosenttia vehnää. Vastaavasti jatkojalostuksen kertoimet on muodostettu arvioimalla jatkojalostusta siten, että sen materiaalipanokset ovat 33 prosenttia ruisleivän valmistuspanoksista ja 67 prosenttia vehnäleivän valmistuspanoksista.

### 4.3.3 Olut (ohra)

Ohraoluen valmistuksessa käytetään ohran lisäksi sähköä, lämpöä, vettä ja hiilidioksidia. Australiassa tehty tutkimus (Narayansawamy ym. 2003) kartoittaa oluen valmistukseen tarvittavia materiaalipanoksia. Australialaiset arvot voidaan olettaa päteviksi Suomen oloissa, mutta lämmitysenergian tarve on välttämättä täällä suurempi. Siksi primäärienergian tarpeelle käytetään parempa arviota Virtanen ym. (2006:5) esittämää tulosta.

## 4.4 Peruna, sokerijuurikas ja soija

Viljan kasvatuksesta poiketen perunalla, sokerijuurikkaalla ja soijalla on erityisvaatimuksia kasvuolojensa ja viljelytapojensa suhteen. Tässä esitetään materiaalipanosten kannalta oleelliset piirteet näiden kasvien viljelystä ja jatkojalostuksesta.

### 4.4.1 Peruna

Tässä tutkitaan ruokaperunan viljelyä, jota ei jatkojalosteta vaan toimitetaan kauppiaille sellaisenaan. Perunan keskisato oli vuonna 2004 22930kg/ha (Tike 2005). Toisaalta perunaa kylvetään noin 25cm välein, 80cm välein tehtyihiin äestyksiin. Yhden perunanmukulan painaessa noin 35g tulee yhdelle neliömetrille perunoita noin 175g. Tällöin hehtaarin kylvämiseen kuluu perunanmukuloita (siemenperunaa) noin 1750kg. Lopulliseksi keskisadoksi saadaan siis  $(22930-1750)kg = 21180kg$ .

Perunan lannoituksessa on käytettävissä monia lähteitä. Ruokaperunalle voidaan kuitenkin käyttää Farmit.net:n esittämiä lannoitus suosituksia. Suositukset on esitetty taulukossa 16, oletuksella, että viljellyn maan kunto on tyydyttävä ja kyseessä on hieno hieta- tai moreenimaa.

Taulukko 16. Ruokaperunan viljelyssä käytetyt lannoitteet (Farmit.net 2007c).

Lajike	Typpi (N) (kg/ha)	Fosfori (P) (kg/ha)	Kalium (K) (kg/ha)	Kalsium (Ca) (kg/ ha)	Magnesium (Mg) (kg/ha)
Ruokaperuna, yleisimmät lajikkeet	65	55	130	-	20

Lannoituksen lisäksi käytetään taulukossa 4 esitettyjä yleislukuja kalkitukselle ja torjunta-aineille. Sen sijaan perunoiden sadetus tulee käsitellä erikseen. Yleisesti todetaan, että perunapeltoa joudutaan sadettamaan noin 100 millin sademäärän kompensoimiseksi. Jotta yhden hehtaarin sademäärä voitaisiin kompensoida, tarvitaan vettä noin 10<sup>7</sup> litraa. Tällöin, ottaen ym. hehtaarisadon huomioon, kilo perunakiloa kohden tarvitaan noin 47 litraa vettä.

Kuljetuksille käytetään arvoja taulukosta 5. Kauppiaan oletetaan säilyttävän perunaa noin 3 vuorokautta ennen ostotapahtumaa. Materiaalipanoksissa on jätetty huomioimatta muu perunan varastointi. Erityisesti alkujäähdytys on vaihe joka voisi olla materiaalipanosten kannalta merkittävä, mutta sitä ei ole huomioitu. Alkujäähdytyksen jälkeen kulutus tasaantuu.

#### 4.4.2 Sokerijuurikkaan kasvatusta ja sokerin valmistus

Sokerijuurikas on vaativa kasvi niin maan kunnan kuin hoidonkin puolesta. Tästä syystä sokerijuurikkapello tarvitsee paljon sekä kalkkia että lannoitteita. Lisäksi vain yhden sokeritehtaan toimiessa Suomessa sokerin toimitusmatkat venyvät erittäin pitkiksi. Tämä huomioidaan kuljetusmatkoissa.

Sokerijuurikkaan keskisato on 32 550 kg/ha (Tike 2005, ”Viljelykasvien sato 2004”). Lannoitteille saadaan arvot Farmit.net:n lannoitus suosituksista. Nämä arvot on esitetty taulukossa 17. Maan kunto oletetaan yhtenäisyyden vuoksi tyydyttäväksi savimaaksi. Lisäksi taulukossa 18 on esitetty taulukosta 5 muutettut kalkitusmäärät ja toimitus etäisyydet. Muutoin käytetään luvun alussa esitettyjä arvoja.

Taulukko 17. Sokerijuurikkaan lannoitussuositukset (Farmit.net 2007c).

Lajike	Typpi (N) (kg/ha)	Fosfori (P) (kg/ha)	Kalium (K) (kg/ha)	Natrium (Na) (kg/ha)	Magnesium (Mg) (kg/ha)
Sokeri- juurikas	150	60	85	50 (mg/l=70–100)	20

Taulukko 18. Sokerijuurikkaan eriävä kalkitusmäärä ja toimitusetäisyydet.

Muuttunut suure	Uusi arvo
kalkitus	700 kg/ha
alkutuotanto–sokeritehdas	200 km
sokeritehdas–kauppa	400 km

Sokerijuurikkaan jalostus sokeriksi on hyvin energiaintensiivistä, yhden sokerikilon tuottamiseksi tarvitaan 6MJ lämpöä (Nielsen ym. 2003). Wuppertal Institutissa lämmöntarve on arvioitu vielä suuremmaksi, mutta tässä tyydytään käyttämään tanskalaisia arvoja. Nielsen ym. (2003) esittävät myös tarvittavat jatkojalostuksen suorat materiaalipanokset.

#### 4.4.3 Soija ja soijaöljy

Soijan tuotanto on tässä raportissa monella tapaa erikoistapaus. Ensinnäkin soijan alkutuotanto ja jatkojalostus sijaitsee Brasiliassa, jossa lannoitteiden, kalkin, torjunta-aineiden ja jopa sähkön käyttö on hyvin erilaista kuin Suomessa. Tässä nämä erikoistapaukset huomioidaan siten, että käytetään Grönroos ym. (2003) esittämiä arvoja soijan kasvatukselle Brasiliassa. Grönroosin inventaarioanalyysissä on mukana lannoitteiden käyttömäärät, maankäyttö ja erilaisten kemikaalien tarkempi erittely. Lannoitteille käytetään tässä kuitenkin taulukon 2 MI-kertoimia, eli oletetaan N-, P-, ja K-lannoitteiden valmistus vastaavaksi kuin Euroopassa. Myös sähköntuotanto oletetaan toimivan samoilla MI-kertoimilla kuin Suomessa. Tämä voi olla kuitenkin virhelähde soijan materiaalipanoksissa; Brasilian sähköntuotanto lienee materiaalipanoksiltaan tehottomampaa kuin Suomen sähköntuotanto.

Toisaalta soija tulee Brasiliasta Suomeen laivakuljetuksina. Suomessa on tehty tutkimusta meriliikenteen tarvitsemista materiaalipanoksista, ja taulukossa 2 on esitetty merikuljetuksen MI-arvot per kilogrammakilometri. Nämä arvot on esitetty välille New York-Helsinki (Lindqvist ym. 2005). Tässä tätä merimatkaa käytetään arvioimaan matkaa Brasiliasta Helsinkiin. On selvää, että arvio kuljetuksen materiaalipanoksesta on tällöin pienempi kuin todellinen materiaali-

panos kuljetukselle. Tämän mahdollisia vaikutuksia tuloksiin tarkastellaan luvussa 5. Lisäksi tulee huomioida soijan kuljetukset satamasta eteenpäin. Näille kuljetuksille asetettiin pituudeksi täydellä kuormalla noin 200 km.

Soijan materiaalipanoksen voidaan siis ratkaista, kun tunnetaan soijan valmistuksen inventaarioanalyysi ja kuljetusten tarve. Soijan valmistuksen sivutuotteena saadaan kuitenkin myös soijaöljyä, jota voidaan käyttää kasviöljynä esimerkiksi levitteissä. Grönroos ym. (2003:14-15) tulosten avulla voidaan ratkaista arvio myös soijaöljyn materiaalipanoksille. Yllämainitussa tutkimuksessa edetään siten, että ensin tehdään inventaarioanalyysi soijapapujen valmistukselle. Soijapavuista voidaan puolestaan valmistaa soijarehua (soya meal). Kuitenkin soijarehua tuotettaessa syntyy myös soijaöljyä. Soijarehu jalostetaan edelleen soijakonsentraatiksi (soy concentrate, Grönroos ym. 2003).

Grönroosin ym. (2003:14) tuloksissa mainitaan, että allokointi soijaöljyn ja soijarehun välillä on tehty massa-allokoinnilla. Kunkin soijarehukilon valmistuksen yhteydessä syntyy 174g soijaöljyä. Tällöin soijaöljylle saadaan materiaalipanoksen allokoimalla sille noin 15 prosenttia soijarehun tuotannon materiaalipanoksesta. Huomioidaan myös, että Grönroos ym. (2003) muodostavat soijakonsentraatin materiaalipanokset massa-allokoinnin perusteella siten, että kaikki soijaöljyn materiaalipanokset on allokoitu soijakonsentraatin valmistukselle.

Tällöin voidaan ratkaista soijaöljyn ja soijakonsentraatin materiaalipanoksen. Saadaan, että soijarehun ja öljyn materiaalipanoksista 15% tulee soijaöljylle, ja 85% soijarehulle. Soijarehun tapauksessa myös jalostus soijakonsentraatiksi tulee huomioida. Tämän lisäksi molempien tuotteiden materiaalipanokseen tulee erikseen lisätä kuljetukset Brasiliasta eteenpäin ja säilytys kaupassa (3 vrk, huoneenlämpö).

Soijan eri tuotteiden osalta on siis päädytty massa-allokointiin. Päätös johtuu toisaalta siitä, että massa-allokointi oli jo tehty Grönroosin tutkimuksessa, ja toisaalta siitä ettei soijakonsentraatti tai soijaöljy ole niin keskeisiä tämän raportin osa-alueita, että esimerkiksi proteiini- ja rasvaperusteiseen allokointiin olisi syytä ryhtyä. Jos sellainen kuitenkin päätettäisiin tehdä, lienee hyvä huomata, että soijakonsentraatissa on proteiinia noin puolet kokonaispainosta, ja soijaöljy on kokonaan rasvaa. Tällöin soijaöljyn materiaalipanoksen nousisi soijakonsentraatin materiaalipanoksen laskiessa.

## **4.5 Hedelmät, marjat ja vihannekset**

Edellä esitellyissä elintarvikeryhmissä on pystytty löytämään luotettavia lähteitä käytetyille arvioille. Seuraavissa materiaalipanoksissa on mukana huomattavasti enemmän epävarmuutta, lukuun ottamatta kasvihuonekurkkua, jonka tuotantopanoksia on tutkittu aiemmin ansiokkaasti (Mikkola 2006). Esimer-

kiksi lakkojen poimintaa suoritetaan hyvin erilaisin menetelmin, eikä tarkkaa tutkimustietoa ole saatavilla. Erilaisia marjoja käsiteltäessä tutkimuskenttä laajenee entisestään.

Tässä pyritään esimerkkien avulla kartoittamaan hedelmien ja marjojen elintarvikekäytön materiaalipanoksia. Aluksi tarkastellaan kuitenkin kurkkujen ja tomaattien tuotantoa Suomessa, ensin kurkun ympärivuotisen kasvihuonetuotannon ja sen jälkeen kansallisten keskiarvojen kautta. Avomaan kurkku jätetään tässä raportissa huomioimatta.

#### 4.5.1 Kurkut, ympärivuotinen kasvihuonetuotanto

Mikkola (2006:31) esittää seuraavat arvot sähkön- ja lämmönkulutukselle kurkun kasvihuonetuotannossa ympärivuotisessa viljelyssä: yhden kurkkukilogramman tuottamiseen tarvitaan 65 MJ sähköä ja 25 MJ lämpöä. Tulokset ovat myös lähellä toisiaan, puhuttiinpa sitten tutkimuksessa huomioidusta kaupapuutarhaliiton mallilaskelmasta tai todellisen tilakohtaisen kulutuksen mittaamisesta. Suuren sähkönkulutuksen rinnalla muut materiaalipanokset jäävät vähäisiksi. Tässä raportissa huomioidaan kuitenkin vielä lannoitus, kastelu ja tuotteen kuljetukset. Lisäksi torjunta-aineille käytetään luvun alussa esiteltyä Suomen keskiarvoa raakana arviona niiden käytön edellyttämille materiaalipanoksille.

Lannoitteiden määrinä käsitellään Suomen keskiarvoja samoin kuin Mikkolan (2006:19) tutkimuksessa. Tällöin ympärivuotisessa viljelyssä oletetaan käytettäväksi 50 prosentilla alustoista kivivillaa, ja 50 prosentilla alustoista turvetta (lannoitteiden käyttömäärät ovat 5-10 prosenttia suuremmat kivivilla-alustoilla viljeltäessä). Ympärivuotisessa viljelyssä kivivillassa käytetään typpeä noin 9000kg/ha, fosforia 1500kg/ha ja kaliumia 12000kg/ha (Mikkola 2006:19). Tällöin keskimääräiseksi kurkunviljely-neliömetrin lannoitusmääräksi tulee vuodessa milligrammoina

$$\frac{1}{2}(L_{\text{kivivilla}} + L_{\text{turve}}) = \frac{1}{2}(L_{\text{kivivilla}} + 0,925L_{\text{kivivilla}}) = [8662,5 \quad 1443,75 \quad 11550],$$

missä  $L_{\text{kivivilla}} = [9000 \quad 1500 \quad 12000]$  ja turvealustojen lannoitusmäärälle käytetään arviota, jonka mukaan se on 92,5 prosenttia kivivilla-alustojen lannoitusmäärästä.

Toisaalta ympärivuotisen viljelyn satomäärä on 93 kg/m<sup>2</sup> (Mikkola 2006). Tällöin yhtä kilogrammaa kurkkua kohden tarvitaan  $\frac{1}{93} L_{\text{kivivilla}}$  kilogrammaa lannoitteita.

Kuljetuksille käytetään arviota, jonka mukaan kurkkujen keskimääräinen kuljetusetäisyys alkutuotannosta kauppiaille on 50 kilometriä. Kastelulle saadaan lukuarvot Grönroosin ja Nikanderin (2002, taulukko 5) kasvihuoneilla teettämästä kyselytutkimuksesta. Lähteen mukaan kasteluvettä kulutetaan noin tuhat litraa neliometriä kohden vuodessa. Tästä voidaan ratkaista vettä tarvittavan kurkkukiloa kohden noin 24 litraa. Lisäksi kasvihuoneiden kasvualusta kuuluu maaperäMIPSiin, sillä sekä turve että kivivilla voidaan lukea viljelyä varten siirretyksi maaperäksi.

#### 4.5.2 Kasvihuonekurkut ja -tomaatit, kansallinen keskiarvo

Koska ympärivuotisen viljelyn tarvitsema sähkön ja lämmön määrä on hyvin korkea, voidaan nähdä mielekkäänä tarkastella erikseen Suomen keskiarvoja kurkulle Mikkolan (2006) tutkimuksen perusteella. Tomaatille käytetään lähtökohtana Mikkolan tutkimusta, mutta muokataan saatuja tuloksia tomaatille sopivaksi käyttäen apuna Grönroosin ja Nikanderin (2002) tekemää kyselytutkimusta kasvihuonetuotannosta ja vuoden 2004 puutarhayritysrekisteriä (Tike 2005).

Kurkuntuotannon keskimääräistä materiaalipanosta voidaan lähestyä Mikkolan (2006) tutkimuksen kautta. Mikkolan raportissa ei aineistona ollut koko suomalainen kurkun kasvihuonetuotanto. Aineisto koostui ympärivuotista tuotantoa harjoittavista tiloista, jossa luonnonvaloa täydennetään sähkövalolla ja talvikauden tuotanto perustuu 'valoviljelyyn'. Lisäksi kausiviljelyn sadon tuli olla yli 10kg/m<sup>2</sup> ja perinteisessä viljelyssä yli 25kg/m<sup>2</sup> (Mikkola 2006:24-25). Kausiviljely viittaa viljelyyn ilman keinovalaistusta joka kestää tyypillisesti 4kk vuodessa. Perinteinen viljely viittaa viljelyyn ilman keinovalaistusta, joka kestää tyypillisesti noin 8kk vuodessa. Tällöin tutkittujen yritysten osuus Suomen kurkkutuotannosta oli kilogrammoina seuraava: ympärivuotisen kurkunviljelyn osuus oli 13,1 prosenttia, perinteisen viljelyn 7,1 prosenttia ja kausiviljelyn 2,4 prosenttia (Mikkola 2006:25). Kokonaiskattavuus Suomen kurkuntuotannosta on siis 22,6 prosenttia. Taulukossa 19 on kerrattu Mikkolan esittämiä tuloksia.

Taulukko 19. Erityyppisten kasvihuonekurkun viljelytapojen sähkön ja lämmönkulutus sekä keskimääräiset satotasot Mikkolan (2006) mukaan.

Viljelytapa	sähkönkulutus (MJ)	lämmönkulutus (MJ)	satotaso (kg/ha)
ympärivuotinen	65	25	93
perinteinen viljely	1	38	35
kausiviljely	2	25	23



Seuraavaksi pyritään muodostamaan arvio erilaisten viljelytapojen keskinäisestä suhteesta koko Suomessa. Vuoden 2004 puutarhayritysrekisteri antaa keskiarvoksi kasvihuonekurkun sadolle noin  $41\text{kg/m}^2$  (Tike 2005). Hyvin lähelle tätä arvoa päästään Mikkolan raportin satotasoilla (taulukko 19), kun ympärivuotisen kurkun tuotannon arvioidaan käsittävän 20 prosenttia Suomen tuotannosta, ja sekä perinteisen- että kausiluontoisen viljelyn molempien 40 prosenttia Suomen tuotannosta. Tällöin kasvihuonekurkun sato on taulukossa 19 esitettyjen lukuarvojen mukaan  $42\text{kg/m}^2$ . Oletetaan, että arvioidut tuotantomäärät pitävät paikkansa yhden merkitsevän luvun tarkkuudella. Tällöin voidaan ratkaista arvio Suomen kurkuntuotannon materiaalipanosten keskiarvolle samojen tekijöiden suhteen kuin ympärivuotisessakin tuotannossa, mutta käyttäen taulukossa 19 esitettyjä arvoja ja edellisessä luvussa esitettyjä lannoitusmääriä. Tällä tavoin muodostettu luku on kuitenkin vain laskennallinen arvio. Esimerkiksi keskimääräinen sähkönkulutus kurkkukiloa kohti on tällöin 14 MJ ja lämmönkulutus 30 MJ.

Tomaatin kasvihuonetuotantoa voidaan tutkia samoin menetelmin kuin Mikkola (2006) tutki kurkuntuotantoa. Vuoden 2004 puutarhayritysrekisteristä saadaan keskiarvo tomaattien tuotantomäärälle Suomessa:  $29,5\text{ kg/m}^2$  (Tike 2005). Oletetaan sama lannoitustaso kuin kasvihuonekurkulle kivivillalla (Mikkola 2006:19). Lisäksi oletetaan sama keskimääräinen kuljetusmatka, 50km alkutuotannosta kauppiaille. Kastelulle saadaan Grönroosin ja Nikanderin tutkimuksesta (2002, taulukko 5) arvio 800 litraa neliömetrille, mistä voidaan ratkaista 27 litraa vettä tomaattikiloa kohden.

Sähkönkulutuksen oletetaan olevan lähellä kasvihuonekurkulle edellä muodostettua kansallista keskiarvoa. Todennäköisesti tämä arvio on kasvihuonetomaatin kohdalla hieman liian alhainen: tomaatin satotason ollessa matalampi (Tike 2005:58, ”Puutarhayritysrekisteri 2004”) myös kasvihuonealaa, eli sähköä ja lämmitystä, tarvitaan enemmän saman kilomäärän tuottamiseksi. Vaillinaisen aineiston vuoksi tätä arviota ei voida kuitenkaan parantaa. Tässä esitetään, että kasvihuonetomaatilla keskimääräinen sähkönkulutus on 20 MJ ja lämmönkulutus 30 MJ tomaattikilogrammaa kohti. Arvion voidaan toivoa pitävän paikkansa yhden merkitsevän numeron tarkkuudella.

### **4.5.3 Hedelmät (omena)**

Omenan Suomen keskisadoksi saadaan  $5383\text{kg/ha}$  (Tike 2005, ”Puutarhayritysrekisteri 2004”). Kalkituksessa voidaan käyttää arviota  $600\text{kg/ha}$  vuodessa (esim. [www.kotitaimi.fi](http://www.kotitaimi.fi)). Torjunta-aineille käytetään Suomen keskiarvoa (taulukko 5). Oletetaan lisäksi, että keskimäärin hehtaarilla on noin 2000 puuta, joista 25 prosenttia on nuorta kasvustoa. Lisäksi polttoaineen kulutusta omenatarhan hoitotoissa ja välineistön kulumista arvioidaan käyttäen tavallisen peltoviljelyn arvoja.

Lannoitukseen on saatavilla ohjeet Farmit.net:stä (2007d). Ohjeita hyödynnetäessä oletetaan, että viljely tapahtuu tyydyttäväkuntoisilla, multaisilla savi- ja hiesumaille, voimakkailla perusrungoilla ja muovikatteella. Lisäksi oletetaan, ettei tihkukastelua käytetä. Taulukossa 20 on esitetty käytetyt arvot.

Taulukko 20. Omenanviljelyksen yhteydessä tehty vuosittainen lannoitus (Farmit.net 2007d).

Lannoitustyyppi/kohde	Typpi, N (kg/ha)	Fosfori, P, (kg/ha)	Kalium, K, (kg/ha)
syyslannoitus	40	30	60
nuorkasvustoille/1000 puuta	16	9	31
satoikäisille/1000 puuta	9,4	0	9

Tällöin yhdelle omenahehtaarille saadaan typpeä, fosforia ja kaliumia:

$$\left\{ \begin{array}{l} N : 40 \text{ kg / ha} + \frac{2000}{1000} * (16 \text{ kg / ha} * 0,25 + 9,4 \text{ kg / ha} * 0,75) \approx 62 \text{ kg / ha} \\ P : 30 \text{ kg / ha} + \frac{2000}{1000} * (9 \text{ kg / ha} * 0,25) \approx 34,5 \text{ kg / ha} \\ K : 60 \text{ kg / ha} + \frac{2000}{1000} * (31 \text{ kg / ha} * 0,25 + 9 \text{ kg / ha} * 0,75) \approx 89 \text{ kg / ha} \end{array} \right.$$

eli yhteensä noin 190kg/ha.

Omenan jatkojalostus ei ole tarpeen, jolloin tunnettaessa hehtaarisadot ja tarvittavat lannoitteet, kalkitus, torjunta-aineet, peltotöiden ja koneistuksen aiheuttamat materiaalipanokset, on jäljellä enää kuljetusten huomioiminen. Omenan kuljetusmatkana alkutuotannosta kauppiaille käytetään taulukon 5 arvoa, 50 kilometriä.

#### 4.5.4 Marjat (lakka, mansikka)

Lakan ja mansikan materiaalipanoksia tyydytään vain lyhyesti arvioimaan. Erityisesti lakan tapauksessa arviot ovat ainoa tapa muodostaa minkäänlaisista lukuarvoja materiaalipanokselle. Myöskään mansikan viljelykseen ei perehdytty tarkasti.

Lakkoja poimittaessa oletetaan, että matkat lakkapaikalle tehdään henkilöautolla, 200 kilometriä edestakaisin. Lisäksi oletetaan, että jokaista 200 kilometriä kohden saadaan kerättyä niin paljon lakkaa, että sen paino nousee sokeroituna kahteensataan kiloon. Ajoneuvokilometrit ovat lakan poiminnan suurimmat materiaalipanokset aiheuttava tekijä. Myös esimerkiksi tiettyjen varusteiden, erityisesti sangon valmistuksen materiaalipanokset tutkittiin, mutta käyttökertojen ollessa noin sata jää yksittäisen lakkakilon (20 kilon sangossa) osuus sangon materiaalipanoksessa hyvin vähäiseksi.

Ajoneuvokilometrien ollessa keskeisessä osassa lakan poiminnan materiaali-panokselle saisi muodostettua realistisemmän arvion esimerkiksi kyselytutkimuksella. Siihen ei tämän raportin puitteissa kuitenkaan ryhdytty.

Mansikan kasvatuksessa käytetään kuvassa 1 esitettyä systeemirajausta. Mansikan tuotannossa otettiin huomioon alkukalkitus, lannoitus, torjunta-aineiden käyttö Suomen keskiarvona, polttoaineen ja koneiden kuluminen pellolla, sekä mansikan kuljetukset (100 km) ja säilytystapa (huoneenlämmössä 3 vrk). Mansikan sadoksi saadaan 2701,2 kg/ha (Tike 2005:94, ”Puutarhayritysrekisteri 2004”).

Mansikkamaata ei voi kalkita viljelyksen aikana (jo suojamuovienkin takia), joten alkukalkitus on oleellinen. Tässä esitetään alkukalkituksen vuotuiseksi kalkinmääräksi 200kg/ha. Lisäksi lannoituksen suuruudeksi arvioidaan yhteensä n. 200kg/ha NPK-lannoitetta vuodessa. Tämän lisäksi tarvitaan arvio muovikatteelle ja sen materiaalipanoksille, joka on annettu taulukossa 2.

Vaikka katteeseen voitaisiin käyttää myös kevyempää polyeteeni-LD:tä, voidaan polyeteeni-HD:n arvoja käyttää tässä arvioitaessa muovikatteen materiaalipanosten kokoluokkaa. Kun oletetaan, että muovikatteen täytyy olla noin puoli millia paksu, ja hehtaaria kohden sitä tarvitaan noin 200 kertaa 200 metriä, saadaan (polyeteeni LD:n tiheyden ollessa 0,92kg/dm<sup>3</sup>) polyeteenin kokonaistarpeeksi noin 180kg/ha.

## 5 Tulokset

Yllä esitetyin laskentaperustein saadaan taulukossa 21 esitetyt tulokset. Taulukon 21 tuloksiin on liitetty ns. kokonaismateriaalipanosta kuvaava TMR-luku, joka voidaan ratkaista MIPS-arvoista seuraavasti.

$$TMR[kg/kg]=abioottinen[kg/kg]+biottinen[kg/kg]+eroosio[kg/kg].$$

Taulukko 21. Eri elintarvikeryhmien keskimääräinen materiaalipanosa kaupan hyllyssä.

Tuoteryhmä	TMR-luku (kg/kg)	MIPS-arvot (kg/kg)					
	TMR	abioottinen	biottinen	vesi	ilma	eroosio	maaperä
maito	4,4	1,1	3,0	31	0,09	0,31	270
voi	37,6	9,8	25	210	0,67	2,6	2300
levitteet, soijaöljy	28,8	7,6	19	160	0,7	2,0	1800
levitteet, rypsiöljy	30,2	8,3	20	170	0,56	2,2	1900
juusto	43,2	11	29	260	1,1	3,0	2700
naudanliha	45,9	12	31	439	0,99	3,2	2800
sianliha	21,2	8,3	10	240	1,9	2,8	2400
kirjoloihen liha	7,6	2,7	4,7	270	0,83	0,17	150
broilerin liha	12,9	7,0	4,6	230	1,5	1,2	1100
kananmunat	10,8	5,7	4,0	140	1,0	1,1	940
soija	3,0	1,3	1,4	160	0,92	0,35	310
olut	1,9	1,5	0,31	280	0,51	0,085	75
ruokaperuna	2,0	0,29	1,7	52	0,02	0,080	71
sokeri	5,1	3,1	1,6	24	0,8	0,38	340
vehnäleipä	2,7	1,1	1,3	20	0,14	0,35	310
ruisleipä	2,8	1,6	0,8	110	0,21	0,29	260
sekaleipä	2,7	1,3	1,1	99	0,21	0,34	300
ohraleipä	2,9	1,1	1,4	21	0,15	0,39	340
tomaatti	9,4	8	1	790	4,0	0,006	36
kurkku (ka)	8,4	7	1	570	4,0	0,004	25
kurkku (ympäri- vuotinen)	15,2	14	1,4	2500	7,0	0,002	11
omena	2,0	1	1	7	0,01	0,32	93
lakka	3,0	2	1	17	0,20	0	0
mansikka	2,8	1	1	18	0,20	0,63	560

Tulosten käyttökelpoisuuden lisäämiseksi esitetään lisäksi taulukossa 22 muutamien välituotteiden MIPS-arvot. Näissä luvuissa ei ole mukana kuljetuksia tai säilytystä. Luvut on saatu yllä esitetyin laskentaperustein. Osa välituotteiden MIPS-arvoista on esitetty jo edellä, luvun 4 alussa.

Taulukossa 21 esitettyjen arvojen tarkkuus on kaksi merkitsevää lukua, mutta tarkkuus on joissain tapauksissa epävarma. Esimerkiksi kuljetusten pituutta ei ole eri tuotteille varmennettu, vaan ne on tuotettu aikaisempien arvioiden pohjalta. Seuraavaksi pyritään arvioimaan tuloksia tarkemmin ja selvittämään, missä määrin saadut tulokset ovat luotettavia.

Taulukko 22. Välituotteiden MIPS-arvoja.

Välituotteet	MIPS-arvot (kg/kg)					
	abiottinen	bioottinen	vesi	ilma	erosio	maaperä
raakamaito	0,86	2,7	20	0,030	0,29	270
ruis	1,6	2,0	16	0,019	0,71	630
vehnä	1,1	1,8	12	0,015	0,50	440
ohra	1,2	2,0	13	0,016	0,55	490
kaura	1,2	2,0	13	0,016	0,55	490
sokerijuurikas	0,17	2,0	1,4	0,0018	0,052	46
soijaöljy	0,68	0,19	18	0,67	0,047	42
rypsiöljy	3,4	2,4	46	0,25	0,70	620

Tässä vaiheessa voidaan kiinnittää huomiota taulukossa 21 esitettyihin ruisleivän ja vehnäleivän arvoihin. Ruisleivän ja vehnäleivän arvot poikkeavat toisistaan moninkertaisesti veden kulutuksen kohdalla, vaikka niiden tuotantoprosessit muistuttavat materiaalipanosten kannalta hyvin paljon toisiaan. Poikkeama johtuu siitä, että lähteestä riippuen on esitetty tuotteiden valmistamiselle joko pelkkä sähkönkulutus (Grönroos ym. 2001) tai sekä sähkön- että lämmönkulutus (Nielsen ym. 2003). Sähköntuotannossa kuluu Suomen oloissa enemmän vettä kuin lämmöntuotannossa vesivoiman käytön takia (padottu vesimassa huomioidaan sähköntuotannossa, Nieminen ym. 2005). Tuloksissa on siis jouduttu oletamaan, että myös sähköllä tuotetaan lämpöä, mikä on käytännössä harvinaista ja epätaloudellista. Tämän takia veden MIPS-arvoissa on epätarkkuutta.

Sianlihan suhteellisen alhaiseen veden kulutukseen on syynä se, että Aro-Heinilän (2002) tutkimuksessa oli joulukinkun kasvatukselle esitetty vain tarvittu lämmityksen arvot. Vesiarvot muodostuvat useimpien elintarvikkeiden kohdalla sähkön tuotannon yhteydessä padotusta vedestä, minkä takia pelkän lämmi-

tyksen huomiointi laskee veden kulutusta. Vastaavasti sähkölämmitteiset kasvihuoneet tarvitsevat paljon sähköä, mistä seuraa myös suuri veden MIPS-arvo.

Maaperä- ja eroosioluvut ovat useimpien elintarvikkeiden kohdalla suoraan riippuvaisia tarvittua viljelypinta-alasta. Tästä poikkeuksena ovat kasvihuoneessa kasvatetut vihannekset, joiden eroosio- ja maaperäluvut huomioivat koko kasvualustan. Maaperäluvut kertovat siirretyn maan painon. Käytännössä tämä tarkoittaa kynnettäessä käännettyä maata elintarvikekiloa kohden. Kasvihuonevihannesten osalta viitataan tarvittuun kasvualustan painoon. Luonnonvaraisten marjojen eroosio- ja maaperäluvut ovat molemmat tasan nolla.

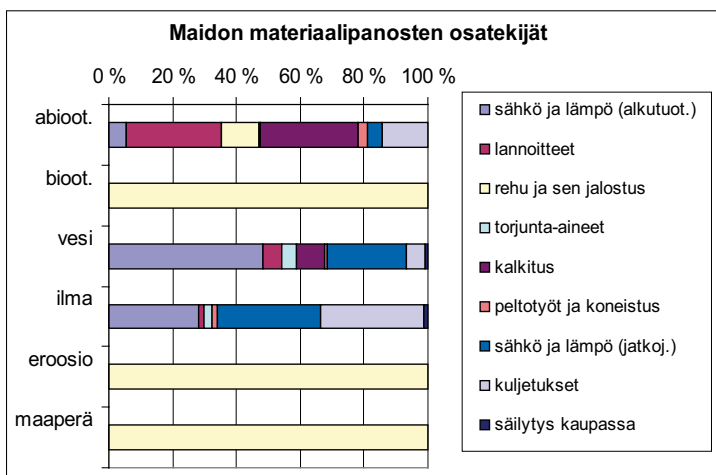
Taulukoissa 21 ja 22 esitetyt arvot on ratkaistu liitteessä 2 esitetyn laskentataulukon kaltaisen taulukoinnin avulla. Liitteen 2 taulukosta voidaan ratkaista myös tuotannon eri osatekijöiden vaikutus materiaalipanokseen. Elintarvikkeiden osatekijöiden vaikutukset on esitetty liitteessä 3. Seuraavaksi tarkastellaan tuloksia osatekijöiden kannalta ja suoritetaan herkkyysanalyysi taulukon 21 lukujen pohjalta, tärkeimpiä materiaalipanoksen osatekijöitä varioimalla.

## 5.1 Tulosten tarkastelu

Tarkastellessa taulukossa 21 esitettyjä MIPS-arvoja, voidaan havaita liha- ja maitotuotteiden arvojen olevan suhteellisen suuria. Myös kasvihuoneessa kasvatettujen vihannesten (kurkku, tomaatti) MIPS-arvot ovat suuria, eroosio- ja maaperäarvoja lukuun ottamatta. Toisaalta taas perunan, soijan, oliivin ja leipien MIPS-arvot ovat suhteellisen pieniä. Myös hedelmien ja marjojen MIPS-arvot jäävät pieniksi.

Voidaan myös kiinnittää huomiota siihen, että sokerin abioottinen MIPS-arvo nousee korkeammaksi kuin kalanlihan vastaava arvo. Sokerin korkeaan abioottiseen MIPS-arvoon vaikuttaa sen jatkojalostuksen korkea sähkönkulutus (Nielsen ym. 2003). Toisaalta kalanlihan MIPS-arvot ovat matalia muihin liha- tuotteisiin verrattaessa. Soijan kuljetukset Brasiliasta erottuvat hieman kohollaan olevana abioottisena MIPS-arvona ja selvästi kohonneena ilman MIPS-arvona.

Jotta voitaisiin muodostaa tarkempi kuva taulukossa 21 esitettyjen MIPS-arvojen muodostumisesta, on liitteessä 3 eritelty eri elintarvikeryhmien materiaalipanoksiin vaikuttavat tekijät. Nämä on puolestaan muodostettu liitteen 2 esimerkin mukaisten laskentataulukoiden avulla saaduista lukuarvoista. Esimerkiksi liitteessä 2 muodostetuille maidon MIPS-arvoille saadaan kuvassa 3 esitetty erittely.



Kuva 3. Maidon materiaalipanosten osatekijät liitteen 2 laskentataulukon mukaan.

Kuvassa 3 maidon materiaalipanokset on jaoteltu eri tuotannontekijöiden mukaan. Kuvasta nähdään, että sekä bioottinen MIPS-arvo että eroosion ja maaperän MIPS-arvot muodostuvat pelkästään rehun ja sen jalostuksen kautta. Bioottinen arvo muodostuu siirrettäessä rehua biosfääristä teknosfääriin. Maaperän muokkaus on myös rehun kasvattamiseksi tehtyä toimintaa, jolloin on luontevaa laskea se kokonaisuudessaan rehun materiaalipanokseksi.

Sen sijaan ilman, veden ja abioottisten aineiden materiaalipanoksilla on useita eri lähteitä. Kuvasta 3 voidaan havaita, että ilman materiaalipanokset muodostuvat pääosin kuljetuksista ja jatkojalostuksen sekä alkutuotannon aikaisesta sähkön- ja lämmönkulutuksesta. Tämä tukee näkemystä, että ilman MIPS-arvoa voitaisiin käyttää indikaattorina tuotannon yhteydessä kaasupäästöjä aiheuttavien osatekijöiden suhteelliselle suuruudelle, kuljetusten ja sähkön- sekä lämmöntuotannon ollessa näistä keskeisimpiä. Muille elintarvikeryhmille liitteessä 3 esitetyt ilman MIPS-arvojen osatekijät tukevat tätä näkemystä, vaikka sekä hedelmien että marjojen tapauksessa yhteys ilman MIPS-arvon ja yllämainittujen osatekijöiden välillä näyttää puuttuvan. Lisäksi esitettyihin kuvaajiin vaikuttaa soijarehun kuljetusten huomioiminen vain rehun jalostuksen yhteydessä (soijarehun tuotannon ja kuljetuksen ilman MIPS-arvosta noin 85 prosenttia muodostuu kuljetuksesta, ks. liite 3 kuva L11). Asiaa tulisi tutkia tilastollisesti edelleen. Tässä esitetty aineisto viittaa kuitenkin siihen, että ilman MIPS-arvolla ja ilmaan päätyvien kaasupäästöjen välillä on havaittavissa yhteys. Ilman MIPS-arvo ei kuitenkaan ota kantaa siihen, minkä tyyppisiä nämä kaasupäästöt ovat.

Kuvassa 3 esitetyt maidon tuotannon veden kulutuksen osatekijät jakautuvat samoin kolmeen tärkeimpään osatekijään: kuljetuksiin ja alkutuotannon sekä jatkojalostuksen aikaiseen sähkön- ja lämmönkulutukseen. Jako ei ole kuitenkaan

aivan niin selvä kuin ilman kohdalla, eikä se ole yleistettävissä koko aineistoon. Esimerkiksi ohraleivän valmistuksessa noin 30 prosenttia veden MIPS-arvosta muodostuu muista lähteistä (liite 3, kuva L17 ). Veden MIPS-arvon muodostumisessa erityisen tärkeässä osassa on kuitenkin sähkön käyttö. Tämä johtuu siitä, että Suomessa käytetään runsaasti vesivoimaa, joka lisää sähköntuotannon tarvitseman veden määrää<sup>5</sup>. Tämä johtaa siihen, että ehkä hieman yllättäen veden MIPS-arvo ei Suomen oloissa ensisijaisesti kerro kastelun tai teollisen tuotannon prosessiveden tarpeesta. Yleisesti ottaen veden MIPS-arvo indikoi heikosti sähkön kulutuksen määrää, mutta on myös tapauksia, joissa veden koko kulutus muodostuu kastelusta (esim. ruokaperuna, liite 3, kuva L13). Veden MIPS-arvolla voidaan nähdä funktio vesipulassa toimiville tuotantjärjestelmille. Tällöin vesivoiman käyttö on erittäin epätodennäköistä, jolloin veden MIPS-arvon tulisi raportissa saatujen tulosten pohjalta indikoida tarvittun kasteluveden ja teollisen prosessiveden määrää. Suomen kaltaisessa valtiossa, jossa vedestä ei ole pulaa, veden MIPS-arvo esittää arvion ihmisen puuttumisesta luonnon vesitalouteen.

Abioottisten materiaalipanosten osatekijät ovat kaikkein tasaisimmin jakautuneita. Kuvassa 3 voidaan havaita keskeisimpinä tekijöinä lannoitus ja kalkitus, mutta myös rehun jatkojalostus ja kuljetus näyttelevät suhteellisen suurta osaa. Myös sähkön ja lämmön tuotannolla on abioottisessa materiaalipanoksessa selvä prosentuaalinen osuus. Nämä viisi tekijää ovat vaihtelevassa tärkeysjärjestyksessä tärkeimmät osatekijät myös muita elintarvikeryhmiä tarkasteltaessa (ks. liite 3).

Rehun jatkojalostuksen arvot on arvioitu soijan tuotantoa lukuun ottamatta rypsirehun valmistuksen arvoilla, mikä on suurimmassa osassa rehuntuotantoa hieman liioiteltu arvio. Soijan tuotannon tapauksessa näin ei ole menetelty, mutta raportissa käsitellyssä lihantuotannossa ei koskaan käytetä rehua vain soijaa.

Tämä aiheuttaa lievää ylöspäin arviointia rehun jatkojalostusarvoissa. Toisaalta sähkön- ja lämmöntuotannon tarve kasvaa erityisesti sen mukaan, mitä enemmän alkutuotannossa saadut tuotteet tarvitsevat jatkojalostusta (esim. sokerin ja ruisleivän tuotanto). Toisaalta myös lihan ja kananmunien tuotanto nostaa sähkön ja lämmön tarvetta lämmityksen, automaation ja valaistuksen muodossa. Riippumatta tuotannon tyypistä on kotimaisten elintarvikkeiden tapauksessa aina suuressa roolissa lannoitus, kalkitus ja kuljetukset, yleensä tässä suuruusjärjestyksessä (liite 3). Soijan tuotannossa voidaan havaita, että siirrettäessä elintarviketuotantoa lämpimämpiin maihin lannoituksen ja kalkituksen tarve laskee suurempien hehtaarisatojen seurauksena, kuljetusten li-

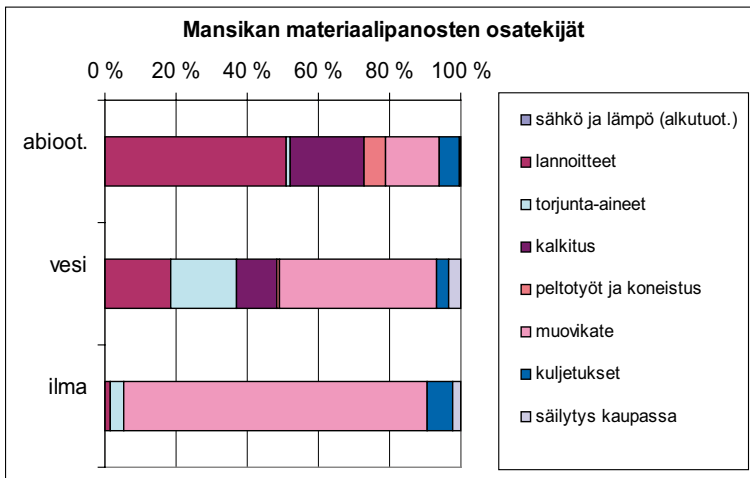
---

<sup>5</sup> Vaikka kaikkea vesivoimalan läpi virrannutta vettä ei suinkaan huomioida, ks. Nieminen ym. 2005.



sääntyessä. Tämä vähentää tuotteen abioottista MIPS-arvoa ilman MIPS-arvon noustessa (vrt. esimerkiksi eri levitteiden MIPS-arvoja, taulukko 21).

Elintarvikkeiden yleispiirteitä tarkastellessa on hyvä huomioida myös yksittäisten elintarvikeryhmien erityispiirteet. Kuvassa 4 on esitetty mansikan materiaalipanosten osatekijät. Voidaan havaita, miten mansikan tuotannossa oleva erityinen piirre, istutusten suojaaminen muovikatteella, vaikuttaa saattaviin tuloksiin siten, että yllä esitetyt yleistyksiset eivät päde riittävällä tarkkuudella. Esimerkiksi ilman MIPS-arvo muodostuu noin 85 prosenttisesti muovikatteen valmistuksen (polyeteeni-HD/LD) aikana tarvitusta ilmasta. MIPS-arvoihin vaikuttavat siis esitetyjen yleistysten lisäksi kunkin tuotantoprosessin erityispiirteet.



Kuva 4. Mansikan materiaalipanosten osatekijät.

## 5.2 Tulosten herkkyyshanalyysi

Suurimmiksi vaikuttaviksi materiaalipanoksen osatekijöiksi todettiin lannoitus, kalkitus, kuljetus, rehun jalostus sekä sähkön- ja lämmöntuotanto. Näistä sähkön- ja lämmöntuotantoon liittyvät materiaaliset taustatekijät ovat parhaiten tunnettuja, mutta myös vaikeimpia muuttaa. Sekä lannoitus-, kalkitus- että kuljetusmääriin liittyy raportissa epävarmuuksia, ja kaikkiin voidaan myös jollain tapaa tuotantoketjussa vaikuttaa. Lisäksi käytetyt rehumäärät ovat yhtäältä haastukseen menevän osuuden takia alttiita kasvulle, toisaalta niitä voidaan vähentää kehittyvien ruokintamenetelmien ja paranevan rehun laadun ansiosta.

Tässä kiinnitetään huomiota lannoitus-, kalkitus- ja rehumäärän sekä kuljetusmatkojen muutosten vaikutukseen laskennallisiin elintarvikeryhmien kokonaisuusmateriaalipanoksiin. Lisäksi tutkitaan sähkön- ja lämmöntuotannon

MIPS-arvojen muutoksen vaikutusta elintarvikeryhmien materiaalipanoksiin. Herkkyysanalyysissä tutkitaan abioottista, veden ja ilman MIPS-arvoa: kuten edellä on todettu, biottinen, eroosion ja maaperän MIPS-arvo määrytyy suoraan satotasosta, eikä muiden tuotannontekijöiden varioinnilla ole (käytetyssä laskentatavassa) vaikutusta satotasoon. Vain käytettyjen rehumäärien yhteydessä herkkyysanalyysiin sisällytetään myös biottinen, eroosion ja maaperän MIPS-arvot.

Tutkitaan ensimmäisenä sekä lannoitus- että kalkitusmäärien varioinnin vaikutuksia. Taulukossa 23 on esitetty eri materiaalipanoluokkien prosentuaalinen muutos taulukossa 21 esitetystä arvosta, kun lannoitusmäärä muuttuu  $\pm 30$  prosenttia. Taulukossa 24 on vastaavasti esitetty samat tulokset kalkitusmäärien muuttuessa.

Taulukko 23. Elintarvikeryhmien MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta, kun lannoitusmäärä kunkin elintarvikkeen kohdalla muuttuu  $\pm 30$  prosenttia.

Tuoteryhmä	MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta		
	abioottinen ( $\pm$ )	vesi ( $\pm$ )	ilma ( $\pm$ )
maito	9	2	1
voi	9	2	1
levitteet, soijaöljy	9	2	1
levitteet, rypsiöljy	8	2	0
juusto	9	2	1
naudanliha	9	1	1
sianliha	16	1	0
kirjolohen liha	4	0	0
broilerin liha	8	1	0
kananmunat	9	2	0
soija	0	0	0
olut	1	0	0
ruokaperuna	13	0	4
sokeri	7	5	0
vehnäleipä	9	2	0
ruisleipä	5	0	0
sekaleipä	7	0	0
ohraleipä	8	2	0
tomaatti	2	0	0
kurkku (ka)	2	0	0
kurkku (ympärivuotinen)	0	0	0
omena	12	7	4
lakka	0	0	0
mansikka	16	6	1

Lannoitusmäärän vaikutusta MIPS-arvoihin tutkittaessa voidaan huomata, että laskennalliset abioottiset kokonaismateriaalipanokset kasvavat herkästi sianlihan, mansikan, ruokaperunan ja omenan tuotannossa. Sianlihan ja mansikan abioottiset laskennalliset materiaalipanokset muuttuvat yli 50 prosentilla suhteutettuna lannoitusmäärän prosentuaaliseen muutokseen. Lannoitusmäärän muutos näkyy myös ruokaperunan ja omenan laskennallisina ilman materiaalipanoksien muutoksina, ja selvimmin myös omenan ja mansikan laskennallista veden MIPS-arvoa tarkasteltaessa. Näitä poikkeuksia lukuun ottamatta elintarvikkeiden laskennalliset materiaalipanokset eivät kuitenkaan kasva merkittävästi lannoitusmäärien kasvaessa.

Kalkitusmäärien herkkyysanalyysi tuottaa samankaltaisia tuloksia (taulukko 24). Omena, sekä ohra- että vehnäleivän laskennalliset abioottiset materiaalipanokset reagoivat eniten kalkitusmäärän muutoksiin. Omena ylittää 50 prosentin suhteelliseen muutokseen, kalkitusmäärän prosentuaaliseen muutokseen verrattaessa. Myös omenan laskennallinen veden MIPS-arvo reagoi kalkitusmääriin. Sekä siipikarjanlihan että kananmunien tuotannossa kalkitus on merkittävässä osassa laskennallisten abioottisten materiaalipanosten suhteen; niiden muutoksen ollessa noin kolmannes kalkituksen prosentuaalisesta muutoksesta.

Laskennallisesti voidaan siis todeta, että sianlihan kasvatuksessa lannoitusmäärien ja siipikarjanlihan sekä kananmunien tuotannossa kalkitusmäärien merkitys tuotekiloa kohden lasketuissa kokonaismateriaalipanoksissa on tarkastellun tuoteryhmän joukossa suurin.

Sekä lannoitus- että kalkitusmäärien muutoksien vaikutukset ovat suhteellisen pieniä, mikä vähentää niille käytettyjen yleistyksien (kuvattu luvussa 4) haitallista merkitystä kokonaistulosten kannalta. Kuten muistetaan, kalkitukselle käytettiin kansallista keskiarvoa ja lannoitusmääriä arvioitaessa hyödynnettiin lannoitussuosituksia. Tässä suoritettun herkkyystarkastelun pohjalta voidaan katsoa, että näiden arvioiden mahdolliset virheet eivät vaikuta merkittävästi saatuihin lopputuloksiin.

Taulukko 24. Elintarvikeryhmien MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta, kun kalkitusmäärä kunkin elintarvikkeen kohdalla muuttuu  $\pm 30$  prosenttia.

Tuoteryhmä	MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta		
	abiottinen ( $\pm$ )	vesi ( $\pm$ )	ilma ( $\pm$ )
maito	9	3	0
voi	9	3	0
levitteet, soijaöljy	9	3	0
levitteet, rypsiöljy	8	3	0
juusto	9	3	0
naudanliha	9	2	0
sianliha	9	3	0
kirjoloihen liha	2	0	0
broilerin liha	11	3	0
kananmunat	12	4	0
soija	0	0	0
olut	2	0	0
ruokaperuna	10	0	0
sokeri	5	5	0
vehnäleipä	11	5	0
ruisleipä	0	0	0
sekaleipä	6	1	0
ohraleipä	12	5	0
tomaatti	0	0	0
kurkku (ka)	0	0	0
kurkku (ympärivuotinen)	0	0	0
omena	15	12	2
lakka	0	0	0
mansikka	6	3	0

Taulukossa 25 on esitetty rehumäärän muuttamisen vaikutus eri hyötyeläimien tuotannon lopputuotekohtaisiin materiaalipanoksiin. Kuten havaitaan, on taulukossa 25 esitetyt muutokset huomattavasti suurempia kuin edellä esitetyt. Laskutavasta johtuen sekä bioottinen, eroosion että maaperän MIPS-arvo muuttuvat juuri sen verran, kuin käytetyt rehumäärät muuttuvat. Vain rypsiöljyn tuotanto tekee tästä poikkeuksen, sillä levitteissä käytetty rypsiöljy on riippumaton lehmien ruokintaan käytetystä rehusta. Näiden muutosten lisäksi myös muut laskennalliset MIPS-arvot ovat erittäin herkkiä muutoksille rehumääris-

sä. Erityisesti sianlihan, kalanlihan, siipikarjanlihan ja kananmunien tuottamiseen käytetyt rehumäärät vaikuttavat merkittävästi kaikkiin kyseisten elintarvikeryhmien laskennallisiin materiaalipanosloukkiin. Tämä johtuu rehuraaka-aineen kuivatukseen, rehun käsittelyyn ja rehutuuotteiden kuljetuksen suuresta osuudesta materiaalipanosten muodostumisessa.

Tässä raportissa käytetyt rehumäärät ovat peräisin aikaisemmista tutkimuksista, joten niiden luotettavuus on samalla tasolla kuin aikaisempien tutkimusten. Niinpä tässä oletetaan, etteivät käytetyt rehumäärät vaikuta negatiivisesti esitettyjen tulosten luotettavuuteen. Toisaalta vaihtelu käytetyissä rehutyypeissä ja -määrissä on materiaalipanosten suhteen merkittävä tekijä.

Taulukko 25. Elintarvikeryhmien MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta, kun raaka-ainetuotantoon käytetyille eläimille syötetyn rehun määrä kunkin elintarvikkeen kohdalla muuttuu  $\pm 30$  prosenttia.

Tuoteryhmä	MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos alkuarvosta					
	abioottinen ( $\pm$ )	bioottinen ( $\pm$ )	vesi ( $\pm$ )	ilma ( $\pm$ )	erosio ( $\pm$ )	maaperä ( $\pm$ )
maito	8	30	6	11	30	30
voi	9	30	8	16	30	30
levitteet, soijaöljy	9	30	8	12	30	30
levitteet, rypsiöljy	8	29	7	14	28	28
juusto	7	30	2	7	30	30
naudanliha	8	30	4	11	30	30
sianliha	1	30	28	18	30	30
kirjolohen liha	27	30	21	24	30	30
broilerin liha	14	30	18	14	30	30
kananmunat	14	30	20	14	30	30

Taulukossa 26 esitetyissä MIPS-arvojen muutoksissa kuljetusmatkojen pituuden muuttuessa kaikkein voimakkaimmin reagoivat ne elintarvikeryhmät, joiden kuljetusmatkat ovat pitkiä (soija, sokeri) tai joiden laskennallinen MIPS-arvo muodostuu lähinnä kuljetuksen materiaalipanoksista (lakka). Myös hyötyeläimien kasvatus ruokkimalla niitä soijalla vaikuttaa joidenkin lihatuuotteiden laskennallisiin MIPS-arvoihin, niiden ilman materiaalipanoksien ollessa herkkiä rehujen kuljetusmatkan muutoksille. Erityisesti sikojen ruokinnassa käytetään niin paljon soijaperäisiä tuotteita (20 prosenttia, ks. Aro-Heinilä 2002:47), että niiden kuljetusmatkojen pituudella on huomattava vaikutus. Vastaava muutos laskennallisessa abioottisessa MIPS-arvossa on lihatuuotteissa (kalaa lukuun ottamatta) monta kertaa pienempi. Kuljetusmatkojen vaikutus MIPS-arvoihin on suuri huomioitaessa kuljetusmatkoille esitettyjen arvioiden tarkkuus. Tämä heikentää jossain määrin tulosten luotettavuutta.

Taulukko 26. Elintarvikeryhmien MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta, kun kuljetusmatkat kunkin elintarvikkeen kohdalla muuttuvat  $\pm 30$  prosenttia.

Tuoteryhmä	MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos alkuarvosta		
	abiottinen ( $\pm$ )	vesi ( $\pm$ )	ilma ( $\pm$ )
maito	4	2	10
voi	5	2	14
levitteet, soijaöljy	6	2	18
levitteet, rypsiöljy	5	2	12
juusto	4	2	7
naudanliha	4	1	9
sianliha	0	1	13
kirjolohen liha	9	0	7
broilerin liha	3	1	10
kananmunat	2	1	10
soija	15	1	21
olut	3	0	2
ruokaperuna	6	0	18
sokeri	10	10	6
vehnäleipä	3	1	4
ruisleipä	2	0	2
sekaleipä	3	0	3
ohraleipä	3	1	4
tomaatti	0	0	0
kurkku (ka)	0	0	0
kurkku (ympärivuotinen)	0	0	0
omena	1	1	12
lakka	30	30	30
mansikka	2	1	2

Tarkasteltaessa taulukkoa 27 voidaan todeta sähkön- ja lämmöntuotannon MIPS-arvoilla olevan huomattava vaikutus erityisesti elintarvikkeiden laskennallisiin veden ja ilman MIPS-arvoihin. Myös sellaisten tuotteiden kohdalla, joiden tuotanto koostuu pääosin teollisesta prosessoinnista (olut) tai lämmityksestä (kasvihuonevihannekset) laskennallinen abiottinen MIPS-arvo on herkkä sähkön- ja lämmöntuotannon MIPS-arvoille. Toisaalta on tuotteita, joiden laskennalliset kokonaisuutensa reagoivat hyvin heikosti sähkön ja lämmöntuotannon muutoksiin (marjat ja hedelmät).

Taulukko 27. Elintarvikeryhmien MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos lähtöarvosta, kun sähkön- ja lämmöntuotannon MIPS-arvot muuttuvat kukin  $\pm 30$  prosenttia.

Tuoteryhmä	MIPS-arvojen prosentuaalinen muutos alkuarvosta		
	abiottinen ( $\pm$ )	vesi ( $\pm$ )	ilma ( $\pm$ )
maito	3	23	19
voi	2	22	15
levitteet, soijaöljy	2	22	12
levitteet, rypsiöljy	2	21	17
juusto	4	23	22
naudanliha	4	25	20
sianliha	3	24	16
kirjoloheen liha	16	28	17
broilerin liha	7	24	20
kananmunat	6	23	20
soija	15	29	9
olut	23	29	28
ruokaperuna	1	1	8
sokeri	8	8	23
vehnäleipä	5	18	25
ruisleipä	8	29	28
sekaleipä	0	1	1
ohraleipä	5	17	25
tomaatti	28	29	30
kurkku (ka)	28	29	30
kurkku (ympärivuotinen)	30	30	30
omena	0	9	12
lakka	0	0	0
mansikka	0	6	2

Herkkyysanalyysin pohjalta voidaan todeta laskennassa käytettyjen lukuarvojen olevan pääosin tyydyttävällä tavalla valittu. Tuloksiin herkästi vaikuttavat luvut, kuten ruokinnassa käytetyn rehun määrä, on kerätty aikaisemmista tutkimuksista. Arvioidut, tai muutoin epätarkat lukuarvot eivät taas vaikuta tuloksiin merkittävästi (esim. kalkitus). Kuljetusetäisyyksien vaikutus joidenkin tuotteiden MIPS-arvoihin paljastui kuitenkin suhteellisen suureksi (esim. sokeri). Ottaen huomioon kuljetuksille hyvin yleisellä tasolla muodostetut arviot, aiheuttavat kuljetukset näiden elintarvikeryhmien MIPS-arvoihin epätarkkuutta.

Suurin yksittäinen epävarmuustekijä on kivennäis- rypsi-, kokoviljasäilö- ja säilörehujen bioottiset lukuarvot, jotka arvioitiin tätä raporttia varten. Näiden lukujen tarkennuksella voi olla samojen rehumäärienkin tapauksessa vaikutusta esitettyihin bioottisiin lukuarvoihin.

### **5.3 Tulosten arviointi: muut tutkimukset ja MIPS-arvojen luotettavuus**

Tässä raportissa on esitetty MIPS-arvot 24 elintarvikkeelle tai elintarvikeryhmälle. Huomionarvoista on, että esitetyt arvot pyrkivät kuvaamaan keskiarvoa elintarvikeryhmien sisällä. Monessa suhteessa tämä on ongelmallista. Elintarvikkeita valmistetaan erilaisissa tuotanto-olosuhteissa, erilaisilla toimitusmatkoilla, lannoitteilla ja lannoitemäärillä, maaperällä ja sähkönkulutuksella. Näiden eri muuttujien pohjalta muodostettavien keskiarvojen tilastollinen päättely on jätetty tässä raportissa tekemättä. Lukuarvot on pyritty arvioimaan suuruusluokaltaan oikeiksi tai lukuarvoille on käytetty (kuten maaperän tapauksessa) yleisintä mahdollista tapausta. Niinpä voitaisiin sanoa, että jokainen raportissa esitetty lukuarvo tulisi selvittää tilastollisesti ennen kuin voitaisiin puhua Suomen keskiarvoista. Tällaisten tilastojen puuttuessa on kuitenkin tulosten muodostamiseksi tehtävä oletuksia. Samasta syystä elintarvikkeiden materiaalipanosten tutkimus on lupaavista tuloksistaan huolimatta vielä kesken myös kansainvälisellä tasolla.

Raportin luotettavuutta voidaan kritisoida elintarvikeryhmien rajauksen pohjalta. Esitetyissä arvoissa on asetettu samaan ryhmään sellaisia tuotteita, jotka ovat yhteydessä toisiinsa vain tässä raportissa tehtyjen rajausten takia. Vihanesten materiaalipanoksia on pyritty kuvaamaan kasvihuonekurkkujen ja –tomattien kasvatuksessa, mutta esimerkiksi vihannekset, jotka kasvavat kasvihuoneiden ulkopuolella, eivät kuulu tähän ryhmään. Vaikka elintarvikeryhmät on pyritty muodostamaan siten, ettei tällaisia katvealueita jäisi, on aina erilaisia valmistus- ja kasvatusmenetelmiä, jotka kärsivät keskiarvoja tutkittaessa sen takia, että erilaiset elintarvikeryhmät on rajattu tietyllä tavalla. Käytettäessä erilaista elintarvikeryhmien rajausta saadut tuloksetkin olisivat erilaisia.

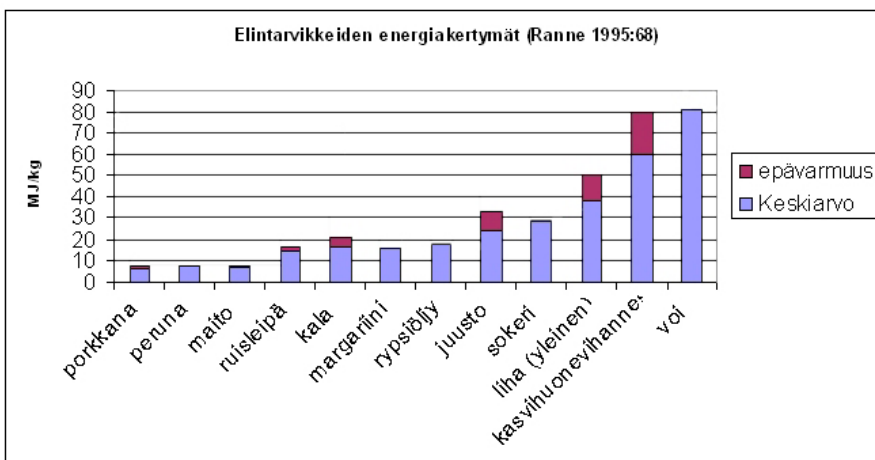
Jälkimmäinen ongelma realisoituu pyrittäessä selvittämään kokonaisen elintarvikeryhmän materiaalipanoksia erikoistapauksen pohjalta. Kirjolohi ei ole kalanlihaa yleensä, vaikka se tässä raportissa on yleistetty kattamaan kaikki kotimainen kalanlihan tuotanto. Tällaiset yleistykset heikentävät saatujen tulosten käyttökelpoisuutta, mutta tarjoavat toisaalta tulevaisuudessa mahdollisuuden tarkentaa jo saatuja tuloksia. Tästä syystä on myös päädytty tekemään yleistykset lakoista kaikkiin luonnonvaraisiin marjoihin, mansikoista viljeltyihin marjoihin ja omenista kotimaisiin hedelmiin yleensä.



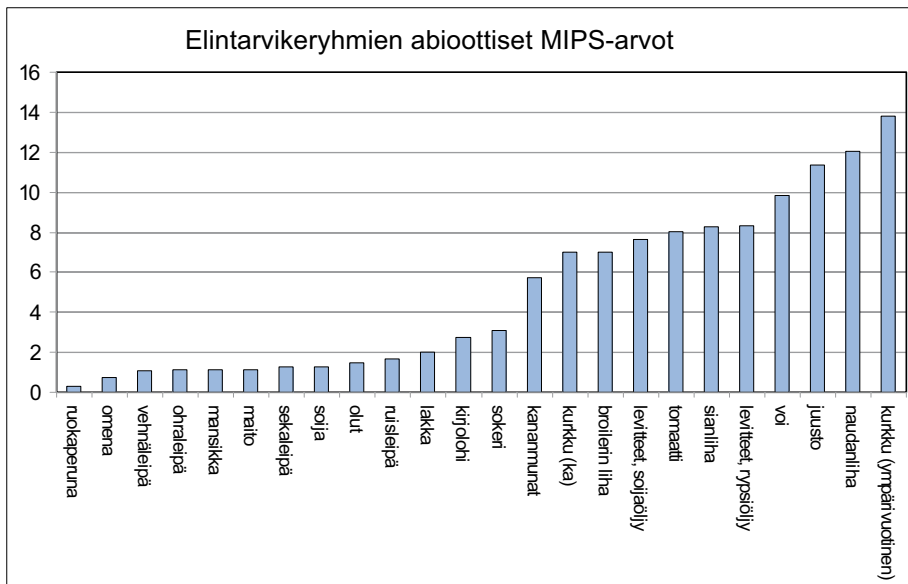
Eräs tapa tarkastella saatujen tulosten pätevyyttä on verrata niitä muihin tutkimuksiin. Koko elintarvikkeiden kenttää kattamaan pyrkiviä tutkimuksia on Suomessa kuitenkin tehty hyvin vähän. Ainoastaan Ranteen (1995) tutkimus pyrkii tarkastelemaan yleisemmin numeerisella tasolla elintarvikkeiden elinkaarta, tosin energiakertymien suhteen.

Kuvissa 5 ja 6 on esitetty sekä Ranteen (1995:68) että tämän raportin abioottiset tulokset, vastaavasti. Tutkimustuloksissa on joitain yhteisiä piirteitä. Molemmissa tutkimuksissa peruna saa pienen mittaluvun. Omenat ja mansikat ovat MIPS-arvoiltaan seuraavaksi pienimpiä, Ranteella vastaavasti porkkanat. Koska vehnä- ja ohraleipä eivät kuuluneet Ranteen tutkimukseen, on seuraavana molemmilla maito. Seuraavaksi pienimmän arvon molemmissa tutkimuksissa arvioituista elintarvikkeista saa ruisleipä, ja tätä seuraa molemmilla kala. Ranteen tutkimuksessa margariini on saanut huomattavasti matalamman energiakertymän suhteessa muihin elintarvikkeisiin kuin abioottinen MIPS-arvo antaisi odottaa. Tämä pätee myös juustolle. Sokerin ja kalan keskinäinen suhde on kuitenkin molemmissa tutkimuksissa samaa luokkaa. Voi, liha ja kasvihuoneutuotanto saavat molemmissa tutkimuksissa suuren mittaluvun.

Osa tutkimusten juustoille antamien arvioiden erilaisuudesta selittyy, kun huomioidaan, että Ranne käyttää juustossa vain 10-30 prosentin rasvapitoisuutta (1995:48). Tässä raportissa käytettiin juuston rasvapitoisuutena 25 prosenttia, mikä sijoittuu Ranteen tilastoissa epävarmuusalueen yläosaan. Vertailtaessa tällä tavoin tutkimusten tuloksia on yhteneväisyyksistä huolimatta helppo huomata, etteivät saadut tulokset vastaa toisiaan. Lieneekin syytä kysyä, miten yleensä näin samankaltaiset tulokset ovat mahdollisia, toisen tutkimuksen mittaottaessa energiakertymää (MJ/kg) ja toisen (abioottisten materiaalipanosten osalta) elottomien materiaalien tarvetta tuotannossa (MI/kg).



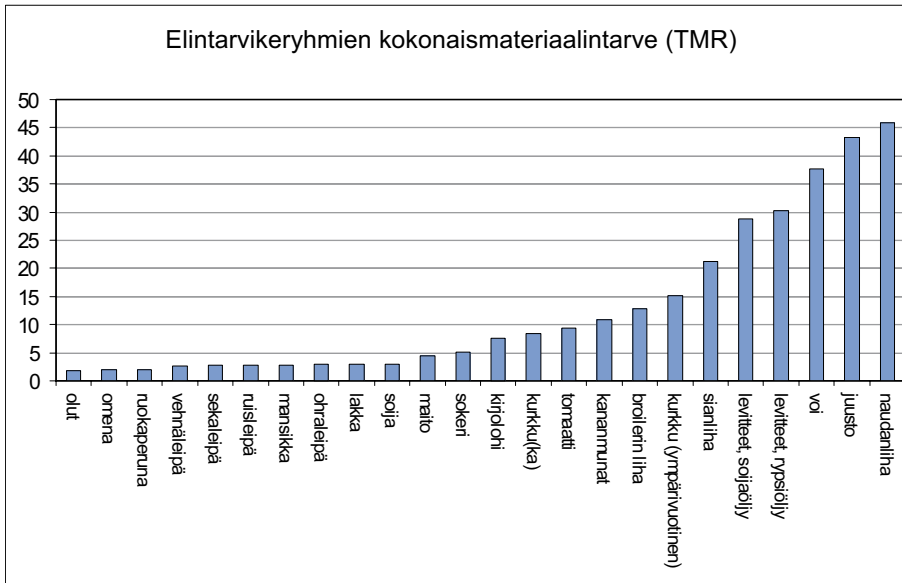
Kuva 5. Ranteen (1995) tutkimustulokset eri elintarvikkeiden energiakertymille.



Kuva 6. Elintarvikkeiden abioottiset MIPS-arvot.

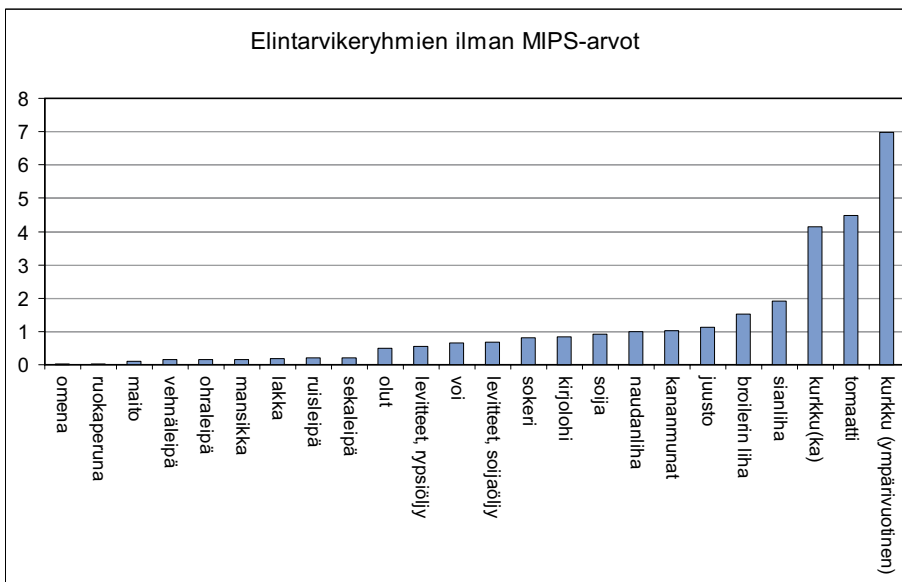
Eräs selitys voi olla, että käytetyt muunnoskertoimet energian ja materiaalin-käytön välillä heijastelevat toistensa arvoja, antaen samankaltaisia tuloksia *suhteessa* muihin samalla menetelmällä tuotettuihin arvoihin nähden *vertailtaessa* eri laskentajärjestelmien tuloksia keskenään. Toisaalta korrelaatiota voidaan selittää myös elintarviketuotannon prosessien energiantensiivisyydellä.

Tässä tyydytään toteamaan, että vastaava yhteys abioottisten MIPS-arvojen ja energiakertymien välillä on havaittu jo aiemmin (Aro-Heinilä 2002:73). Täl-löin esitetyt abioottiset MIPS-arvot saivat tukea Ranteen esittämistä arvoista suuruusluokkiensa suhteen. Muiden MIPS-arvojen arvioimiseksi tarvitaan vas-taavia tutkimuksia Suomesta tai muualta Euroopasta. Mielenkiinnolla voidaan odottaa esimerkiksi saksalaisen Wuppertal instituutin työn alla olevaa tutki-musta saksalaisista elintarvikkeista. Esitetään vielä lisäksi aineiston TMR-lu-vut, jotka ovat myös läheisessä suhteessa elintarvikkeiden abioottisiin materi-aalipanoksiin ja energiakertymiin (kuva 7).



Kuva 7. Elintarvikkeiden kokonaismateriaalintarve (TMR).

Kuvassa 8 on esitetty elintarvikeryhmien ilman MIPS-arvot. Liikenteen osalta on aiemmin havaittu, että liikenne korreloi saatuihin päästöihin (Lähteenoja ym. 2005). Ruoan tapauksessa näin ei ole. Esimerkiksi naudanlihan ilmastovaikutukset ovat suhteellisesti ilman MIPS-arvoja suurempia metaanipäästöjen takia.



Kuva 8. Elintarvikkeiden ilman MIPS-arvot.

## 6 Päätelmät

MIPS-arvojen tulkinnasta ja niiden käyttökelpoisuudesta ympäristöindikaattorina on käyty Suomessa keskustelua (esim. Koskinen 2001, Aro-Heinilä 2002:69-74). Yleisinä ongelmina MIPS-arvojen tulkinnassa nähdään vain viitteellinen yhteys kokonaisuutena materiaalihokkuuden ja haitallisten ympäristövaikutusten minimoinnin välillä, ja tähän liittyen on kritisoitu eri materiaalien niuttamista yhteen muutamien materiaaliluokkien alle. Tällöin materiaalihokkuus kasvaa esimerkiksi mahdollisimman suurilla tuotantolaitoksilla käytettäessä tai vaihdettaessa käytettäviä materiaaleja tunnetusti ympäristöä vahingoittaviin, mutta kokonaispainoltaan kevyempiin.

Tässä raportissa esitetyt tulokset tuovat esiin MIPS-arvojen kaksijakoisen luonteen. Toisaalta ne näyttävät luvussa 5 tehdyn tarkastelun perusteella olevan potentiaalisia ympäristövaikutusindikaattoreita. Toisaalta MIPS-arvojen esittämä kokonaiskuva tekno- ja biosfäärin vuorovaikutuksesta ei pelkisty vain ympäristövaikutuksiin. Materiaalipanostarkastelun erityispiirteinä voidaankin nähdä se, että MIPS-arvon voi yhtä aikaa tulkita sekä spesifien ympäristövaikutusten että tuotantojärjestelmän ja ympäristön vuorovaikutuksen määrällisenä indikaattorina.

Tämän raportin tulosten perusteella MIPS-arvoja esitetään mahdollisiksi indikaattoreiksi Rissan (2001) esittämän määritelmän mukaiselle ekotehokkuudelle. Edellä mainitut ongelmakohdat on kuitenkin otettava huomioon. Yksipuolinen ja laajamittainen MIPS-arvojen käyttö kuluttajien päätöksenteossa voi markkinoiden refleksiivisuuden kautta johtaa tuotantolaitosten yhä suurempaan keskittymiseen ja ympäristölle haitallisempien, palvelun yksikkömäärää kohti kevyempien materiaalien käyttöön tuotannossa. Pyrittäessä edistämään ekotehokkuutta MIPS-arvot voivat kuitenkin olla toimiva päätöksenteon apuväline<sup>6</sup>, eri materiaaliluokkien huomioidessa erityyppisten materiaalien käyttöä. MIPS-arvojen käyttö tähän tarkoitukseen kaipaa jatkotutkimusta. Erityisesti ilman materiaalipanosten potentiaalista kykyä indikoida kasvihuonepäästöjä tulisi tutkia edelleen (ks. 5.1).

Elintarvikkeiden MIPS-arvojen lisäksi raportti tarjoaa menetelmän elintarvikkeiden ympäristövaikutusten yhtenäistä tarkastelua varten. Raportissa esitetyn systeemirajauksen, allokoinnin ja aineiston pohjalta voidaan ratkaista tärkeimpien nykyisten ympäristövaikutusindikaattorien mukaiset mittaluvut. Tällainen elintarvikkeiden tuotantoa kokonaisuutena tarkasteleva lähestymistapa on harvinainen Euroopan ja erityisesti Suomen tasolla. Sitä edelleen kehittämällä on mahdollista standardoida elintarvikkeiden tuotantojärjestelmän ympäristövaikutusten arviointi, esimerkiksi allokoinnin ja systeemirajauksen osalta.

---

6 Voidaan puhua myös päätöksenteon teoriasta (decision analysis), ks. esim. Clemen (1996).

## 6.1 Yhteenveto tuloksista

Raportissa eri elintarvikeryhmille saadut MIPS-arvot ovat kohtuullisen luotettavia. Tässä raportissa tehdyt luotettavuustarkastelut antavat aihetta uskoa, että joitakin epävarmuuksia lukuun ottamatta (ks. luku 4, 5.2 ja 5.3) käytettyjen tuotantomallien mukaiset laskutoimitukset ovat ristiriidattomasti suoritettuja ja lähtöarvot suhteellisen tarkasti valittuja. Myös eri elintarvikeryhmien keskiarvojen käsittely osoittautui herkkyysanalyysin kautta toimivaksi ratkaisuksi, jos pidetään mielessä keskiarvoihin lähtökohtaisesti sisältyvä epävarmuus. Toisaalta erilaisten esimerkkitapausten käyttäminen elintarvikeryhmien sisältä ja näiden yleistäminen elintarvikeryhmäksi koettiin ongelmalliseksi ja suoritettiin vain tarvittu aineiston laajuuden takia. Tällaisia tuloksia tulee myöhemmin tarkentaa. Myös tapauksissa, joissa elintarvikeryhmien tuotantoa on käsitelty mallilaskelmien avulla, tulisi käytettyjä malleja testata todellisesta tuotannosta kerätyn aineiston avulla saatujen tulosten validoimiseksi.

Elintarviketuotannon yleisessä mallinnuksessa tehtyjen oletusten (ks. luku 3) lisäksi tulee tuloksien muodostamiseksi valittua allokointimenettelyä tarkastella kriittisesti. Allokointimenettelyn valinta ja käyttökohteet vaikuttavat huomattavasti saatuihin tuloksiin. Tässä raportissa on käytetty proteiini- ja rasvaallokointia maidontuotannon yhteydessä saataville tuotteille (ks. 4.1) ja soijan tuotannon yhteydessä massa-allokointia soijalle ja soijaöljylle. Toisaalta rypsiöljyn tuotannossa allokointia ei ole käytetty, rypsin jäädessä joitain rehuja lukuun ottamatta raportin systeemirajauksen ulkopuolelle. Myös kananmunien tuotannon yhteydessä saatava kananliha jätettiin raportista pois (ks. 3.7).

Ottaen huomioon tässä esitettyjen tulosten epävarmuustekijät ja ennen tulosten esittämistä allokointien suhteen tehdyt valinnat, voidaan todeta esitettyjen lukuarvojen olevan ensimmäinen kuluttajan näkökulmasta tehty erilaisten elintarvikkeiden materiaalien kartoitus Suomessa. Toisaalta tutkimus kokoo samaan aineistoon aikaisempia tutkimustuloksia ja esittää ne keskenään vertailukelpoisessa muodossa.

Aineiston pohjalta voidaan todeta, että kokonaismateriaalien (TMR) suhteen suurimmat – eli kiloa kohden materiaalien tehokkuudeltaan arvioituna huonoimmat – elintarvikkeet olivat naudanliha ja juusto. Näiden tuotteiden jälkeen huonoiten vertailussa menestyvät erilaiset levitteet. Materiaalien tehokkuudeltaan keskitasoa ovat sianliha, broilerin liha ja kasvihuonevihannekset. Materiaalien tehokkuudeltaan parhaita ovat juurekset, luonnonvaraiset ja kasvatetut marjat, viljatuotteet ja brasilialainen soija. Kala on materiaalien tehokkuuden mukaan arvioituna paras eläinperäinen elintarvike. Kokonaisuutena voidaan arvioida, että lähellä tuotetut, vähän prosessoidut ja kasvisperäiset elintarvikkeet ovat materiaalien tehokkaita. Vastaavasti kaukaa tuodut, pitkälle prosessoidut ja eläinperäiset elintarvikkeet eivät ole materiaalien tehokkaita (ks. myös luku 5.3).

Elintarvikkeiden arviointia varten tehty tuotantojärjestelmän systeemirajaus vaikuttaa saatuihin laskennallisiin tuloksiin. Koska kaikille elintarvikkeille käytettiin samaa systeemirajaus, kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että jonkin elintarvikkeen tuotannolle keskeinen osa järjestelmää ei jäisi huomiotta. Tämä johti laajaan systeemirajaukseen. Samalla tehtiin rajauksia, joiden takia esitetyt materiaalipanostiedot ovat eräänlaisia minimiarvioita.

Suurin yksittäinen materiaalipanoksia pienentävä raja on se, että huomattavia tuotantoinfrastruktuurin osia jätettiin systeemirajauksen ulkopuolelle. Alkutuotannossa tarvittavat rakennukset sekä jatkojalostusprosesseissa tarvittavat toimitilat ovat todennäköisesti suuri materiaalipanosten lähde, joka tulee ottaa huomioon seuraavissa tutkimuksissa. Toinen tärkeä tekijä on jakeluhävikin jättäminen huomiotta. Jos jakeluhävikki huomioitaisiin, nousisivat kaikki esitetyt materiaalipanokset samassa suuruusluokassa, noin 16 prosenttia (ks. luku 3.5). Kolmantena materiaalipanosten kokoluokkaan vaikuttaa suosituservojen käyttö peltojen viljelyä mallinnettaessa. Peltojen kalkitus- ja lannoitusmäärät ovat yleensä vähintään yhtä suuria kuin suosituservot. Tämän raportin valmistelun puitteissa ei voitu rajallisten resurssien takia perehtyä siihen, kuinka paljon lannoitteita ja kalkkia käytetään suhteessa suosituservoihin. Näiden kolmen tekijän vaillinaisen tarkastelun takia voi tulosten yhteydessä olla syytä puhua elintarvikkeiden materiaalipanosten laskennallisista minimiarvoista.

## **6.2 Materiaalipanosaineiston hyödyntämisestä**

Hyväksyttäessä lähtökohdaksi tässä raportissa esitetyt tulokset voidaan ratkaistuja MIPS-arvoja käyttää lähtökohtana ekotehokkaampien (Rissa 2001) kuluuspäätösten tekemiseksi. Saatuja MIPS-arvoja voidaan käyttää ainakin kolmen eri vaikuttajaryhmän toimesta. Ensinnä kuluttajien on mahdollista vaikuttaa yleisellä tasolla kulutustottumustensa materiaalitehokkuuteen elintarvikeostotensa suhteen. Kuluttajille eri palvelukonseptien avulla välitetty tuotetieto edistää kuluttajien preferoimia ohjausvaikutuksia tuotantojärjestelmään.

Toiseksi suurkeittiöt voivat tarjota asiakkailleen informaatiota tarjoamiensa tuotteiden materiaalipanoksista. Elintarvikkeiden MIPS-arvojen avulla voidaan tarjota arvio asiakkaan valitseman ruoka-annoksen materiaalitehokkuudesta. Ekotehokkuuden arviointi materiaalitehokkuuden avulla on tässä raportissa saanut lisätukea. Suurkeittiöille erilaiset ekotehokkuutta korostavat toimenpiteet voivat tarjota kilpailuedun markkinoilla.

Kolmanneksi materiaalipanosaineisto tarjoaa mahdollisuuksia myös valtiovalan toimille dematerialisaation edistämiseksi. Esitetynkaltaisten, laajempaan aineistoon pohjautuvien materiaalipanostietojen avulla on mahdollista kehittää esimerkiksi arvonlisäveron kautta portaittaisia verotusjärjestelmiä. Toisaalta lainsäädännössä voidaan ottaa huomioon erilaisten elintarvikkeiden erityypp-

piset tuotanto-olosuhteet ja esimerkiksi keventää materiaalitehokkaalle ravinnontuotannolle esitettyjä rajoituksia. Tällaisia toimenpiteitä harkittaessa tulee kuitenkin huomioida em. markkinoiden refleksiivisyyden takia myös elintarviketuotannon ympäristövaikutukset.

Kokonaisvaltaisempaa otetta elintarvikkeiden materiaalipanostietoihin voidaan hakea eri näkökulmia yhdistelemällä. Esimerkiksi terveyst- ja ympäristönäkökohtien tarkastelu yhdessä on mahdollista (Kauppinen ym. 2008), samoin kuin eri ympäristöindikaattorien tarjoaman informaation tarkastelu saman mallirakenteen puitteissa. Tällaisen tarkastelun pohjalta yksittäisten menetelmien heikkoudet vaikuttavat vähemmän saatuihin tuloksiin.

Materiaalipanostiedon hyödyntämisessä sen oikeanlainen kommunikointi on tärkeää. Erilaisia teknisiä välineitä kommunikaation toteuttamiseksi on runsaasti. Matemaattista mallinnusta voidaan käyttää apuna yleisemmän näkökulman saavuttamiseksi ympäristönäkökohtiin. Toisaalta Internet sekä yritysten ja järjestöjen tiedotuskanavat ovat kaikki käytettävissä tiedon levittämistä varten. Toimiva kommunikaatio löytyy todennäköisesti näiden yhteistyöstä. Esimerkiksi Internetin ja kansalaisjärjestöjen mahdollisuuksia materiaalipanoslähtöisen tuotetiedon käytössä on yhdistelty wiki-pohjaisessa palvelussa, Tuotewikissä (2008).

### **6.3 Jatkotutkimuksesta**

Raportin tuloksia voi kehittää vielä eteenpäin. Tärkeimpänä jatkotutkimusaiheena nähdään elintarviketuotannon infrastruktuurin materiaalipanosten kartoittaminen. Vaikka elinkaariarvioinnissa infrastruktuuria ei oteta huomioon, se on materiaalipanostiedoissa hyvin tärkeässä osassa. Infrastruktuurin lisäksi elintarvikkeiden materiaalipanostiedoista jäi puuttumaan jakeluhävikki ja joissain tapauksissa myös varastointi. Molemmat olisi syytä ottaa mukaan materiaalipanostietojen tarkemmassa arvioinnissa.

Toinen tapa kehittää materiaalipanosten arviointia on huomioida myös elinkaaren vaiheet, jotka jäivät tässä raportissa huomioimatta. Kaupan hyllyltä tuote päätyy kuluttajalle, ja kuluttajan tekemät valinnat kaupassa asioinnin ja esimerkiksi ruoan valmistuksen suhteen on joissain tutkimuksissa todettu merkittäviksi materiaalipanosten lähteiksi. Niinpä tässä raportissa annettua aineistoa voitaisiin kehittää huomioimalla myös kaupan hyllyltä tuotteen loppusijoitukseen asti materiaalipanoksiin vaikuttavat tekijät. Näihin elinkaaren vaiheisiin kuuluu myös jätehuolto.

Kolmas kiinnostava alue jatkotutkimuksen kannalta on ilman MIPS-arvot, ja niiden vertaaminen muihin ilmastovaikutusmittoihin. Erityisesti olisi kiinnostavaa tutkia eri kasvihuonekaasupäästöjen korrelaatiota ilman MIPS-arvojen

kanssa. Tämä voisi auttaa kehittämään ilman MIPS-arvoa ilmastovaikutusten indikaattorina. Tutkimuksen kautta voitaisiin huomata, mitkä tekijät ilman MIPS-arvo huomioi riittävällä tarkkuudella, ja mitä tekijöitä taas ei. Näiden havaintojen pohjalta voidaan esimerkiksi kehittää ilman MIPS-arvon laskentaperusteita.

Viimeisenä on huomattava se, että raportissa käsiteltiin vain suomalaisia elintarvikkeita, vaikka myös brasilialainen soija sisällytettiin raporttiin. Jotta erilaisten suomalaisten ja ulkomaalaisten tuotteiden vertailu kävisi päinsä, tulee tässä raportissa esiteltyä MIPS-aineistoa laajentaa myös ulkomaisiin tuotteisiin. Ulkomaalaisten elintarvikkeiden MIPS-arvojen kerääminen voidaan nähdä tärkeänä jatkotutkimuksen aiheena. Se tarjoaa lisävälineitä tässä raportissa esitetyn aineiston hyödyntämiseksi ja validoimiseksi.



## 7 Kirjallisuus

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. & Schütz, H. 1997. Resource flows: the material basis of industrial economies. World Resources Institute (USA), Wuppertal Institute (Germany), Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (Netherlands) ja National Institute for Environmental Studies (Japan). USA: WRI. 50 s.
- Aro-Heinilä, E. 2002. Joulukinkun ekotehokkuus – Tavanomaisen ja luonnonmukaisen tuotannon ekologinen selkäreppu sekä energiankulutus Etelä-Suomessa ja Tanskassa. MTT:n selvityksiä 25. Helsinki: MTT. 82 s.
- Ayres, R. 1998. Eco-thermodynamics: economics and the second law. *Ecological Economics* 26(2): 189–209.
- Bringezu, S. & Moriguchi, Y. 2002. Material flow analysis. Teoksessa: Ayres, R. & Ayres, L. A handbook of industrial ecology. Cheltenham, UK, Edward Elgar Publications. s. 79–90.
- Carlsson-Kanyama, A. 2000. Energy use in the food sector – A data survey. AFR-report 291 Stockholm, Sweden: Swedish Environmental Protection Agency. Naturvårdsverket. 36 s.
- Carlsson-Kanyama, A., Ekström, M. & Shanahan, H. 2003. Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. *Ecological Economics* 44(2–3): 293–307.
- Clemen, R. 1996. Making hard decisions: An introduction to decision analysis, 2nd edition, Cambridge: Duxbury Press. 557 s.
- Cleveland, C.J. & Ruth, M. 1999. Indicators of dematerialization and the materials intensity of use. *Journal of Industrial Ecology* 2(3): 15–50.
- Farmit.net 2007. FARMIT.NET. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.farmit.net>.
- Farmit.net 2007a. Kasvilajien pH-suositukset. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.farmit.net/farmit/fi/03\\_kasvinviljely/03\\_kalkitus/08\\_kalkitussuunnitelma/02\\_viljeltavakasvi/index.jsp](http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/03_kalkitus/08_kalkitussuunnitelma/02_viljeltavakasvi/index.jsp).
- Farmit.net 2007b. Eri kasvilajien peruslannoitus. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.farmit.net/farmit/fi/03\\_kasvinviljely/05\\_lannoitus/02\\_lannoitussuosituksset/02\\_lannoitussuosituksset/peruslannoitus.pdf](http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/05_lannoitus/02_lannoitussuosituksset/02_lannoitussuosituksset/peruslannoitus.pdf).
- Farmit.net 2007c. Lannoitussuosituksset vuodelta 2006. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.farmit.net/farmit/fi/03\\_kasvinviljely/05\\_lannoitus/02\\_lannoitussuosituksset/02\\_lannoitussuosituksset/index.jsp](http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/05_lannoitus/02_lannoitussuosituksset/02_lannoitussuosituksset/index.jsp).

- Farmit.net 2007d. Omena: Lannoitus. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.farmit.net/farmit/fi/03\\_kasvinviljely/15\\_erikoiskasvienviljely/02\\_marjat\\_ja\\_omena/05\\_omena/02\\_lannoitus/index.jsp](http://www.farmit.net/farmit/fi/03_kasvinviljely/15_erikoiskasvienviljely/02_marjat_ja_omena/05_omena/02_lannoitus/index.jsp).
- Global Footprint Network 2005. Global Footprint Network – Advancing the science of sustainability. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.footprintnetwork.org>.
- Grönroos, J. & Nikander, A. 2002. Kasvihuonetuotanto ja ympäristö –kyselytutkimuksen tulokset. Suomen Ympäristö 257. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 45 s.
- Grönroos, J. & Seppälä, J. (toim.) 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Suomen ympäristö 431. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 244 s.
- Grönroos, J. & Silvenius, F. 2003. Fish farming and the environment: results of inventory analysis. Suomen ympäristökeskuksen moniste 276, Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 71 s.
- Grönroos, J. & Voutilainen, P. 2001. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö : inventaarioanalyysin tulokset. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 64 s.
- Heikkilä, A.-M. (toim.) 2006. Kestävä lehmä – Lypsylehmien poiston syyt ja kestävyden taloudellinen merkitys. MTT:n selvityksiä 112. Helsinki: MTT. 85 s.
- Hoffrén, J. 1998. Materiaalivirtatiliinpito luonnonvarojen kulutuksen seurantavälineenä. Suomen ympäristö 257. Helsinki: Ympäristöministeriö. 52 s.
- Hoffrén, J. 2001. Measuring the eco-efficiency of welfare generation in a national economy. The case of Finland. Tutkimuksia 233, Helsinki: Tilastokeskus. 199 s.
- Kansanterveyslaitos, 2007. Fineli® - elintarvikkeiden koostumustietopankki. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.fineli.fi>.
- Katajajuuri, J.-M. 2004. Foodchain – pakkauksen ympäristövaikutus tuotteen elinkaareissa. Suuri pakkauksen ympäristökonferenssi. 9.11.2004, Helsinki.
- Katajajuuri, J.-M., Grönroos, J., Usva, K., Virtanen, Y., Sipilä, I., Venäläinen, E. & Kurppa, S., 2006. Broilerin fileesuikaleiden tuotannon ympäristövaikutukset ja kehittämismahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous 90, Jokioinen: MTT. 18 s.
- Katajajuuri, J.-M., Loikkanen, T., Pahkala, K., Uusi-Kämpä, J., Voutilainen, P., Kurppa, S., Laitinen, P., Mikkola, H.J., Kivinen, T. & Salo, S. 2000. Ympäristöhallintaa tukevan tietopohjan kehittäminen osana maatilojen laatuajattelua: Case: Rehuohran elinkaariarviointi. VTT tiedotteita 2034. Espoo: VTT. 134 s.

- Katajajuuri, J.-M., Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R. & Honkasalo, N. 2003. Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous 33, Jokioinen: MTT. 47 s.
- Kauppinen, T., Lähteenoja, S. & Lettenmeier, M. 2008. Data envelopment analysis as a tool for sustainable foodstuff consumption. Teoksessa: SCORE! Conference: SCP – Framework for Action. March 2008, Brussels. Rinnakkaisistunto 5. s.181–196. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.score-network.org/files//24119\\_CF2\\_session\\_5.pdf](http://www.score-network.org/files//24119_CF2_session_5.pdf).
- Keeney, R. & Raiffa, H. 1976. Decisions with multiple objectives: Preferences and value trade-offs, New York, USA: John Wiley & Sons. 569 s.
- Koskinen, H. 2001. MIPS ja ekologinen selkäreppu tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten vertailun menetelminä: ongelmakohtien tarkastelu. Helsinki: Helsingin yliopisto. 95 s.
- Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Tamminen, P. 2006. Suomen maannostietokanta: Maannoskartta 1:250 000 ja maaperän ominaisuuksia. MTT:n selvityksiä 114. Jokioinen: MTT. 70 s.
- Lindqvist, A., Lettenmeier, M. & Saari, A. 2005. Meriliikenteen aiheuttama luonnonvarojen kulutus (MeriMIPS). Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 94 s.
- Lähteenoja, S., Lettemeier, M. & Saari, A. 2006. LiikenneMIPS – Suomen liikennejärjestelmän luonnonvarojen kulutus. Suomen ympäristö 820. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus. 116 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2002. Kotimaisen naudanlihantuotannon elvyttämistä selvittävän työryhmän loppuraportti. Työryhmämuistio MMM 2002: 2, Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 38 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2006. Torjunta-aineet. Torjunta-aineiden myynti ja ympäristökuormitus Suomessa vuosina 1985–2004. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/ymparisto/luonnonvaramittarit/maatalousmittarit/torjuntaaineet.html>.
- Mikkola, A. 2006. Kasvihuonekurkun tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja niiden vähentämismahdollisuudet. Opinnäytetyö: ympäristötekniikan koulutusohjelma, ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto. Lahden ammatti- korkeakoulu. 64 s.
- MMM 2005. Ehdotus maatalouden ympäristötukijärjestelmäksi ei-tuotannollisten investointien tueksi, Natura 2000 -tuiksi ja vesipuite-direktiivin toteuttamiseen liittyviksi tuiksi 2007–2013. Ympäristötuen 2007–2013 valmisteluryhmä, 27.10.2005. Helsinki: Maa- ja met-

sätalousministeriö. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.mmm.fi/tiedoteliitteet/Ymptuki\\_Ehdotus\\_27102005.pdf](http://www.mmm.fi/tiedoteliitteet/Ymptuki_Ehdotus_27102005.pdf).

Myyrä, S., Ketoja, E. & Yli-Halla, M., 2003. Pellon hallintaoikeuden yhteys maanparannuksiin – esimerkkinä kalkitus ja fosforilannoitus. MTT:n selvityksiä 37. Helsinki: MTT. 51 s.

Mäenpää, I. 2005. Physical flow accounts, Calculation methods and concepts, Material balances in Finland 1999. Statistics Finland, Helsinki: Thule Institute. 171 s.

Mäenpää, I., Juutinen, A., Puustinen, K., Rintala, J., Risku-Norja, H., Veijalainen, S. & Viitanen, M. 2000. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö Suomessa. Suomen ympäristö 428. Helsinki: Ympäristöministeriö, 90 s.

Narayansawamy, V., Van Berkel, R., Altham, J. & McGregor, M. 2003. Application of life cycle assessment to enhance eco-efficiency of grains supply chains. From Farm to Fork, Muresk 75th Anniversary Conference. Verkkojulkaisu. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://wasig.curtin.edu.au/wasig/wasigresources/2005other/lca&ee-australian-grains.pdf>.

Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R. & Halberg, N. 2003. LCA food data base. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.lcafood.dk>.

Nieminen, A., Lettenmeier, M. & Saari, A. 2005. Luonnonvarojen kulutus Suomen lentoliikenteessä (LentoMIPS). Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö. 123 s.

Osuuskunta Maitokolmio, 2007. Tuoretta maitoa joka päivä. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.maitokolmio.fi>.

Palonen, J. & Oksanen, E.H. 1993. Labour, machinery and energy data bases in plant production. Työtehoseuran julkaisuja 330. Helsinki: Työtehoseura. 106 s.

Ranne, A. 1995. Elintarvikkeiden elinkaari ja energiakertymät. Linkki, Kuluttajien käyttäytymisen ja energiansäästön tutkimusohjelma. Julkaisu 9. Espoo: VTT. 51 s.

Risku-Norja, H. 2000. Luonnonvarojen kokonaiskäyttö Suomen maataloudessa 1970–97. Osaraportti 2, 29.2.2000. Teoksessa: Mäenpää, I. & Juutinen, A. (toim.). Ekotehokas Suomi -projektin osaraportit. Oulu: Thule Instituutti. 34 s.

Risku-Norja, H. (toim.) 2002. Maatalouden materiaalivirrat, ekotehokkuus ja ravinnontuotannon kestävä kilpailukyky: aineiston ja menetelmän kuvaus. MTT:n selvityksiä 27. Jokioinen: MTT. 112 s.

- Risku-Norja, H., Hietala, R., Virtanen, H. & Ketomäki, H. 2007. Paikallinen ruokajärjestelmä: ruoantuotanto ja -kulutus sekä ympäristövaikutukset. Aineisto ja menetelmät. MTT:n selvityksiä 135. Helsinki: MTT. 43 s. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts135.pdf>.
- Risku-Norja, H., Mäenpää, I., Koikkalainen, K., Rikkinen, P. & Vanhala, P. 2003. Maatalouden materiaalivirrat, ekotehokkuus ja ravinnontuotannon kestävä kilpailukyky. Maa- ja elintarviketalous 16. Jokioinen: MTT. 61 s.
- Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä. Helsinki: Ympäristöministeriö, Edita Oyj. 208 s.
- Ritthoff, M., Rohn, H. & Liedtke, C. 2002. Calculating MIPS – Resource productivity of products and services, Wuppertal Spezial 27e. Wuppertal: Wuppertal Institute. 53 s. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wibeitrag/ws27e.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/ws27e.pdf).
- Schmidt-Bleek, F. 2000. Luonnon uusi laskuoppi – ekotehokkuuden mittari MIPS, Helsinki: Gaudeamus. 311 s.
- Schmidt-Bleek, F., Bringezu, S., Hinterberger, F.R., Liedtke, C., Spangenberg, J., Stiller, H. & Welfens, M.J. 1998. MAIA. Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept. Berlin, Basel, Boston: Birkhäuser. 109 s.
- Seppänen, L., Aro-Heinilä, E., Helenius, J., Hietala-Koivu, R., Ketomäki, H., Mikkola, M., Risku-Norja, H., Sinkkonen, M. & Virtanen, H. 2006. Paikallinen ruokajärjestelmä: ympäristö- ja talousvaikutuksia sekä oppimishaasteita. Raportteja 9. Helsinki: Ruralia-instituutti, Helsingin yliopisto. 115 s.
- Suomen ruokatieto Oy 2007. Finfood – Suomen ruokatieto ry. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.finfood.fi>.
- Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2005. Kananmunien tuotanto vuonna 2005. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.
- Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2004. Käytössä oleva maatalousmaa 2004. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.
- Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2005. Puutarhayrityksrekisteri 2004. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.
- Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2005. Ravintotase 2004. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.
- Tike, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2005. Viljelykasvien sato vuonna 2004. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.

- Tilastokeskus, 2005. Suomen tilastollinen vuosikirja 2005. Helsinki: Tilastokeskus. 702 s.
- Tonteri, H. & Kuuva, M. 2005. Elinkaarianalyysi, Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy. 31 s.
- Tuotewiki, 2008. Tervetuloa Tuotewikiin! Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.tuotewiki.fi>.
- Uusitalo, P. 2003. Siipikarja- ja lammastilojen talous. MTT:n selvityksiä 54. Helsinki: MTT. 73 s.
- Virtanen, Y., Usva, K. & Katajajuuri, J.-M. 2006. Suomalaisen keskioluen ympäristövaikutusten elinkaariarviointi – Tiivistelmä. Verkkojulkaisu. Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.panimoliitto.fi/id/84684>.
- Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R., Katajajuuri, J.-M. & Nousiainen, J. 2003. Ementtal Sinileima -juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja parannusmahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous 35. Jokioinen: MTT. 91 s.
- Wuppertal institute for climate, environment and energy, 2003. Material intensity of materials, fuels, transport services. Wuppertal, Germany: Wuppertal Institute. 9 s.
- Ympäristöministeriö. 2005a. Ympäristötuen tarkennetun lannoituksen typpilannoitustasot, Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.finlex.fi>.
- Ympäristöministeriö. 2005b. Tarkennettu lannoitus / suurimmat sallitut fosforilannoitustasot, Viitattu 6.8.2008. Saatavissa internetistä: <http://www.finlex.fi>.

## 8 Liitteet

### Liite 1: Taulukoissa esitettyjen lähteiden selite

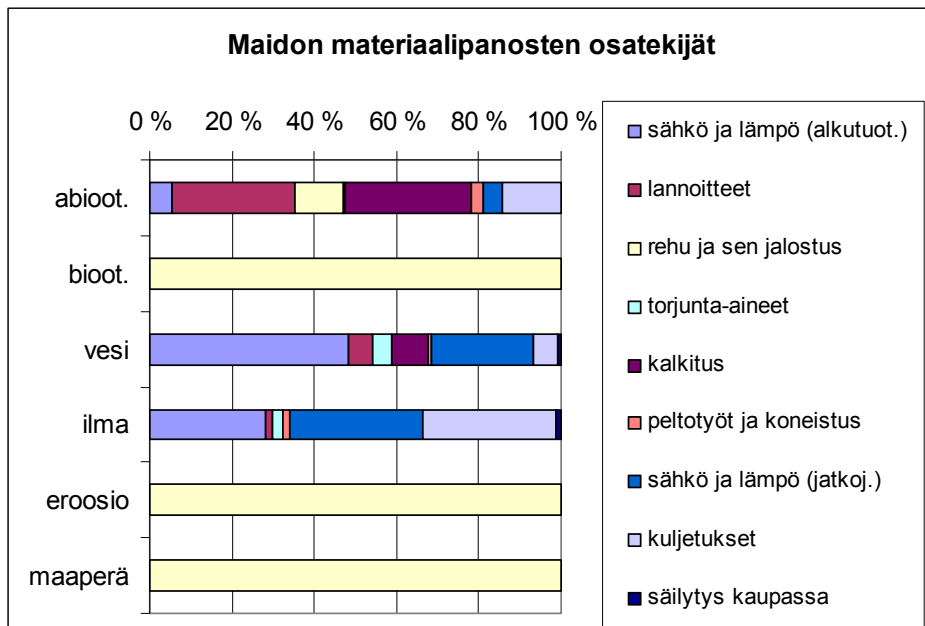
Taulukko L1. Raportin taulukoissa käytetyt lähteet

LÄHTEEN NUMERO	LÄHDE
1	Nielsen ym. 2003
2	Aro-Heinilä 2002
3	Grönroos ym. 2001
4	Ritthoff, A., Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Henkilökohtainen tiedonanto, 1.3.2007.
5	www.matilda.fi (TIKE)
6	Palonen ym. 1993
7	Grönroos ym. 2003
8	Nieminen ym. 2005
9	Lähteenoja ym. 2005
10	WI 2003
11	Torjunta-aineiden myynti 2005
12	Katajajuuri ym. 2000a
13	Lindqvist ym. 2005
14	Ranne 1995
15	Myyrä ym. 2003
16	Katajajuuri ym. 2007
17	Katajajuuri ym. 2000b
18	Voutilainen 2003
19	Farmit.net 2007
20	Mikkola 2006
21	Grönroos ym. 2002
22	Virtanen 2006
23	Puutarhayritysrekisteri 2004
24	Risku-Norja 2002:92

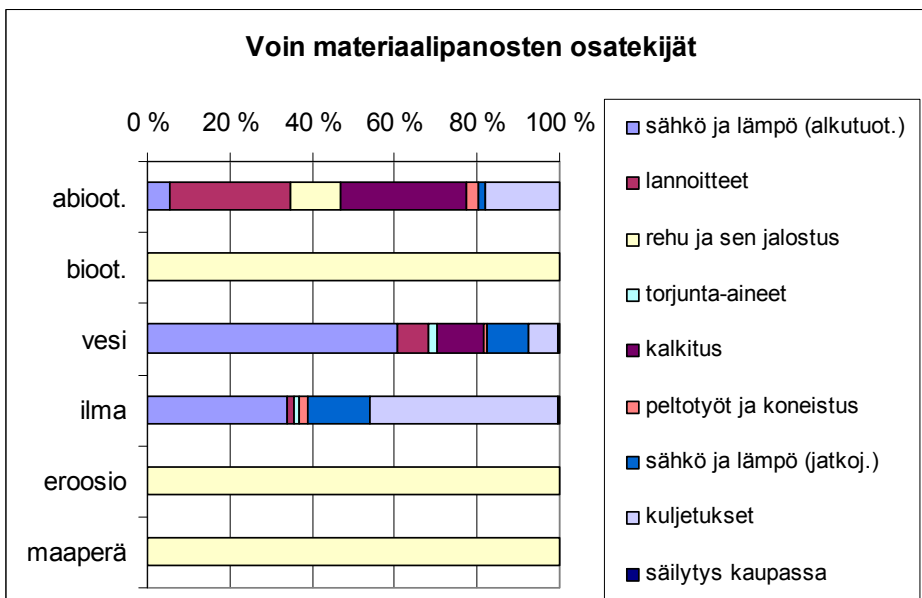




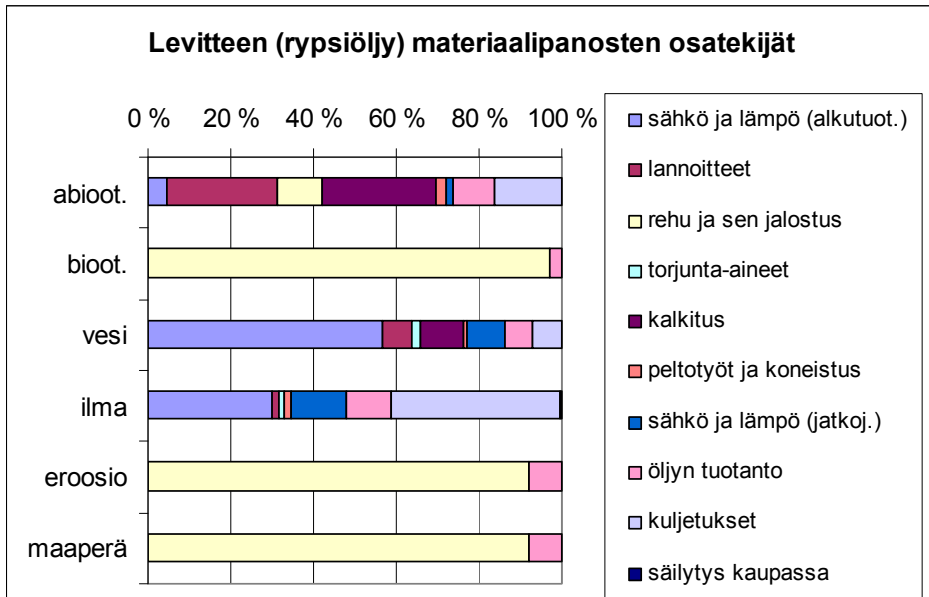
### Liite 3: Elintarvikeryhmien materiaalipanosten osatekijät



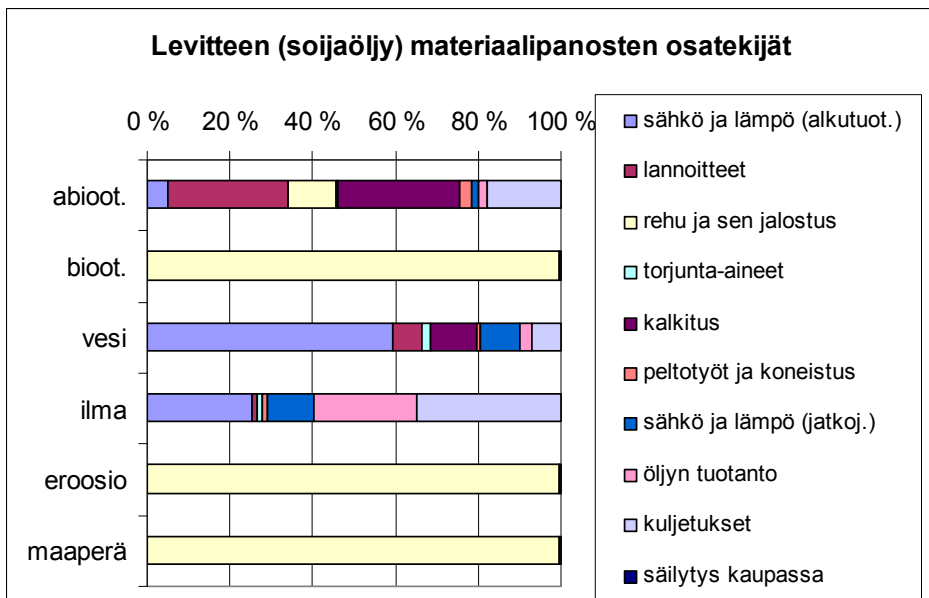
Kuva L1. Maidon materiaalipanosten osatekijät laskentataulukosta (liite 2)



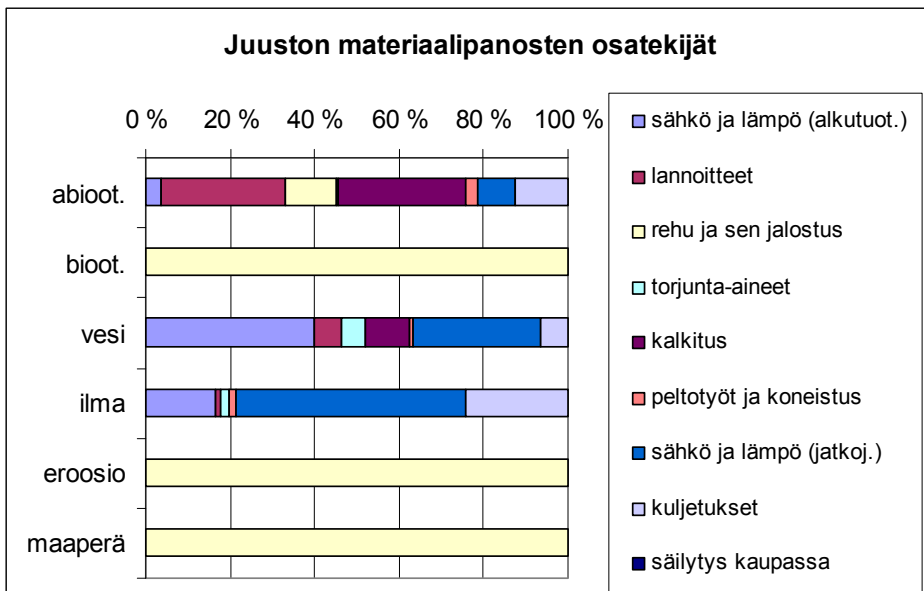
Kuva L2. Voin materiaalipanosten osatekijät



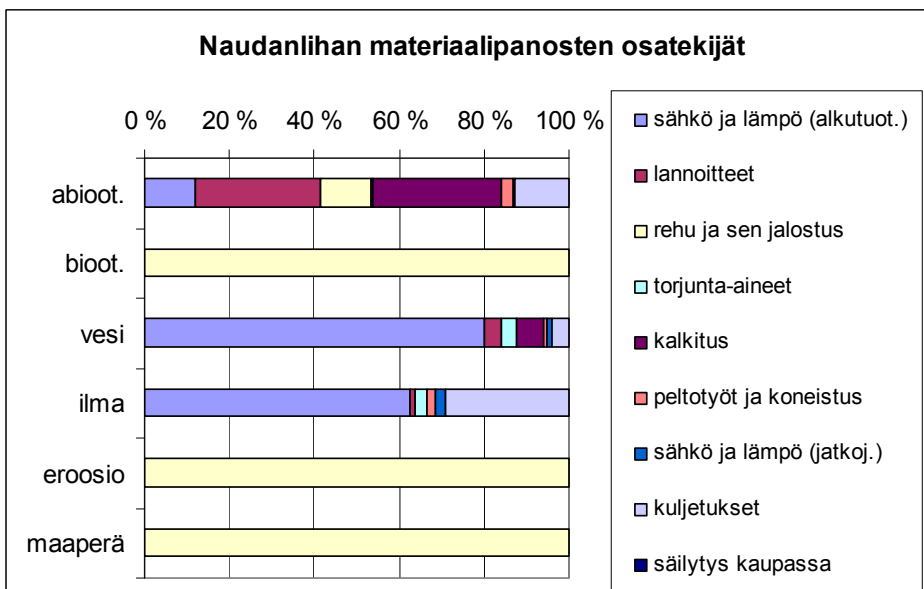
Kuva L3. Rypsiöljylevitteen materiaalipanosten osatekijät



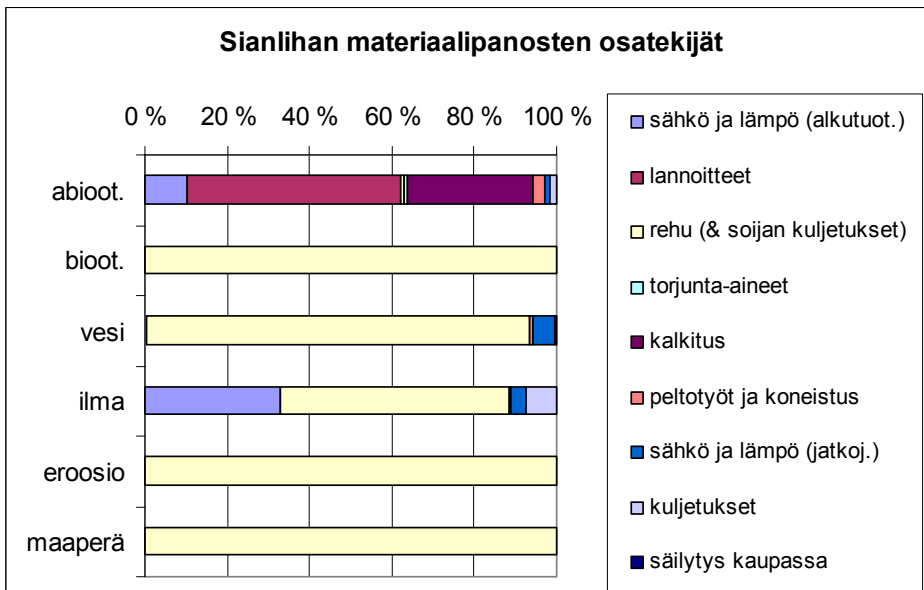
Kuva L4. Soijaöljylevitteen materiaalipanosten osatekijät



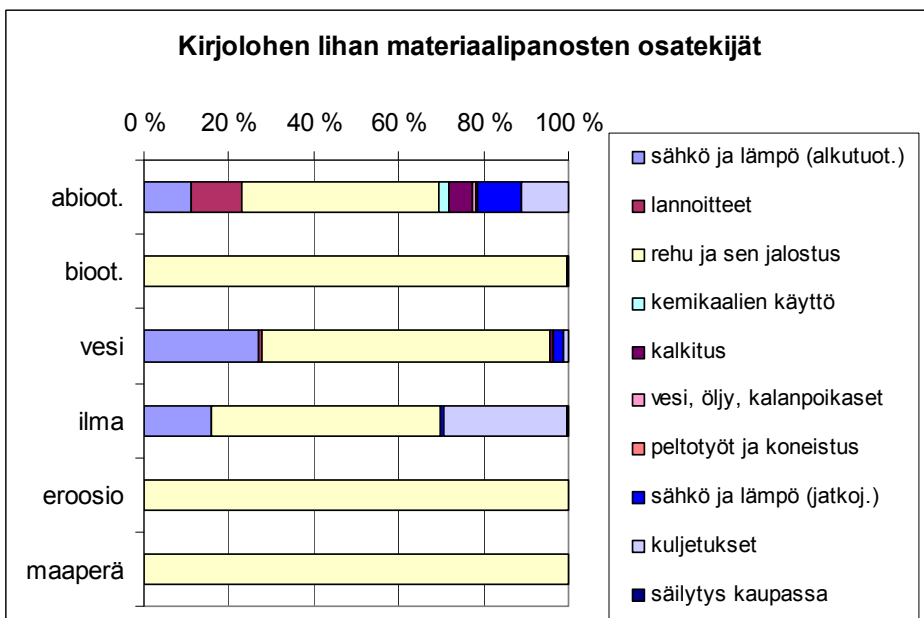
Kuva L5. Juuston materiaalipanosten osatekijät



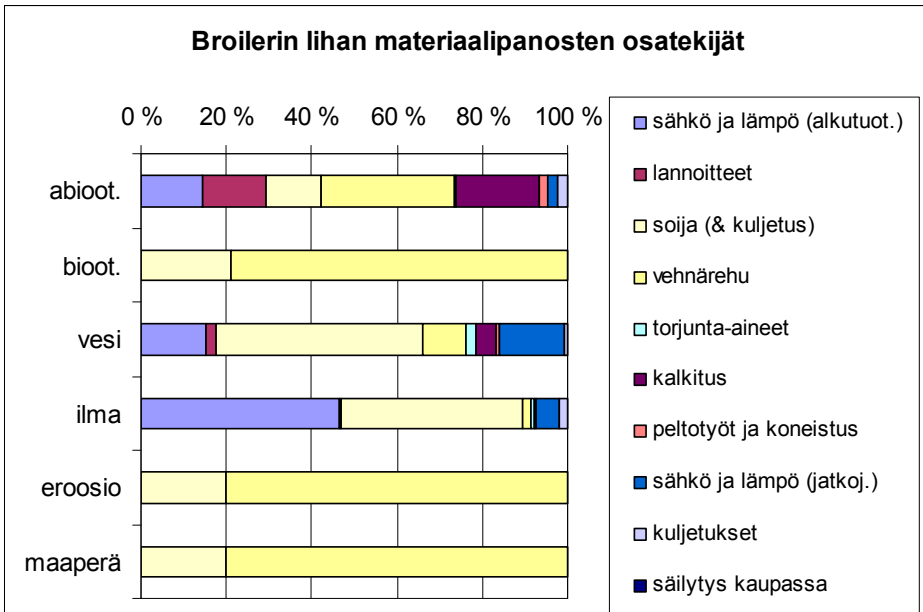
Kuva L6. Naudanlihan materiaalipanosten osatekijät



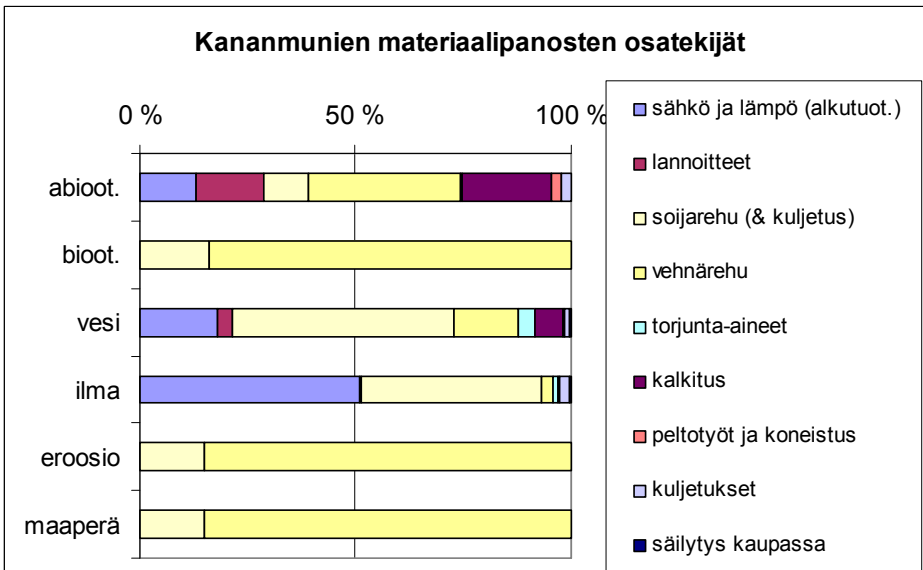
Kuva L7. Sianlihan materiaalipanosten osatekijät



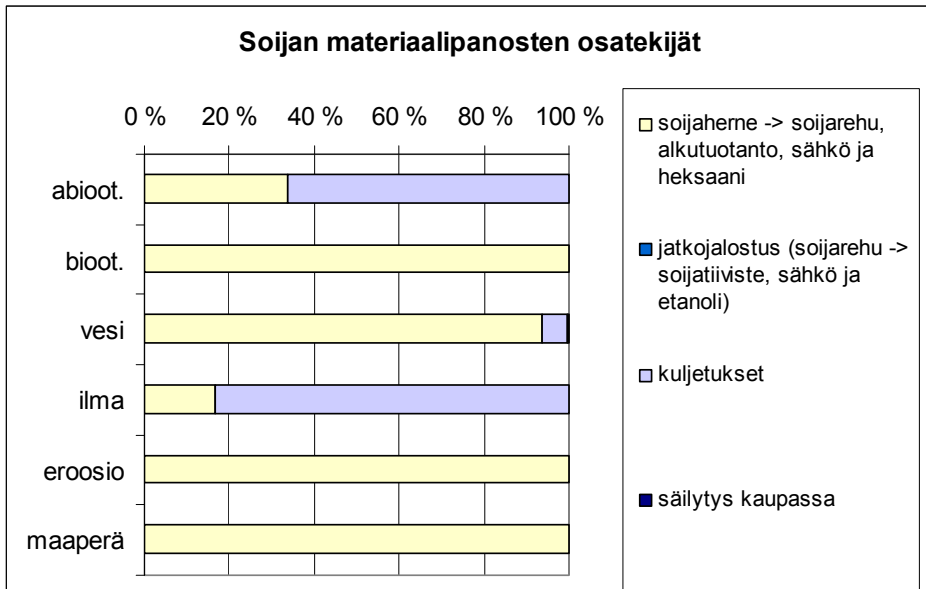
Kuva L8. Kirjoloihen lihan materiaalipanosten osatekijät



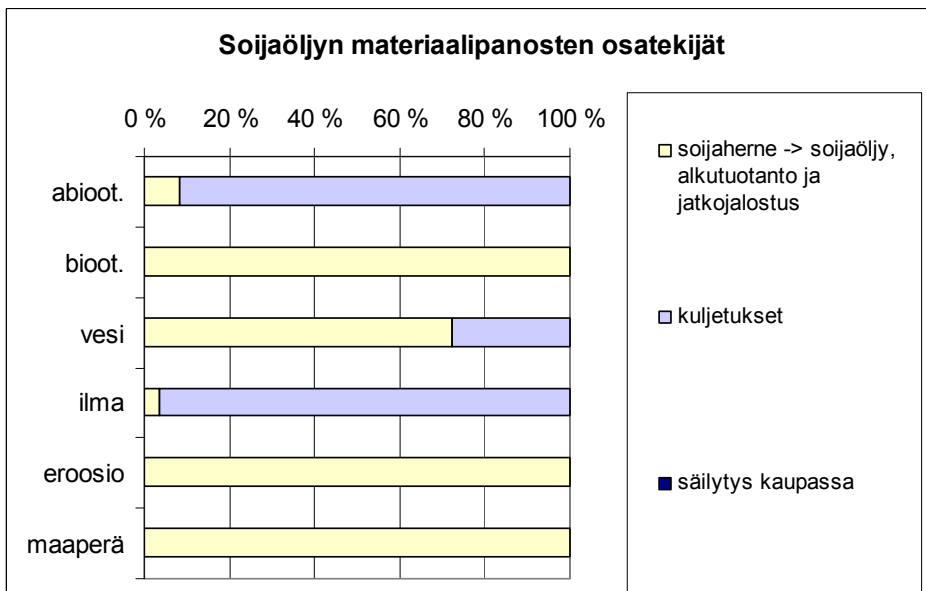
Kuva L9. Broilerin lihan materiaalipanosten osatekijät



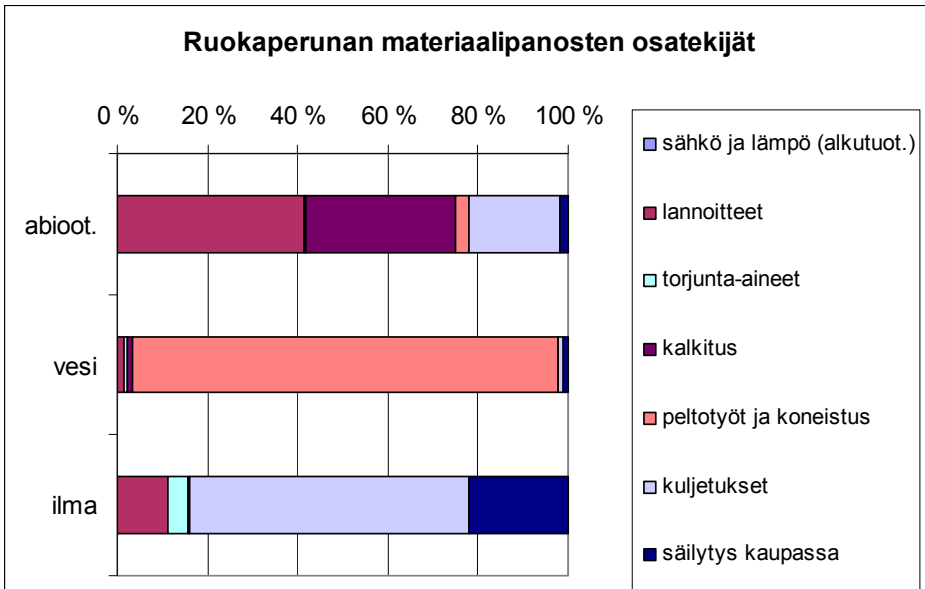
Kuva L10. Kananmunien materiaalipanosten osatekijät



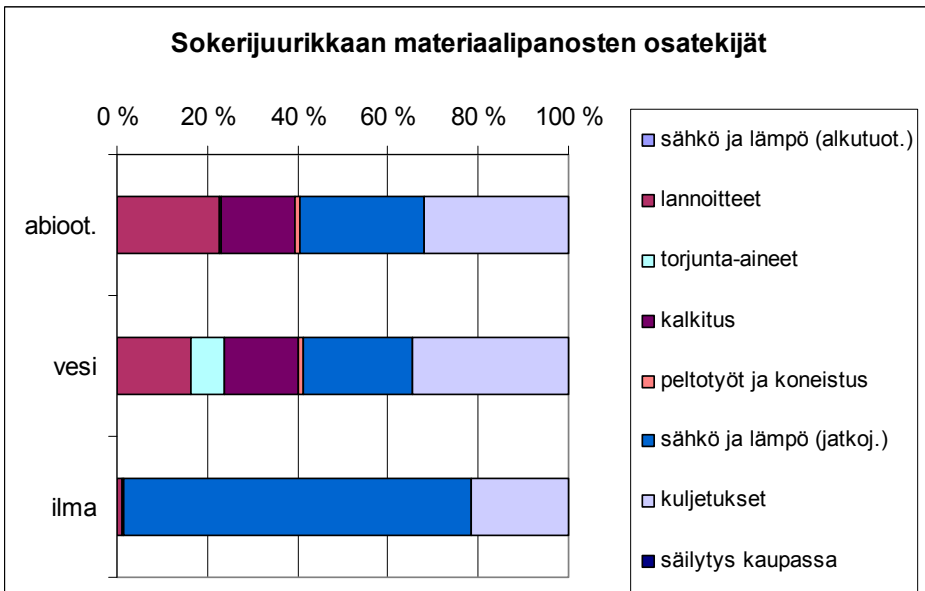
Kuva L11. Soijan materiaalipanosten osatekijät



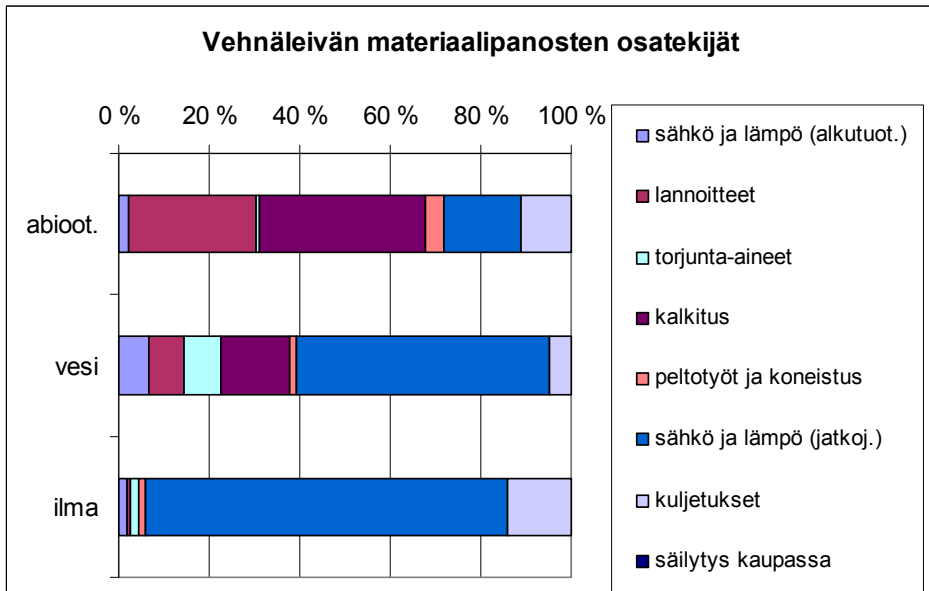
Kuva L12. Soijaöljyn materiaalipanosten osatekijät



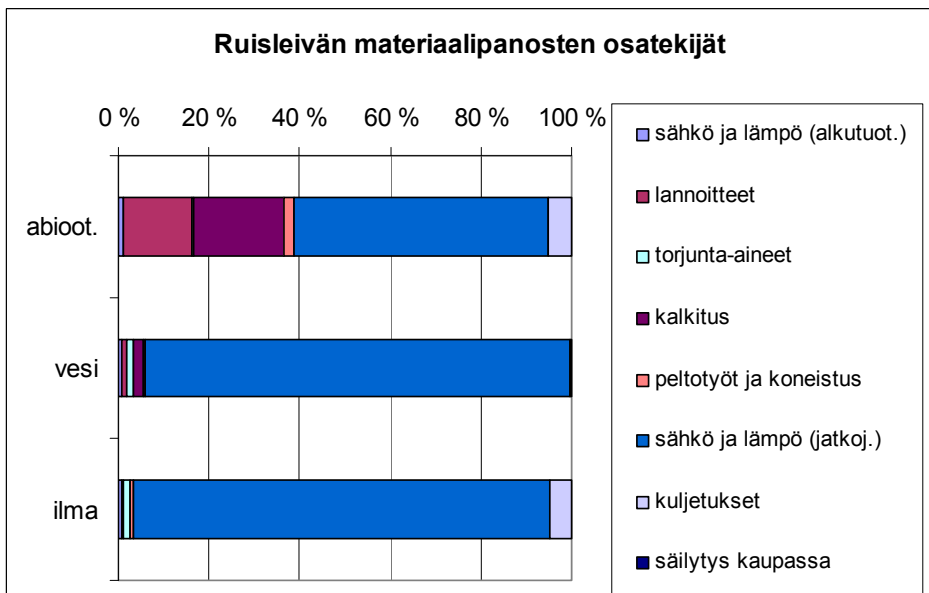
Kuva L13. Ruokaperunan materiaalipanosten osatekijät



Kuva L14. Sokerijuurikkaan materiaalipanosten osatekijät

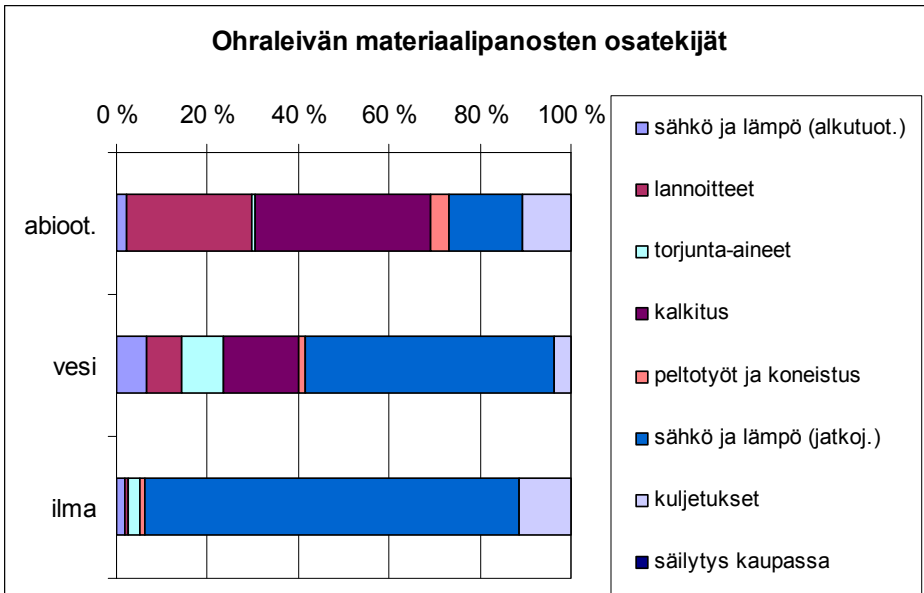


Kuva L15. Vehnäleivän materiaalipanosten osatekijät

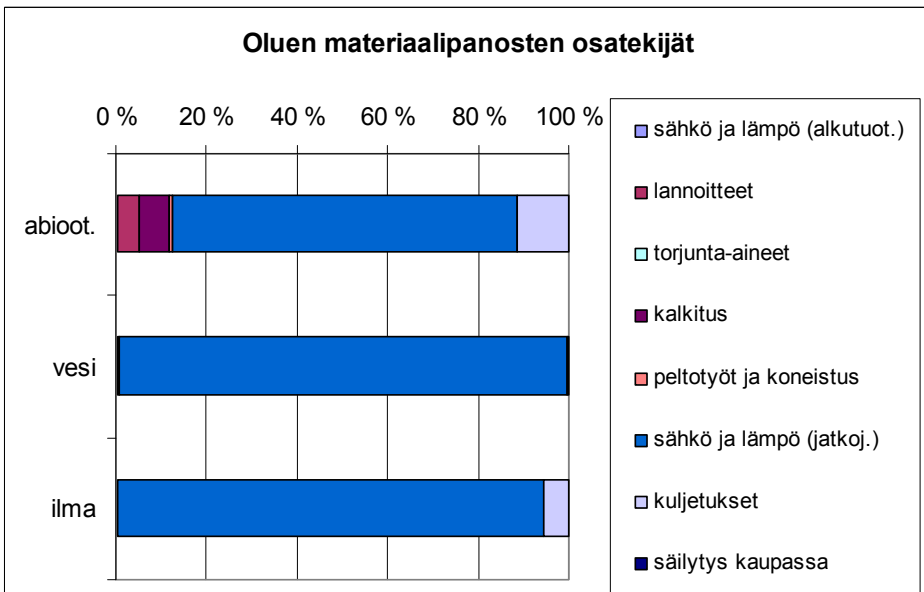


Kuva L16. Ruisleivän materiaalipanosten osatekijät

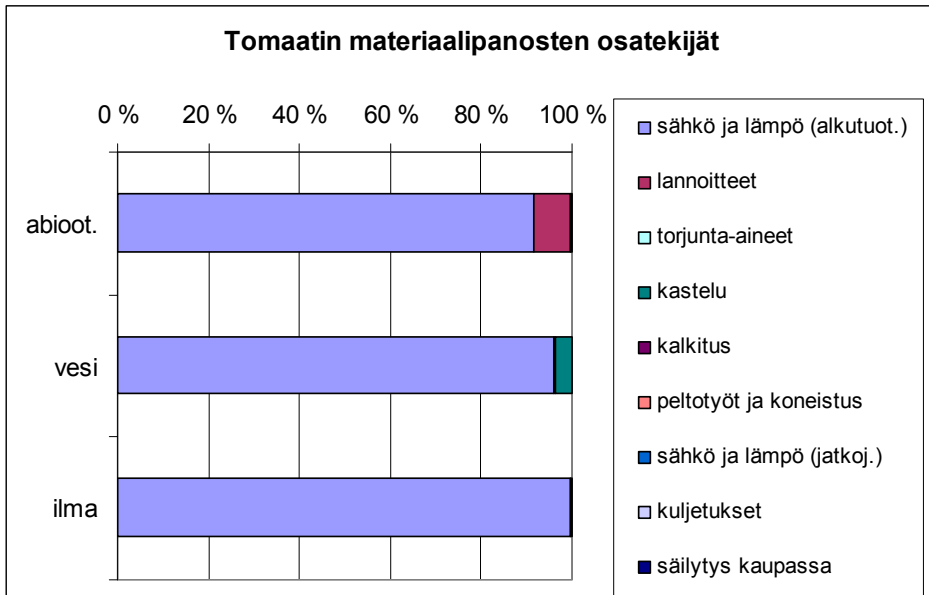




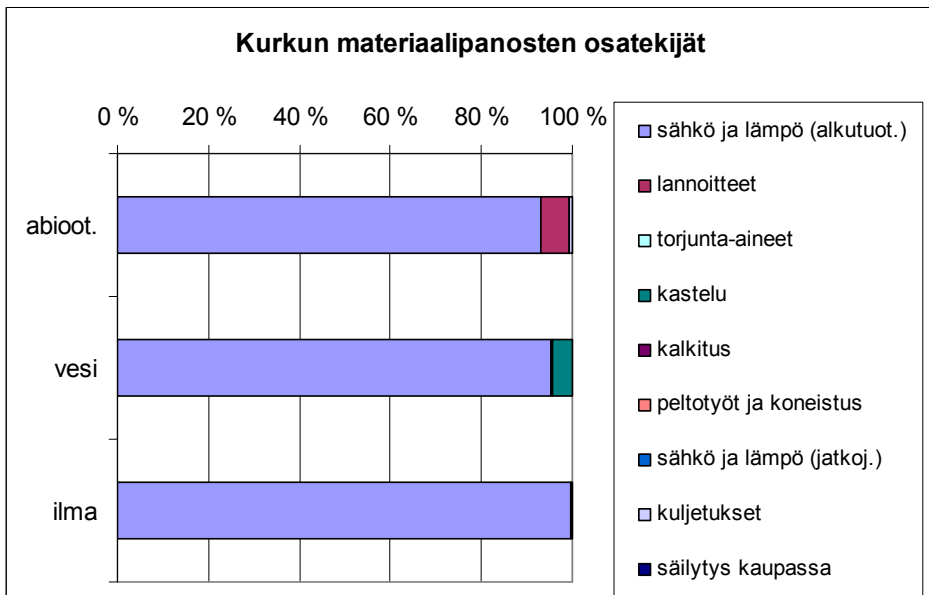
Kuva L17. Ohraleivän materiaalipanosten osatekijät



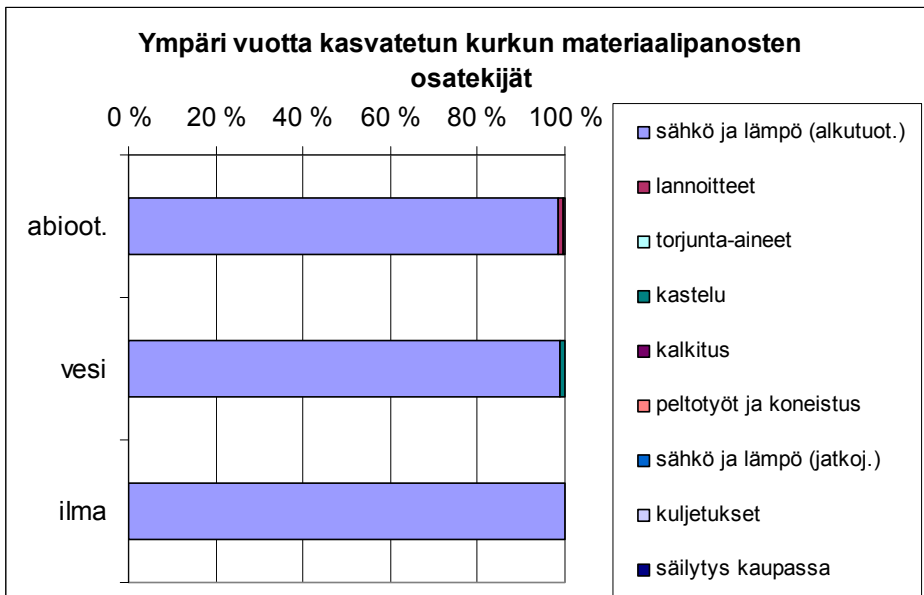
Kuva L18. Oluen materiaalipanosten osatekijät



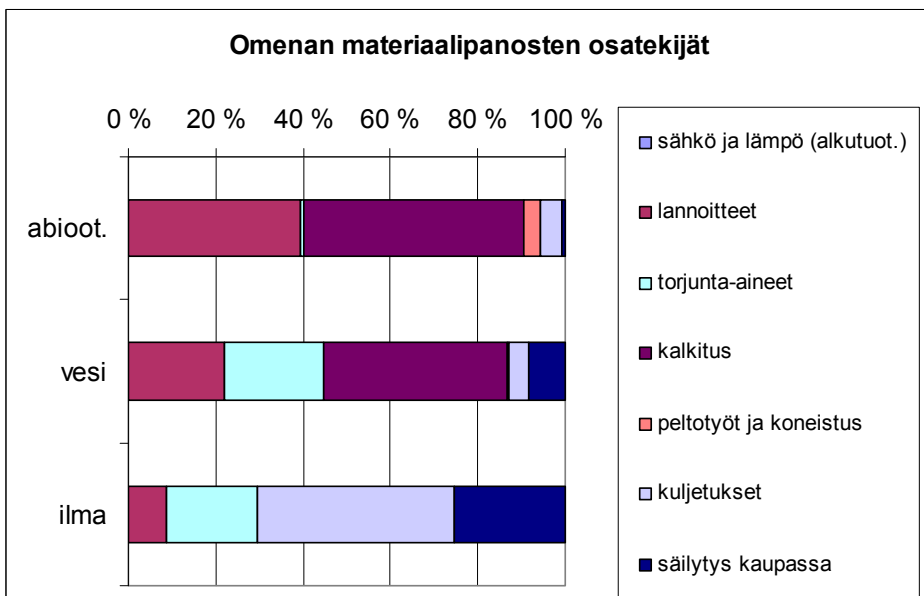
Kuva L19. Tomaatin materiaalipanosten osatekijät



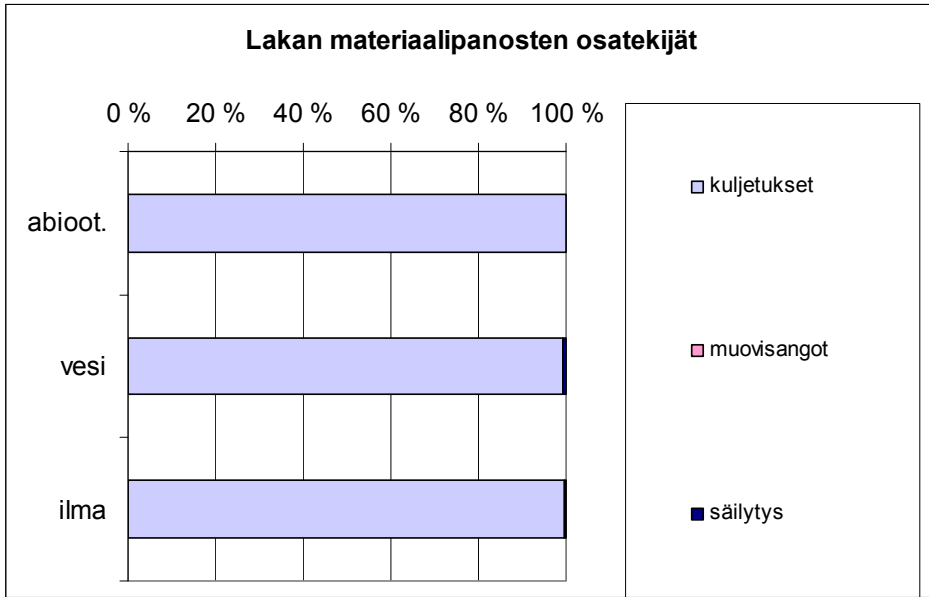
Kuva L20. Kurkun materiaalipanosten osatekijät



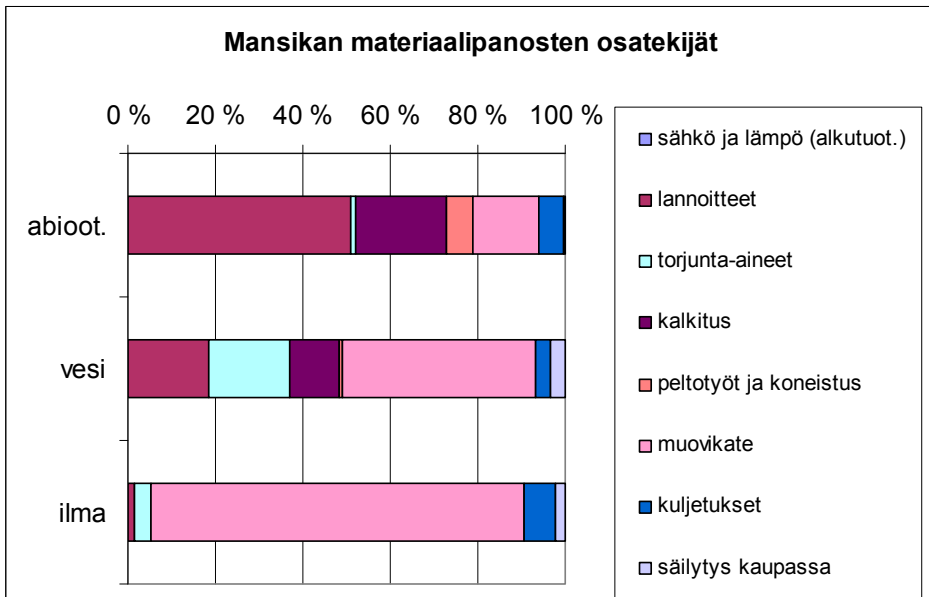
Kuva L21. Ympäri vuotisen kurkun materiaalien osatekijät



Kuva L22. Omenan materiaalien osatekijät



Kuva L23. Luonnonvaraisen lakan materiaalipanosten osatekijät



Kuva L24. Viljellyn mansikan materiaalipanosten osatekijät

