



Kesäpöytä Juustokerma- perunoiden ja Pirkka-perunajauhon ympäristövaikutukset

Pasi Voutilainen, Juha-Matti Katajajuuri,
Hanna-Riikka Tuhkanen ja Niina Honkasalo



Maa- ja elintarviketalous 34
54 s.

Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka-perunajauhon ympäristö- vaikutukset

Pasi Voutilainen, Juha-Matti Katajajuuri, Hanna-Riikka
Tuhkanen ja Niina Honkasalo

ISBN 951-729-810-2 (Painettu)
ISBN 951-729-811-0 (Verkkojulkaisu)
ISSN 1458-5073 (Painettu)
ISSN 1458-5081 (Verkkojulkaisu)
www.mtt.fi/met/pdf/met34.pdf

Copyright
MTT

Pasi Voutilainen, Juha-Matti Katajajuuri,
Hanna-Riikka Tuhkanen ja Niina Honkasalo

Julkaisija ja kustantaja
MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalvelut, 31600 Jokioinen
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339
sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi
2003

Kannen kuva
Kalervo Ojutkangas
Painopaikka
Data Com Finland Oy

Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka-perunajauhon ympäristövaikutukset

Pasi Voutilainen¹⁾, Juha-Matti Katajajuuri¹⁾, Hanna-Riikka Tuhkanen²⁾
ja Niina Honkasalo³⁾

¹⁾ MTT, Ympäristöntutkimus, 31600 Jokioinen, pasi.voutilainen@mtt.fi,
juha-matti.katajajuuri@mtt.fi

²⁾ MTT, Ympäristöntutkimus, Karilantie 2A, 50600 Mikkeli, hanna-riikka.tuhkanen@mtt.fi

³⁾ VTT, PL 1606, 02044 VTT

Tiivistelmä

Tutkimuksessa kehitettiin ja sovellettiin toimintoverkkointegroitua elinkaariarviointia Lännen Tehtaiden *Kesäpöytä Juustokermaperunoiden* ja Finnamylin *Pirkka perunajauhon* tuotannon ja käytön kokonaisympäristövaikutusten arviointiin. Toimintoverkkointegroidulla toteutustavalla, johon kuului mm. prosessien huolellinen analysointi ja mallinnus tutkijoiden ja yritysten asiantuntijoiden yhteistyönä, saavutettiin yritysten ympäristöhallintaa edistävää lisähyötyä sekä omien prosessien kasvaneen tuntemuksen että tuotejärjestelmien ympäristökuormitusten suhteiden hahmottumisen ansiosta.

Kahden tutkitun, erityyppisen perunatuotteen ympäristövaikutukset ja niiden jakaumat vaihtelivat vaikutusluokittain tuotteiden ja järjestelmävaiheiden välillä.

Kesäpöytä Juustokermaperunoiden rehevöitymistä aiheuttava typpi- ja fosforikuormitus syntyy pääosin maitopohjaisten kastikeraaka-aineiden tuotannosta. Tämä johtuu maitopohjaisten raaka-aineiden tuotannon vaatimasta moninkertaisesta tuotantopinta-alasta perunaraaka-aineeseen verattuna. Perunaa saadaan hehtaarilta noin 35 000 kg/ha, kun taas maidon hehtaarisäntä on vain noin kymmenesosa tästä. Maidosta saadaan edelleen juustoa noin kymmenesosa.

Kesäpöytä Juustokermaperunoiden tuotejärjestelmän suurimmaksi yksittäiseksi ilmaston lämpenemiseen vaikuttavaksi tekijäksi todettiin tuotteen säilyttäminen kaupan pakastinaltaassa. Pakastesäilytyksen osuus vaihtelee kuitenkin tuotteittain ja kaupoittain riippuen säilytysajan pituudesta ja pakastintilan käytön tehokkuudesta. Ilmaston lämpenemiseen havaittiin vaikuttavan tuntuvasti myös Lännen Tehtaiden tuotantolaitoksella pakastamiseen käytetävän typen valmistus sekä jalostukseen käytetyn energian hankinta.

Pirkka perunajauhon osalta ympäristövaikutukset painottuvat perunan viljelyyn, koska kuiva-ainepitoisuudeltaan korkean perunajauhon valmistus vaatii suhteellisesti suuren perunan tuotantopinta-alan. Ilmaston lämpenemiseen

vaikuttavat kuitenkin merkittävästi myös perunan kuivaus tehtaalla sekä traktorien käyttö.

Ympäristövaikutukset riippuvat viime kädessä kuluttajien tekemistä tuotevalinnoista. Teollisuus voi tehokkaimmin vaikuttaa kestävään kehitykseen tekemällä tuotteistaan mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavia. Tutkimuksen tärkeä johtopäätös kuitenkin on, että elintarvikkeiden kohdalla on huomioitava myös alueellinen, hehtaarikohtainen näkökulma. Erityisesti rehevöitymiseen liittyvien kysymysten osalta on varmistettava, ettei tuotannon ympäristökuormitus ylitä tuotantoalueen paikallisen ympäristön kantokykyä.

Avainsanat: elintarvikkeet, peruna, elinkaariarviointi, ympäristöjohtaminen, ympäristövaikutukset, LCA, ISO14040, ISO14001.

Environmental impacts of Kesäpöytä Cheese-cream potato gratin and Pirkka potato flour

Pasi Voutilainen¹⁾, Juha-Matti Katajajuuri¹⁾, Hanna-Riikka Tuhkanen²⁾
Niina Honkasalo³⁾

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland, pasi.voutilainen@mtt.fi, juha-matti.katajajuuri@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, Karilantie 2A, FIN-50600 Mikkel, Finland, hanna-riikka.tuhkanen@mtt.fi

³⁾ VTT, PO Box 1606, FIN-02044 VTT, Finland

Abstract

Supply web based Life Cycle Assessment (LCA) method was developed and applied to assess environmental impacts of *Kesäpöytä Cheese-cream potato gratin* and *Pirkka potato flour*. The supply web based approach, including detailed analysis and modelling of the real processes in co-operation of the research scientists and the experts of the companies, brought considerable additional benefit to the environmental management of companies due to increased knowledge on companies' own processes and the relations of the environmental impacts within the product systems.

All essential production and distribution stages were assessed, starting from the production of fertilizers and other farm inputs, followed by the cultivation of crops, processing and packing in industry, production of packaging, and distribution to the retail stores. Environmental impact potentials considered included global warming, eutrophication and acidification. Valuation methods were not applied.

For the *Kesäpöytä Cheese-cream potato gratin* milk-based raw materials were found the largest cause for eutrophication. The main cause for global warming and acidification was the energy supply for the deep-freezers at the retail. However, the effects of the deep-freezer storing vary greatly depending on the throughput and the effectively of the space use of the deep-freezers. Also the production of the liquid nitrogen for the IQF (Individually Quick-Freeze) and the energy supply for the manufacture of the gratin were found significant contributors to global warming.

According to the results, the environmental loads from the arable land dominate the environmental impacts of the *Pirkka potato flour* product system. Nitrogen and phosphorus run-off cause the most of eutrophication. Main source of global warming is the nitrous oxide emissions from the agricultural soil. Also the carbon dioxide emissions from the drying of potato at the fac-

tory and the use of tractors on the farms contribute significantly to the global warming potential of the potato flour system.

In the end environmental impacts depend on the choices of the consumer. The industry can contribute to the sustainable development by making the product systems environmental benign. However, an important conclusion from the study was that for the agricultural products it is not necessarily sufficient to consider the overall loads of the product systems only. It was found that also regional carrying capacity aspects need to be considered especially for the water emissions from the agricultural production.

Key words: Life Cycle Assessment, Environment Management, potato, food, ISO 14040, ISO 14001.

Alkusanat

Tämä raportti on hankekokonaisuuden *Ympäristövaikutukset ruokakorissa - FOODCHAIN* osana toteutettu perunatuotteiden elinkaariarviointi. Tässä osatutkimuksessa dokumentoitiin ja verifioitiin Lännen Tehtaiden tuottaman *Kesäpöytä Juustokermaperunoiden* ja Finnamylin tuottaman *Pirkka - perunajauhon* todellisten tuotantoketjujen mukaiset ympäristökuormitukset. Projektin taustalla on kasvava tarve tuottaa maatalouden ja elintarviketeollisuuden tuotteista ja prosesseista niiden ympäristönäkökohtiin liittyviä elinkaari pohjaisia tietoja, joita voidaan käyttää sekä tuotteiden ja prosessien kehittämisen tukena että asiakasinformaationa. FOODCHAIN-tutkimus on jatkoa aiemmin toteutetulle tutkimukselle *Ympäristöhallinnan ja sen tietojärjestelmän kehittäminen maatilojen laatuja järjestelmän osaksi ("Rehu-LCA")*.

FOODCHAIN-tutkimuksen päärahoittajina toimivat Ympäristöklusterin tutkimusohjelma, maa- ja metsätalousministeriön Elintarviketalouden laatustrategia, Kemira GrowHow, Lännen Tehtaat/Apétit, Raisio Yhtymä, Ruokakesko, Suomen Rehu, Valio, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT ja VTT. Tutkimuksen toteuttivat Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) ympäristöhallintayksikkö ja VTT Prosessit. FOODCHAIN-tutkimuksen vastuullisina johtajina olivat tutkimuspäällikkö Torsti Loikkanen (VTT) ja professori Sirpa Kurppa (MTT) sekä projektipäällikkönä tutkija Juha-Matti Katajajuuri (MTT). FOODCHAIN-tutkimuksen johtoryhmään osallistuivat ylitarkastaja Heikki Latostenmaa ympäristöministeriöstä, ylitarkastajat Jouko Tammio ja Marja Innanen maa- ja metsätalousministeriöstä, kehityspäälliköt Seija Luomanperä ja Mikko Maisi Kemira GrowHow:sta, kehitysjohdaja Juhani Hvitfelt Lännen Tehtaat Oyj/Apétit -yksiköstä, kehitysjohdaja Pekka Heikkilä Rehuraisiosta, ympäristöinsinöörit Sanna Kanerva, Eeva-Maria Koski ja Johanna Teinilä-Kurvinen Ruokakeskolta, toimitusjohtaja Erkko Pietarinen Siemenperunakeskuksesta, kehitysjohdaja Asko Haarasilta Suomen Rehusta, ympäristöpäällikkö Matti Pankakoski Valiolta, kehityspäällikkö Susanna Monni Maaseutukeskusten Liitosta, tutkimuspäällikkö Torsti Loikkanen VTT:stä johtoryhmän puheenjohtajana, professori Sirpa Kurppa MTT:lta ja tutkija Juha-Matti Katajajuuri johtoryhmän sihteerinä.

Perunan tapaustutkimusta ohjanneeseen projektiryhmään osallistuivat Finnamylin Ossi Paakki, Keskön Eeva-Maria Koski ja Johanna Teinilä-Kurvinen sekä Lännen Tehtaiden Juhani Hvitfelt ja Ulla Tähtinen. Hankkeen tiedonkeruuseen osallistuivat ja toteuttamiseen myötävaikuttivat osallistuvista yrityksistä lisäksi Pasi Heino, Orvo Aarnio ja Raimo Junnila Lännen Tehtailta, Tauno Henttinen Finnamylistä, Jukka-Pekka Palohuhta Siemenperunakeskuksesta, Risto Rönn KeSpedistä sekä Heikki Hero, Seija Luomanperä ja Mikael Brannback Kemira GrowHow:sta ja Riikka Timonen Kemira Engineeringistä sekä joukko muita tärkeitä taustahenkilöitä. Tiedot kerättiin

myös Lännen Tehtaiden sopimusviljelijöiltä. Toimintoverkoista tietoja toimittivat mm. Avanspackin, Fortumin, M-Realin, Nordkalkin, Petersonwalkin, SCA:n, Stora Enson ja VoimaVasun useat edustajat. Pasi Voutilainen MTT:ltä toimi tämän osahankkeen vetäjänä. Muut päättäjät olivat Juha-Matti Katajajuuri MTT:ltä ja Niina Honkasalo VTT:ltä. Maatalouteen liittyvät kuormituslaskelmat ovat tehneet MTT:n Hanna-Riikka Tuhkanen huuhoutumien osalta ja Kristiina Regina kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Kuljetus- ja jakelulogiikan ja niiden ympäristökuormitusten mallintamisen toteutti VTT:n erikoistutkija Yrjö Virtanen. Erityiskysymysten osalta hankkeeseen osallistuivat myös monet muut MTT:n ja VTT:n tutkijat.

Tekijät

Sisällysluettelo

1 Johdanto	11
2 Tutkimuksen tavoite.....	11
3 Tutkimuksen soveltamisala.....	12
3.1 Toiminnallinen yksikkö.....	12
3.2 Tuotejärjestelmän rajaukset.....	12
3.2.1 Panostuotanto	15
3.2.2 Viljely.....	15
3.2.3 Ruokaperunan jalostus juustokermaperunaksi	15
3.2.4 Juustokermaperunoiden muiden raaka-aineiden valmistus	15
3.2.5 Tärkkelysperunan jalostus jauhoksi	16
3.2.6 Kuluttajapakkauksien valmistus.....	16
3.2.7 Varastointi, jakelu ja kauppa.....	16
3.2.8 Kuluttaja.....	16
3.2.9 Pääjärjestelmän yleiset tukitoiminnot	16
3.3 Rajoitukset ja sovellettavuus	16
3.4 Allokoinnit	17
4 Tiedonkeruu	18
4.1 Panosten valmistus	18
4.2 Perunan viljely	18
4.2.1 Koneketju tilalla	19
4.2.2 Kalkitus	19
4.2.3 Torjunta-aineiden käyttö	20
4.2.4 Peltolohkoilta aiheutuvien ympäristökuormitusten arviointi	20
4.2.4.1 Ilmapäästöt	20
4.2.4.2 Ravinnehuuhtoumat.....	21
4.3 Ruokaperunan jalostus	22
4.3.1 Prosessikuvaus	22
4.3.2 Raaka-aineet ja sivuvirrat.....	22

4.3.3	Käyttöhyödykkeet	23
4.3.4	Paikallinen energian tuotanto	24
4.3.5	Jäteveden käsittely.....	25
4.4	Ruokaperunan muiden raaka-aineiden valmistusketjut.....	25
4.5	Perunajauhon jalostus.....	26
4.5.1	Prosessikuvaus	26
4.5.2	Hävikit ja sivuvirrat.....	27
4.5.3	Käyttöhyödykkeet	27
4.6	Kuluttaja- ja ryhmäpakkausten valmistus.....	28
4.7	Jakelu ja kauppa	29
4.8	Kuluttaja	29
4.9	Järjestelmän tukitoiminnot	30
5	Tulokset.....	31
5.1	Inventaarioanalyysin tulokset.....	31
5.1.1	Juustokermaperunat –hiilidioksidi (CO ₂)	31
5.1.2	Juustokermaperunaketju –typpi (N) ja fosfori (P).....	33
5.1.3	Juustokermaperunat –typen oksidit (NO _x) ja rikkidioksidi (SO ₂).....	35
5.1.4	Kiinteät jätteet juustokermaperunaketjussa	36
5.1.5	Perunajauhoketju –hiilidioksidi (CO ₂)	37
5.1.6	Perunajauhoketju –typpi (N) ja fosfori (P).....	38
5.1.7	Perunajauhoketju –typen oksidit (NO _x) ja rikkidioksidi (SO ₂).....	39
5.1.8	Kiinteät jätteet perunajauhoketjussa.....	40
5.2	Vaikutusarvioinnin tulokset.....	41
5.2.1	Ilmastonmuutos	41
5.2.2	Rehevöitymispotentiaali	44
5.2.3	Happamoitumispotentiaali.....	47
5.3	Epävarmuusarviointi	49
6	Johtopäätökset.....	51
7	Kirjallisuus	52

1 Johdanto

Nykyaikaisessa liiketoiminnassa tuotantoketjulähtöinen ympäristöhallinta on osa kilpailukyvyllä tärkeän liiketoimintaketjun hallintaa. Tutkimuksessa sovellettu ympäristövaikutusten arviointimenetelmä oli perinteisen, standardoidun elinkaariarvioinnin (Life Cycle Assessment, LCA, ISO 14040 -sarja) täsmäsovellus, jolla tavoiteltiin ketjun työnjaon ja omatoimisuuden lisääntymisen kautta hyvää kohdennettavuutta tutkittaviin ketjuihin ja sitä tulosten parempaa laatua ja hyödynnettävyyttä.

Elinkaariarviointia voidaan käyttää esimerkiksi tuotantoprosessien parannuskohteiden etsinnässä ja tuotevertailuissa sekä hyödyntää strategisen päätöksenteon tukena esimerkiksi kohdistettaessa tuotekehitys- ja innovaatiotoimintaa. Vaikka LCA-metodologia on standardoitu, se ei vastaa moniinkaan käytännön mallinnus- ja tiedonkäsittelykysymyksiin. Lisäksi menetelmän soveltaminen käyttökelpoisena työkaluna edellyttää ketjun toimijoiden aktiivista sitoutumista tehtävään työhön. Menetelmää, sen soveltamista ja saatuja hyötyjä on tarkasteltu tarkemmin FOODCHAIN-hankkeen yhteenvetoraportissa (Katajajuuri ym.2003).

Tutkitut perunatuotteet, *Kesäpöytä Juustokermaperunat* ja *Pirkka perunajauho*, valittiin yhteistyössä projektiin osallistuvien yritysten kanssa. Tämä tutkimus täyttää FOODCHAIN-hankekokonaisuuden tapaustutkimusten valintakriteereiden vaatimukset merkittävänä kotimaisina raaka-aineina ja peruselintarvikkeina. Myös kriteerinä ollut koko tuotantoketjun yritysten sitoutuneisuus täyttyi esimerkillisesti tässä hankkeessa.

2 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa todelliseen tuotantoketjuun ja -prosesseihin pohjautuvaa, tutkittua elinkaariarviointiin perustuvaa tietoa valittujen perunatuotteiden elinkaaren aikaisista ympäristökuormituksista, pannon tuotannosta ja viljelystä aina kaupan hyllyyn ja kuluttajalle saakka. Tutkitut tuotteet olivat Lännen Tehtaiden valmistama *Kesäpöytä -juustokermaperunat* ja Finnamylin valmistama *Pirkka perunajauho*. Tuotteita ei verrata toisiinsa. Tuotantoketjun toimintaan perustuvaa ympäristöinformaatiota voidaan hyödyntää yritysten ja niiden välisten liiketoimintaketjujen kehittämishankkeiden tukena ja asiakasinformaationa. Tavoitteena oli myös arvioida ja kehittää osallistuvien yritysten tuotekohtaisia tiedonkeruumenetelmiä ja -järjestelmiä. Tutkimuksen tulokset ovat julkaisemisen myötä tarkoitettu myös julkiseen käyttöön.

3 Tutkimuksen soveltamisala

Tutkimus käsittää perunatuotteiden tuotannon koko elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset. Tutkittavat tuotteet muodostavat kaksi itsenäistä tuotejärjestelmää. Tutkimuksen pääpaino kohdistuu perunan tuotantoketjuun pääosiin alkaen lannoitteiden ja kalkin tuotannosta, sisältäen perunan viljelyn, jalostuksen teollisuudessa ja jakelun kauppoihin. Juustokermaperunaa tarkasteltiin esimerikinomaisesti myös tuotteen säilyttämiseen ja valmistamiseen kotitaloudessa aiheutuvaa ympäristövaikutuksia. Lähtökohtana oli toteuttaa todellisiin tuotantoketjuihin perustuen valittujen tuotteiden elinkaariarvioinnit. Osallistuvilla yrityksillä oli siten merkittävä vastuu tiedonkeruusta ja –tuottamisesta.

Tutkimuksen tuloksena tutkittaville tuotteille laskettiin inventaario- ja vaikutusarviointitulokset kauppaan asti. Tutkimuksessa on pyritty keräämään kaikki kvantifioitavissa olevat ympäristökuormitukset, raaka-aineiden, polttoaineiden ja luonnonvarojen käyttö sekä aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja maahan. Seuraavissa kohdissa on määritelty tutkimuksen soveltamisalaan liittyvät tärkeimmät näkökohdat.

Tutkimuksen tuotejärjestelmiä ei vertailtu toisiinsa nähden, joten järjestelmän tuottamaa toimintoa, kuten kuluttajan saamaa ravintoarvoa tai vastaavaa, ei tutkimuksessa määritelty toiminnallista yksikköä varten. Jalostukseen saakka tuotantoketjut olivat kuitenkin hyvin lähellä toisiaan, joten tiedonkeruun sekä panostuotannon ja viljelyn tulosten osalta niitä käsitellään osittain yhteisesti.

3.1 Toiminnallinen yksikkö

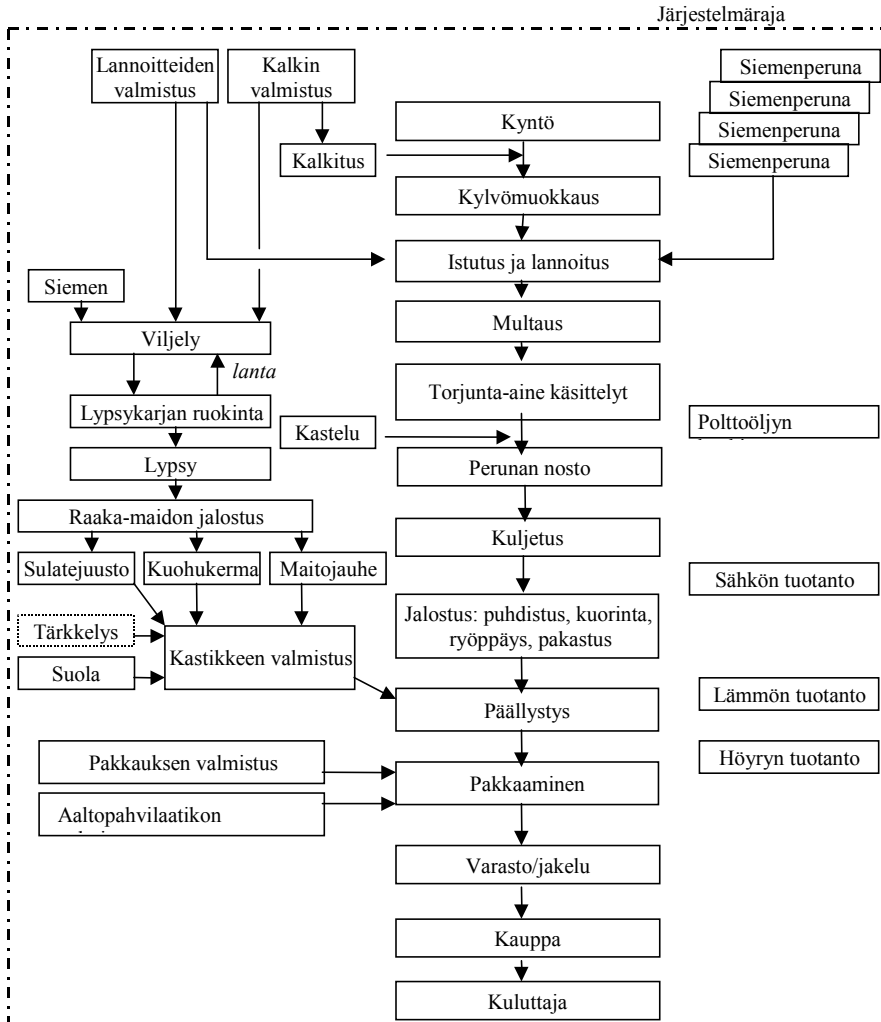
Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kahta erillistä tuotetta. Niiden toiminnalliset yksiköt olivat kuluttajien kuluttamat

- 1) 10 000 kpl 750 gramman pusseja Lännen Tehtaiden Säkylän tehtaalla valmistettavaa ja pakattavaa, kotona kypsennettävää *Kesäpöytä juustokermaperunat* -pakastetta, ja
- 2) 10 000 kpl 600 gramman pakkausta Finnamylin Kokemäen tehtaalla valmistettavaa ja pakattavaa *Pirkka perunajauhoja*.

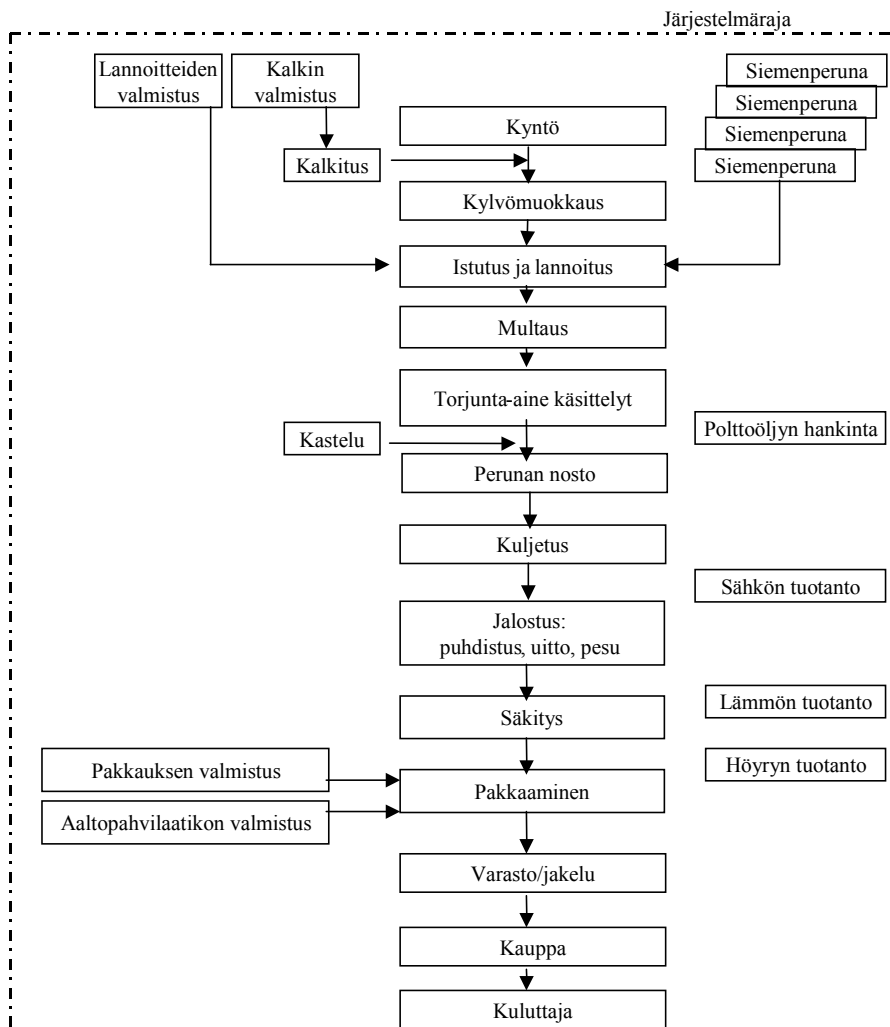
3.2 Tuotejärjestelmän rajaukset

Kuvassa 1 ja 2 on esitetty tutkittujen tuotejärjestelmien rajaukset. Järjestelmän rungon muodostavat panostuotanto, viljely, jalostus, kuluttajapakkausten valmistus, jakelu ja kauppa. Seuraavissa kohdissa näihin sisältyvät asiat on määritelty tarkemmin. Järjestelmän rungon lisäksi elinkaaren rajauksiin

sisällytettiin mm. kuljetukset, polttoaineiden- ja energiantuotanto, joita on kuvattu alla. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin järjestelmän infrastruktuuri, ihmistyö sekä koneiden, laitteiden ja rakennusten valmistus. Yksityiskohtaiset rajaukset, niiden perusteet ja allokoinnit on esitetty luvussa 4.



Kuva 1. Juustokermaperunan tuotejärjestelmän perusraja.



Kuva 2. Tutkitun perunajauhon tuotejärjestelmän perusrajaus.

3.2.1 Panostuotanto

Sekä lannoitteiden että kalkin valmistustiedot sisältävät tiedot louhoksilta valmiiksi tuotteiksi saakka. Myös lannoitesäkkien tuotantoketju aina muovin raaka-ainelähteiltä asti sisältyy tutkimukseen. Kaikkien edellä mainittujen panosten ja niiden raaka-aineiden kuljetukset huomioitiin. Torjunta-aineiden valmistuksesta ei tietoa ollut saatavilla, ja niiden valmistus rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

3.2.2 Viljely

Viljely sisälsi pelloilla tehtävät prosessit (kyntö, äestys, kylvö, kasvinsuojeluaineiden levitys, korjuu ym.) sekä vastaavasti viljelymaalta aiheutuvat kuormitukset (ravinnehuuhtoumat, CH₄, NH₃- ja N₂O-päästöt). Pelloilla tapahtuva työ sisälsi traktorin ja työkonien kuluttamat polttoaineet sekä niiden kulutuksesta aiheutuvat päästöt. Kasvintuotannosta inventoitiin panosten käyttö ja siitä aiheutuvat kuormitukset. Tilalla jatkokäsittelyyn sisältyivät tilan sisäiset kuljetukset ja siirrot, kuivaus, varastointi ja kuljetukset tiloilta tehtaalle. Ruokaperunan viljelyä tarkasteltiin Lännen Tehtaiden sopimusviljelijöiden toimittaman viljelykirjanpidon, tärkkelysperunan viljelyä katetuotolaskelmien- ja siemenperunan viljelyä Siemenperunakeskuksen (SPK) oman seurantamateriaalin perusteella.

3.2.3 Ruokaperunan jalostus juustokermaperunaksi

Ruokaperunan jalostus selvitettiin todellisen prosessin mukaisesti: puhdistus, kuorinta, leikkaus, ryöppäys, pakastus, päällystys kastikkeella, pakkaaminen kuluttaja-, ryhmä- ja kuljetuspakkauksiin ja varastointi. Vastaavasti selvitettiin kastikkeen valmistusprosessi.

3.2.4 Juustokermaperunoiden muiden raaka-aineiden valmistus

Juustokermaperunoiden muiden raaka-aineiden valmistusketjut selvitettiin kuvan 1 mukaisesti. Maitopohjaisista raaka-aineista selvitettiin panostuotanto, viljely, lypsykarjan ruokinta, lypsy, maidon keräily tiloilta ja maidon jalostus kastikkeen raaka-aineiksi saakka. Myös suolan ja tärkkelyksen valmistusketjut sisällytettiin tutkimukseen. Tärkkelyksen osalta käytettiin tässä raportissa kuvatun perunatärkkelyksen valmistusketjua.

3.2.5 Tärkkelysperunan jalostus jauhoksi

Tärkkelysperunan jalostus selvitettiin todellisen tuotannon mukaisesti: puhdistus, murskaus, tärkkelyksen erotus, pesu, kuivaus ja pakkaaminen kuluttaja-, ryhmä- ja kuljetuspakkauksiin ja varastointi.

3.2.6 Kuluttajapakkauksien valmistus

Kertakäyttöisten kuluttaja- ja ryhmäpakkausten valmistus ja niiden raaka-aineketjut selvitettiin luonnonvarojen hankintaan saakka päämateriaalien osalta. Lisäksi kuljetuspakkausyksiköistä sisällytettiin kiristekalvon valmistus. Käytetyt kuormalavat ovat kiertäviä eikä niiden valmistusta huomioitu tutkimuksessa.

3.2.7 Varastointi, jakelu ja kauppa

Tuotteiden jakelu tukkuliikkeen keskusvarastoon, varastointi ja sieltä edelleen valtakunnallinen jakelu aluekeskuksiin ja niistä kauppoihin selvitettiin. Lisäksi arvioitiin erikseen *juustokermaperunoille* kaupan pakastealtaan energiankulutus.

3.2.8 Kuluttaja

Tutkimuksessa arvioitiin kuluttajan vaikutusmahdollisuuksia juustokermaperunaketjun ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Kuluttajan osuutta arvioitiin pakastamisen ja kypsytynksen energiankulutuksen ja hiilidioksidipäästöjen avulla.

3.2.9 Pääjärjestelmän yleiset tukitoiminnot

Kaikki oleelliset järjestelmärajojen sisällä tapahtuvat kuljetukset sisällytettiin mukaan. Vastaavasti ketjun eri vaiheissa inventoidut polttoaineet ja energiat selvitettiin niiden raaka-ainelähteille saakka. Verkkosähkön ja kaukolämmön osalta käytettiin valtakunnallista keskiarvoa. Lännen Tehtaiden tuotantolaitokselle tulevan höyryn, kaukolämmön ja paineilman tuotanto selvitettiin paikallisen energian tuotannon mukaisesti.

3.3 Rajoitukset ja sovellettavuus

Hankkeessa kerätyt tiedot perustuivat lähtökohtaisesti tuotantoketjun toimintaan vuosina 2000-2001. Ruokaperunanviljelyn osalta ympäristökuormitustiedot määritettiin kattavasti perustuen sopimustilojen lohkokirjanpitoon vuonna 2001, ja ne antavat hyvän kuvan Lännen Tehtaiden ruokaperunatuo-

tannosta kyseiseltä vuodelta. Tärkkelysperunan viljelyn osalta käytettiin Finnamylin määrittämiä katetuottolaskelmia, joten laskelman taustalla olevia lähtötietoja ei ole dokumentoitu todellisen tärkkelysperunan tuotannon perusteella. Tärkkelysperunan viljelyn tiedot kuvaavat näin ollen yleistä tavoiteltua tärkkelysperunan viljelyn toimintaa. Jalostusprosessien tietoihin on kullekin parametrille käytetty relevanteimpien ajanjaksojen tietoja, jotka on esitetty luvussa 4. Ketjun eri osien tiedon laatua ja alkuperää on tarkasteltu yksityiskohtaisesti luvussa 4. Perunaketjujen tiedot edustavat kuvissa 1 ja 2 kuvattuja tuotantoketjuja eivätkä keskimääräistä perunan viljelyä ja jalostusta, ja siten niitä ei tule suoraan soveltaa vastaavien tuotantoketjujen tai koko kotimaisen perunantuotannon ympäristökuormitusten arviointiin. Kuten lopputuloksista havaitaan, tulokset ovat tuotekohtaisia ja vaihtelevat perunatuotteittain huomattavasti. Tuloksia tulisikin käyttää tutkitun ketjun parantamiseksi, ei erilaisten tuotteiden vertailuun.

Tiedonkeruussa selvitettiin kaikkien järjestelmärajojen sisälle kuuluvien prosessien syöte- ja tuotostiedot niin kattavasti kuin mahdollista. Suuria epävarmuuksia liittyy kuitenkin mm. raskasmetallipäästöjen, hiukkaspäästöjen ja haitallisiin aineisiin liittyvien päästöjen arviointiin, joten niitä ei tuloksissa esitetä. Epävarmuuksia liittyy myös useisiin muihin muuttujiin. *Juustokermaperunoille* arvioitiin esimerkinomaisesti muutaman tunnetun epävarman muuttujan suuruutta ja sen vaikutusta kokonaistuloksen epävarmuuteen.

3.4 Allokoinnit

Käsiteltäessä järjestelmiä, joissa syntyy samalla useampia tuotteita, kuten maataloustuotanto ja elintarvikkeiden jatkojalostus, tarvitaan allokointimenetelmiä. Allokoinnissa materiaali- ja energiavirrat samoin kuin niihin liittyvät ympäristöpäästöt allokoidaan eli jyvitetään eri tuotteille selvästi määriteltujen menettelytapojen mukaan. Elintarvikkeiden alkutuotanto tapahtuu biologisessa ympäristössä, jossa eri prosesseilla on usein tavanomaista laajempi vaikutus moniin muihin prosesseihin. Tästä johtuen allokointi eli prosessin syöte- ja tuotosvirtojen kohdistaminen tutkittavaan tuotejärjestelmään on viljelyprosessissa ongelmallisempaa kuin useilla teollisuudenaloilla.

Viljelyn osalta tutkittiin ainoastaan perunantuotantoprosessia, ei esimerkiksi tilan kokonaistoimintaa, jolloin kohdentamiselta vältyttiin. Sähkön ja lämmön yhteistuotannon syötteet ja tuotokset allokointiin energiaperiaatteen mukaan. Muovien ja aaltopahvien valmistustiedot perustuvat pitkälti eurooppalaisten toimialajärjestöjen keräämiin tietoihin (APME 1999, FEFCO 2000). Ne olivat pääosin saatavilla vain aggregoituina, ja niiden taustalla tehdyt allokoinnit perustuvat pääosin massaosuuksiin.

Juustokermaperunoiden valmistuksessa käytettiin paljon maitopohjaisia raaka-aineita. Niiden tuotantoketjussa päästöjä aiheutui mm. lypsykarjan märeh-

dinnästä ja lannasta, rehujen tuotannosta, maitohuoneen jätevesistä ja rehun tuotannossa tarvittavien panosten tuotannosta. Maidon sivutuotteina syntyy vasikoita ja lihaa. Tuotantoketjussa tarvittavista panoksista ja syntyvistä ympäristökuormituksista 88,5% kohdennettiin maidolle. Tarkemmin maitopohjaisten raaka-aineiden tuotantoon ja käyttöön kohdentamisen menettelyyn voi tutustua raportissa Emmental Sinileima –juuston ympäristövaikutukset ja parantamismahdollisuudet (Voutilainen ym.2003).

4 Tiedonkeruu

4.1 Panosten valmistus

Lannoitteiden valmistuksen ympäristökuormitus huomioitiin aina mineraali-raaka-aineiden hankinnasta lähtien kuljetuksineen valmiiksi tuotteiksi. Näihin sisältyvät valmistustiedot mm. tuotantoketjussa käytettävistä hapoista (typpi-, rikki- ja fosforihappo) ja muista pääraaka-aineista kuten kaliumkloridista. Myös niiden raaka-aineiden hankinnasta ja valmistuksesta, kuten typpihapon valmistuksessa tarvittavan ammoniakkin tuotannosta maakaasusta. Tiedot saatiin kotimaiselta lannoitevalmistajalta (Kemira GrowHow Oy, 2002, kirjallinen tiedonanto) ja ne sisälsivät luonnonvarojen ja energian kulutukset sekä valmistuksesta aiheutuneet päästöt. Tiedot lannoitteiden käytöstä saatiin maitoa toimittavien tilojen (20 kpl) haastattelututkimuksesta, joka sisälsi lohkokohtaiset tiedot yhden viljelykierron (3-5 v.) ajalta. Näiden mukaan määritettiin keskimääräinen lannoitekoostumus, jota tiloilla käytettiin. Myös lannoitteiden suursäkkien valmistuksen tiedot (UPM-Kymmene ja APME 1999) ja säkkien kuljetus tiloille sisältyvät laskelmiin.

Maanparannuskalkin valmistuksen päästötiedot saatiin kotimaiselta tuottajalta (Nordkalk Oy, 2002, kirjallinen tiedonanto). Tiedot kattavat vaiheet louhokselta jauhetuksi kalkiksi asti. Lisäksi kalkin kuljetus tiloille säiliöautoilla sisältyi selvitykseen.

4.2 Perunan viljely

Juustokermaperunoiden raaka-ainetta, ruokaperunaa, viljelevät Lännen Tehaiden sopimusviljelijät ovat sitoutuneet tuottamaan raaka-ainetta IP-viljelyn periaattein. Perunan viljelytiedot kerättiin lohkokohtaisen IP –viljelyseurannan avulla vuodelta 2001. Tämän lisäksi viljelijöille suoritettiin kirjallinen kysely ympäristönäkökohtiin vaikuttavista tekijöistä. Työkoneiden eri työvaiheiden energiankulutustietona käytettiin Työtehoseuran mallilaskelmia, joita on täydennetty työvaiheiden tehontarvearvioilla. Vertailutietoina käytettiin tilahaastatteluja sekä Työtehoseuran tutkimusta, jossa on vertailtu eri maiden perunan ja muiden viljelykasvien tuotantoon tarvittavaa energia- ja työmäärää (Palonen & Oksanen 1993). Ruoka-, tärkkelys- ja siemenpe-

runaviljelyn prosessit ovat hyvin samantyyppisiä ja tutkimuksessa työkoneiden polttoaineiden kulutus pidettiin samana. Erot syntyvät lannoitteiden käytössä ja satotasoissa.

Juustokermaperunoiden raaka-ainetta tuottavilla tiloilla ruokaperunan viljelyssä keskimääräinen satotaso, jota tässä tutkimuksessa käytettiin oli 35 000 kg/ha ja lannoitteiden käyttö 65,4 kg/ha typpeä, 32,7 kg/ha fosforia ja 147,5 kg/ha kaliumia hehtaarilla. Tärkkelysperunalla satotaso oli katetuottolaskelmien mukainen, 30 000 kg/ha ja siemenperunan satotaso 26 900 kg/ha, mikä on yleisimpien lajikkeiden keskiarvo.

4.2.1 Koneketju tilalla

Koneketjujen ja eri työvaiheissa tarvittavien konetehojen määrittämisessä käytettiin Työtehoseuran mallilaskelmia ja niitä täydennettiin MTT:n maatalousteknologian tutkimusyksikön arvioimista eri työvaiheiden tehontarvearvioilla. Työkoneiden tehot ruokaperunan sopimusviljelijöiden osalta määritettiin viljelijähaastattelun avulla. Haastateltavien yritysten valinnassa huomioitiin, että osa haastateltavista tiloista toimittaa myös tärkkelysperunaa, jotta samalla saataisiin tietoja tärkkelysperunan viljelyprosessin kuvaukseen. Näin ollen haastattelun tulokset vastaavat hyvin myös tärkkelysperunan tuotannossa käytettyjen koneiden tietoja. Perunanviljelyn tuotantoketjut ovat hyvin samanlaisia. Eroja viljelyketjuissa ympäristönäkökulmasta on panosten, kuten lannoitteiden, kalkin ja torjunta-aineiden, käyttömääriensä. Myöskään siemenperunan tuotannossa työkoneiden käyttö ei eroa muista perunan viljelyprosesseista. Siemenperunanviljelyn suurimmat erot muodostuvat tuotantorakennusten energiankulutuksesta.

Työnmenekkejä eri viljelyvaiheissa on tutkinut Suomessa kattavasti Työtehoseura. Työnmenekit eri työvaiheissa perustuvat Työtehoseuran maataloustiedotteeseen (Peltonen & Vanhala 1992). Näissä huomioidaan suoritusajan lisäksi myös apu- ja valmisteluajat. Työkoneiden päästölaskelmat perustuvat VTT:n yksikköpäästölaskelmiin (Mäkelä ym.2000), joiden pohjana ovat pääosin EU:n nykyiset raja-arvot.

4.2.2 Kalkitus

Maaperän oikealla pH-tasolla on huomattava merkitys viljelymaan satoisuuteen. Viljelymaan ollessa Suomessa luonnostaan hapanta, pH-tasoa korjataan kalkitsemalla. Kalkin keskimääräiseksi käytöksi arvioitiin ruokaperunalla 600 kg/ha/v, mikä oli myös SPK:n viljelyseurannan keskiarvo. Tärkkelysperunan kalkitus perustuu katetuottolaskelmiin. Tärkkelysperunalla kalkitus on yleensä suurempaa kuin ruokaperunalla, katetuottolaskelmien mukaan 800 kg/ha/v.

4.2.3 Torjunta-aineiden käyttö

Viljelykasvien kemiallinen kasvinsuojelu toteutetaan tiloilla tarpeen mukaan. Torjuntatarve ja kasvinsuojelutoimet vaihtelevat vuosittain sekä ajallisesti että laadullisesti kasvintuhoajien esiintymisen, sään ja halutun satotason mukaan. Torjunta-aineet sisältävät yhden tai useamman tehoaineen lisäksi myös muita aineita. Samaan tarkoitukseen on hyväksytty tavallisesti useita eri kauppavalmisteita. Torjunta-aineiden käyttö selvitettiin samoin periaattein kuin muutkin panokset. Torjunta-aineiden käyttötietojen puutteellisuuden vuoksi, niiden vaikutuksia ei tässä tutkimuksessa käsitelty.

4.2.4 Peltolohkoilta aiheutuvien ympäristökuormitusten arviointi

4.2.4.1 Ilmapäästöt

Tärkeimmät peltolohkoilta syntyvät ilmapäästöt ovat typpioksiduuli (N_2O), ammoniakki (NH_3), hiilidioksidi (CO_2) ja metaani (CH_4). Ilmapäästöt on laskettu kasveittain Hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n (1997) raportointiohjeiden mukaisesti sekä käytetty vertailukohteena Suomessa vastikään tehtyjä mittaustuloksia. IPCC:n mukaan N_2O -N -päästö on keskimäärin 1,25 % käytetystä mineraalitypestä (IPCC 1997). Maatalouden N_2O -päästöjen arviointiin liittyy suuri epävarmuus, eikä päästöarvoissa ole pystytty riittävästi ottamaan huomioon Suomen erityispiirteitä eikä eri maalajien vaikutuksia. MTT:llä on aloitettu typpioksiduulipäästöjen mittaukset pelloilta. Ensimmäisten mittaustulosten mukaan typpioksiduulipäästöt savi- ja hie-
tapelloilta ovat perunalla selvästi IPCC:n mittaustuloksia suuremmat. Tässä tutkimuksessa päädyttiin käyttämään IPCC:n lukuarvoja, koska näiden kerrointen käyttö mahdollistaa erilaisten viljelymenetelmien vertailun. Typpioksiduulin mittaustuloksissa kasvia suurempi vaikuttava tekijä on maaperä.

IPCC:n periaatteiden mukaisesti kalkituksesta lasketaan vapautuvan neutralointiprosessin aikana hiilidioksidia n. 450 kg/1000 kg kalkkikiveä. On kuitenkin huomioitava, että kalkilla on myös paljon positiivisia ympäristövaikutuksia, esimerkiksi se parantaa kasvien ravinteiden saantia ja siten sato-
tasoja samoilla panoksilla. Laskentaperiaatetta on käsitelty tutkimuksessa Katajajuuri ym.2000.

Samoin kuin Katajajuuren ym. (2000) rehuohran elinkaaritutkimuksessa, tässäkin viljelykasvin hiilidioksidikierron on oletettu olevan vakio kasvien vapauttaessa sitomansa hiilen. Maan muokkauksen seurauksena turvepelloilta vapautuu huomattavia määriä hiilidioksidia. Viljelyprosessiin tulee ulkopuolista hiiltä louhittaessa maaperästä kalkkia ja käytettäessä sitä maan neutraloimiseen. Tämä hiilidioksidimäärä raportoidaan maittain ilmastonmuutospäästöjen osalta IPCC:lle. Tässä tutkimuksessa käytettiin hiilidioksidipäästö-

jen laskemiseen samoja periaatteita, jolloin turvemailta vapautuvaa hiiltä ei ole huomioitu. Viljelyprosessi ottaa metaania ilmasta ja sitä vapautuu pieniä määriä. Viljelylohkoilta vapautuvan ja sitoutuvan metaanin määrät arvioitiin yhtä suuriksi. (Regina, suullinen tiedonanto).

Ammoniakkipäästöt (NH_3) on laskettu IPPC:n (1997) periaatteiden mukaisesti kasvihuonekaasujen laskenta- ja seurantaohjelmiston avulla samoin kuin N_2O -päästöt.

4.2.4.2 *Ravinnehuuhtoumat*

Pelloilta huuhtoutuu sekä typpeä että fosforia. Suurin osa tyypestä huuhtoutuu liukoissa muodossa. Fosfori huuhtoutuu pääosin kiintoainekseen sitoutuneena (PP), mutta myös liuenneena ($\text{PO}_4\text{-P}$). Tässä tutkimuksessa rehevöittäväksi fosforiksi on laskettu ns. leville käyttökelpoinen fosfori, joka koostuu liuenneesta fosforista ja osasta kiintoainekseen sitoutunutta fosforia. Rehevöittävän fosforin osuuden arvioitiin olevan 28 % huuhtoutuvasta kokonaisfosforista (Ekholm 1998).

Maan fosforitila on merkittävä rehevöittävään fosforikuormitukseen vaikuttava tekijä. Se vaikuttaa sekä kiintoainekseen sitoutuneen fosforin että liuenneen fosforin määrään. Maan erodoituvuus vaikuttaa kiintoainekseen sitoutuneen fosforin määrään. Eroosioon vaikuttaa kaltevuus, maalaji sekä talviaikainen kasvipeitteisyys. Erilaisilla maalajeilla on erilainen kyky sitoa fosforia itseensä, joten maalaji vaikuttaa myös liuenneen fosforin määrään.

Juustokermaperunoiden rehevöittävät fosforihuuhtoumat laskettiin Lännen Tehtaiden sopimustilojen yhden viljelykauden lohkoکوhtaisen viljelyseuran tietoihin perustuen ja perunajauhon tarkkelysperunanviljelyn katetuottolaskelmien tietojen perusteella. Fosforihuuhtoumat mallinnettiin ICEC-REAM-mallilla (Tattari, et. al. 2001) Mallinnukset tehtiin kymmenen vuoden sääaineistolla ja simulointien tuloksista laskettiin keskimääräinen huuhtouma. Tällä tavalla pyrittiin poistamaan mahdolliset sääolojen vaihteluiden vaikutukset. Huuhtoumat mallinnettiin lohkoittain ja mallinnustulosten perusteella laskettiin rehevöittävän fosforikuormituksen pinta-alalla painotettu keskiarvo. Keskimääräiseksi rehevöittäväksi fosforikuormitukseksi saatiin 0,7kg/ha. Typpihuuhtoumat laskettiin taseiden avulla. Keskimääräiseksi rehevöittäväksi typpihuuhtoumaksi lohkoille saatiin 2,4-7 kg/ha satotasosta ja käytetyistä lannoitemääristä riippuen.

4.3 Ruokaperunan jalostus

4.3.1 Prosessikuvaus

Juustokermaperuna valmistetaan Säkylässä Lännen Tehtaiden Apetit-yksikön tuotantolaitoksessa rinnan monien muiden pakasteiden sekä hillojen kanssa. *Juustokermaperunoiden* valmistus voidaan jakaa karkeasti kahteen vaiheeseen. Ensimmäinen vaihe sisältää satokausiprosessin eli uuden perunasadon käsittelyn syksyisin. Perunat pakastetaan viipaleina odottamaan ympäri vuoden toteutettavaa toista vaihetta, joka on varsinainen *Juustokermaperunoiden* valmistus. Lisäksi Lännen Tehtailla valmistetaan *Juustokermaperunoiden* kastike, jolla perunaviipaleet päällystetään.

Syksyisin tiloilta saapuvat perunat punnitaan ja niistä erotetaan multa ja kivet. Mullanerotuksen jälkeen jäljelle jäänyt multa poistetaan vesipesulla. Puhtaiden perunoiden kuoret pehmennetään höyryllä, jotta ne irtoavat perunasta, ja pehmenneet kuoret poistetaan keskipakoiskuorijalla. Kuorinnan jälkeisessä trimmauksessa poistetaan huonolaatuisia perunoita joukosta. Kuoritut perunat leikataan viipaleiksi ja liian pienet palaset poistetaan. Ennen pakastusta perunat ryöpätään ja värilajittelija puhalttaa ilmalla vialliset tummat ja vihreät viipaleet pois. Pakastus tapahtuu nopeasti puhaltamalla kylmää ilmaa tuotteeseen, ja perunat siirretään pakkasvarastoon.

Valmistuksen toinen vaihe tapahtuu suurelta osin nollan alapuolisissa lämpötiloissa. Kastikkeen valmistus vaatii kuitenkin kuumennuksen. *Juustokermaperunoiden* kastike sisältää kuohukermaa, sulatejuustoa, maitojauhetta, muunnettua tärkkelystä, PAN-suolaa, sokeria, juustoaromia, mustapippuria, muskottipähkinää, stabilointi- ja emulgointiaineita (E 410, E 412) ja vettä. Kuuma kastike jäädytetään ja jäiset perunaviipaleet päällystetään kastikkeella, joka jäätyy niiden pintaan prosessiin syötettävän nestemäisen tyyppien vaikutuksesta. Valmis juustokermaperuna siirretään pakastettuna varastoon, josta se pakataan 750 gramman flowpack-pusseihin. Kuljetusta varten pussit pakataan kymmenen kappaleen erissä aaltopahvilaatikoihin.

4.3.2 Raaka-aineet ja sivuvirrat

Juustokermaperunoiden valmistuksen hävikki on pieni verrattuna satokausiprosessissa syntyviin sivuvirtoihin. Perunan kuorinnasta tuleva hienojakoinen aines kulkeutuu jäteveden mukana pois prosessista ja päättyy lopulta kompostiin. Muu satokausiprosessin perunahävikki, joka koostuu suuremmista jakeista, hyödynnetään kotieläinten rehussa. Perunan hävikin määrää onnistuttiin pienentämään merkittävästi vuonna 1997 tehdyllä lajittelijainvestoinnilla. Satokausiprosessin hävikkiin vaikuttavat oleellisesti vuosittaiset vaihtelut perunan laadussa. Laskelmissa käytettiin kolmen viime vuoden hävikkitietoja, mikä tasasi vuosittaisia raaka-aineen laadun vaihteluja. Kolmen viime

vuoden aikana prosessissa myöskään ei ole tehty hävikkiin vaikuttavia oleellisia muutoksia.

Juustokermaperunoiden ja kastikkeen valmistuksessa hävikkiä aiheuttaa lähinnä koston tuotteen tarttuminen kiinni valmistuslinjaan. Tämä hävikki poistuu prosessista pesuissa. Pakkaamossa hävikkiä syntyy erittäin vähän. Myös pakkaamisessa syntyvä laminaattihävikki huomioitiin. *Juustokermaperunoiden* hävikki on selvästi pienempi kuin laminaatin, koska osa rikkoontuneiden pussien sisällöstä saadaan puhtaana talteen.

4.3.3 Käyttöhyödykkeet

Juustokermaperunoiden valmistus kuluttaa sähköä, höyryä ja paineilmaa. Kaukolämpöä kuluu tuotantotilojen ja prosessiveden lämmittämiseen. Jalostuksen energian kulutus jakaantuu satokausi- ja juustokermaperunaprosessin energiankulutuksiin. Tarkempaa selvitystä prosessin eri vaiheiden energiankulutuksesta ei ollut tämän tutkimuksen puitteissa mahdollista tehdä. Samoissa rakennuksissa valmistetaan kymmeniä tuotteita ja energian kulutusta määrittävien mittareiden määrä on rajallinen. Tarkempi selvitys olisi vaatinut kohtuuttoman paljon resursseja ja mittaroinnin tuntuvaa lisäämistä.

Satokausiprosessin sähkön, höyryn ja paineilman käyttömäärät perustuvat satokausituotannon kulutukseen vuodelta 2001. Niiden kulutus on mittaroitu rakennuskohtaisesti. Satokausituotantoa on pääosin syksyllä, kun taas muut toiminnot jatkuvat suurin piirtein samanlaisina läpi vuoden. Satokausituotannon osuus kulutuksesta arvioitiin määrittämällä hyödykkeiden kulutus aikana, jolloin satokausituotantoa ei ole. Satokausituotannon sähkön ja höyryn kulutukset on vyörytetty prosessoitavien vihannesten ja juuresten kesken. Vyörytyksessä käytetyt kertoimet arvioitiin tuotantolaitoksessa. Paineilman oletettiin jakautuvan samassa suhteessa satokausituotekiloa kohden. Sähköä kuluu prosessilaitteisiin ja pakkasvarastointiin. Pakasteita otetaan jalostuksen käyttöön ympäri vuoden tasaisesti, eli pakkasvarasto kuluttaa sähköä ympäri vuoden. Syksyn jälkeen varasto on täynnä tuotteita, kun taas kesällä se on jo aika tyhjillään. Tuotteiden kiertonopeuksissa ei ole suuria eroja, joten sähkön kulutus pakkasvarastoinnin osalta on kuta kuinkin sama kaikille tuotteille. Höyryä kuluu erityisesti kuorinnassa. Paineilmaa käyttävät useammat prosessilaitteet.

Juustokermaperunoiden satokausiprosessin kaukolämmön kohdistukseen käytettiin toisenlaista menettelyä kuin edellä, koska kaukolämmön kulutus kohdistuu perunalle sekä toimitilojen että veden lämmityksenä. Nykyiseen kaukolämmön kulutukseen vaikuttaa merkittävästi vuonna 2001 tehdyt investoinnit kulutuksen vähentämiseksi. Kompressoriasemalla syntyvää hukkalämpöä alettiin hyödyntää sekä rakennuksen että veden lämmityksessä ja tämä pudotti kaukolämmön kulutuksen perunan tuotantoaikana noin puoleen

entisestä. Kulutuksen arviointi perustuu vuonna 2001 rakennuksessa kulutettuun kaukolämpöön. Sen kulutus jaettiin ensin veden ja toimitilojen lämmitykseen. Nämä puolestaan allokoitiin satokausituotannon ja muiden toimintojen välille. Toimitilojen lämmitys jaettiin pinta-alan mukaan ja veden lämmitys veden kulutuksen mukaan. Satokausituotteiden kesken tilojen lämmitykseen kulunut kaukolämpö allokoitiin tuotantomäärien perusteella. Kaukolämmön kulutus veden lämmitykseen satokausituotantoa varten allokoitiin perunalle sen prosessoinnin vedenkulutuksen mukaan.

Kastikkeen valmistus ja perunoiden päällystys sekä pakkaaminen suoritetaan samassa rakennuksessa jossa hilloa valmistetaan. Hillon valmistus on hyvin eri tyyppinen prosessi kuin *Juustokermaperunoiden* valmistus. Siksi energian kulutus arvioitiin suurelta osin prosessivaiheiden ja -laitteiden kulutukseen perustuen toisin kuin satokausituotannossa. Tätä helpotti se seikka, että rakennuksessa on useita sähkömittareita. Kastikkeen valmistuksen vaatiman höyryn määrä saatiin laskemalla, kuinka paljon teoreettisesti höyryä tarvitaan kastikkeen kuumentamiseen. Juustokermaperunaprosessin ja pakkaamisen sähkönkulutuksen arviointi perustuu sekä seurantaan, jossa tarkkailtiin sähkönkulutusta kahdesta eri mittarista että laskennallisiin menetelmiin. Juustokermaperunaprosessin ei katsottu kuluttavan kaukolämpöä, koska kastikkeen kuumennusta lukuun ottamatta raaka-aineet ja tuotteet pidetään jäädytettynä. Myös päällystyksessä käytetty tyyppi sisältyy elinkaariarviointiin. Valmiita juustokermaperunoita varastoidaan muutama päivä satokausituotannon pakasvarastossa, joten niiden varastointiin kuluva energia sisältyy satokausituotannon sähkönkulutukseen.

Satokausiprosessin verkosto- ja järviveden kulutus arvioitiin samalla tavoin kuin höyry ja sähkö. Perunan pesussa käytetään sekä järvi- että verkostovettä. Verkostovettä kuuluu lisäksi prosessilaitteiden pesuihin. Syntyvän jäteveden määrä arvioitiin kulutetun veden perusteella. Kaikesta verkostovedestä tulee jätevettä. Suurin osa järvivedestä käytetään jäähdytyksiin ja tämä vesi palautetaan suoraan järveen. Pesuihin käytetty järvivesi johdetaan puhdistamolle. Veden kulutuksen määrittämistä varten *Juustokermaperunoiden* valmistuksessa ja pakkaamisessa suoritettiin seuranta. Tässä vaiheessa kulutettu vesi on yksinomaan verkostovettä, jota kuluu kastikkeen raaka-aineena sekä laitteiden pesuissa. Kaikesta vedestä, jota ei käytetä raaka-aineeksi, oletettiin muodostuvan jätevettä.

4.3.4 Paikallinen energian tuotanto

Höyryn, kaukolämmön ja paineilman Apetit-ryhmän tuotantolaitokselle tuottaa Voimavasu Oy:n Säskylän voimalaitos. Voimalaitos palvelee laajempaa teollisuusaluetta, jolla Lännen Tehtaiden tuotantolaitos sijaitsee. Polttoaineena voimalaitoksella käytetään pääasiassa öljyä ja kivihiiltä sekä pieniä määriä pellettejä ja biokaasua. Biokaasu tuotetaan teollisuusalueen anaerobi-

laitoksella sokerijuurikkaan valmistuksen ja satokausituotannon jätevesistä. Edellä mainittujen höyryn, paineilman ja kaukolämmön lisäksi voimalaitoksella tuotetaan myös sähköä, jota ei kuitenkaan toimiteta Lännen Tehtaille.

4.3.5 Jäteveden käsittely

Apetit-ryhmän tuotantolaitoksen jätevedet käsitellään samassa puhdistamossa kuin juurikassokerin valmistuksen jätevedet. Jätevesi puhdistetaan kahdessa prosessissa: anaerobi- ja aerobilaitoksessa. Satokausiprosessin jätevedet käyvät läpi anaerobiseen puhdistukseen ja puhdistettu vesi hyödynnetään sen jälkeen uudelleen sokerijuurikkaan pesussa. Anaerobisesta osasta ei lasketa vettä vesistöön, joten kaikki puhdistamolle saapuvat jätevedet käsitellään lopuksi aerobisesti. Juustokermaperunaprosessin jätevedet johdetaan suoraan aerobiseen puhdistukseen. Puhdistettu vesi lasketaan Eura-jokeen.

Puhdistamolta lähtevän jäteveden tunnusluvuihin valittiin käytettäväksi koko vuoden 2001 keskiarvot, vaikka suurin ja ympäristökuormaltaan raskain juustokermaperunaan liittyvä jätevesi tulee puhdistamolle syksyisin satokausiprosessista. Anaerobiprosessista tulevat lietteet käsitellään kuitenkin huomattavalta osin vasta satokauden jälkeen, jolloin puhdistamon toimintolosuhteet ovat epäedullisemmat. Tämän vuoksi koko vuoden keskiarvon arvioitiin kuvaavan parhaiten juustokermaperunaprosessin lisäksi myös satokausituotannon jätevettä. Näin ollen jalostuksesta puhdistukseen siirtyviä jätevesijakeita ei "korvamerkitty", vaan jäteveden lopullinen vesistökuormitus laskettiin yllä kuvatulla tavalla alueen puhdistamolta lähtevien keskimääräisten jätevesiarvojen mukaan.

4.4 Ruokaperunan muiden raaka-aineiden valmistusketjut

Kastikkeen raaka-aineista sulatejuuston, PAN-suolan, tärkkelyksen, maitojauheen ja kerman valmistusketjujen tiedot selvitettiin. Sulatejuuston, maitojauheen ja kerman inventaariotietojen keräämisessä hyödynnettiin FOOD-CHAIN-hankkeen Juuston osatutkimusta. Alkutuotannon tiedot perustuvat kokonaan Juuston osatutkimukseen, jossa tutkittiin satojen Toholammin meijerille maitoa toimittavien tilojen tuotostasot ja selvitettiin haastattelututkimuksen avulla maitotilojen panosten käyttötiedot ja rehujen satotasot. Niitä täydennettiin Valion kanssa arvioiduilla tiedoilla raakamaidon jalostuksesta kyseisiksi raaka-aineiksi. Sulatejuuston valmistuksen osalta tiedot perustuvat Vantaan tuotantolaitoksen tuotantoon olettaen että kaikki sulatejuustossa oleva juusto olisi Emmental Sinileima -juuston kanttipaloja. Kanttipaloille on kohdennettu tuotantoketjussa samat kuormitukset kuin Sinileima Emmental -juustolle (Voutilainen ym.2003).

Maitojauheen jalostus sisältää maidon esikäsittelyn, johon kuuluu separointi ja vakiointi, sekä kuivauksen jauheeksi. Maidon esikäsittely arvioitiin samanlaiseksi kuin juuston osatutkimuksessa, joten Juuston osatutkimuksen esikäsittelyn maidon voitiin olettaa ympäristökuormituksiltaan vastaavan Valion Seinäjoen tehtaalla esikäsiteltyä maitoa, jota käytetään maitojauheiden valmistukseen. Alkutuotannon ja esikäsittelyn ympäristökuormitusten allokointi eri tuotevirroille sisältyy siten jo juuston osatutkimuksesta saatuihin tietoihin. Kuivauksesta saatiin tiedot prosessivaihekohtaisesti Valion Seinäjoen tehtaalta. Kerman jalostuksen tiedot pohjautuvat Valion Jyväskylän tuotantolaitoksen tietoihin. Tämä tuotantolaitos valittiin, koska se tuottaa ainoastaan tuoretuotteita. Tuotantolaitoskohtaiset kulutukset jaettiin kaikille tuotteille tuotekilojen suhteessa. Alkutuotannossa syntyvien kuormitusten allokointi suoritettiin maidon ja kerman välille kuiva-ainepitoisuuden perusteella.

Perunajauhon tuotantoketjun tietoja käytettiin modifioidun tärkkelyksen ympäristökuormitustietoina. Juustokermaperunoissa käytettävä modifioitu tärkkelys ei ole perunapohjaista, mutta perunatärkkelyksestä arveltiin saatavan käyttökelpoisemmat tiedot kuin käyttämällä esim. kirjallisuustietoja ulkoilla tapahtuvalle maissin viljelylle ja sitä vastaavalle tuotantoketjulle. PAN-suolan valmistustiedot selvitettiin yhdessä valmistajan (Oriola, 2002, kirjallinen tiedonanto) kanssa. Vuorisuolan hankinnan ja jalostuksen osalta käytettiin kirjallisuustietoa (APME 1999 ja Boustead 1998). Selvitetyt raaka-aineketjut kattavat yli 99 painoprosenttia juustokermaperuna -pakasteen muista raaka-aineista.

4.5 Perunajauhon jalostus

4.5.1 Prosessikuvaus

Pirkka perunajauhot valmistetaan Finnamyl Oy:n tehtaalla Kokemäellä. Perunajauhoa tuotetaan tehtaalla sekä kotitalouksille että elintarvike- ja paperiteollisuuteen. Näihin eri tarkoituksiin valmistettavan perunajauhon koostumus, ominaisuudet ja valmistusprosessi ovat käytännössä samat. Prosessin tehtävänä on erottaa tärkkelys muista perunan ainesosista ja kuivata se jauhoksi. Raaka-aineesta syntyy tärkkelysjauhon lisäksi kaksi huomattavaa sivuvirtaa: soluneste ja solukuitumassa.

Punnituksen jälkeen tiloilta saapuvasta perunasta erotetaan mullanerottimella kuivamultaa. Tässä vaiheessa erottuu noin puolet mullasta. Loppu mullanpoisto tapahtuu uitossa ja pesussa. Uiton ja pesun välissä on kivenerotus. Pestyt perunat murskataan, jolloin perunan solurakenne rikkoutuu ja tärkkelys vapautuu solujen sisältä. Seulassa erotetaan toisistaan tärkkelysliete ja solukuitumassa. Tärkkelyslietteestä erotetaan soluneste hydrosyklonien ja tasosuotimien avulla. Tärkkelys pestään ja kuivaus aloitetaan mekaanisesti

suodattamalla. Lietekuivauksessa propaaninpolton lämmöllä jauhon kuiva-ainepitoisuus nousee lopulliseen 81 prosenttiin. Valmis tärkkelysjauho säkitetään ja siirretään varastoon odottamaan pakkaamista kuluttajapakkauksiin.

4.5.2 Hävikit ja sivuvirrat

Prosessiin tulevan perunan hyötysuhteesta valmiiseen tärkkelysjauhoon käytettiin tutkimuksessa vuosien 1998-2001 keskiarvoa, jotta vuosittaiset vaihtelut tasoittuisivat. Neljä edellistä vuotta eivät edusta varsinaista prosessiin liittyvää kehitystrendiä, vaan enemmänkin raaka-aineen laadun vaihtelua vuodesta toiseen. Perunoiden sisältämän tärkkelyksen hävikki on pieni. Eniten tärkkelystä katoaa prosessista solukuitumassan mukana. Prosessin sivuvirrat ovat suuria, sillä raaka-aineena oleva peruna sisältää tärkkelystä noin 19 %. Kuituja on muutama prosentti ja loput solunestettä. Kun kuidut erotetaan perunasta, niiden mukana lähtee myös osa solunesteestä. Tämä kuitua ja solunestettä sisältävä massa käytetään hyväksi perunarehuna, joka päätyy rehuksi tai peltovetykseen. Pieni osa solunesteestä kulkeutuu vedenpuhdistamoon. Loput levitetään lannoitteena pelloille. Perunarehulle ei allokoida ympäristökuormituksia, koska tärkkelysjauho on prosessin päätuote, jolle allokoitiin kaikki tuotannon ja viljelyn kuormitukset. Kuluttajapakkauksen hävikki huomioitiin tutkimuksessa.

Noin 5 prosenttia tärkkelyslietteestä ei kuivata, vaan se poistuu prosessista solunesteen erotuksen jälkeen ja kuljetetaan muualle modifioidun tärkkelyksen valmistusta varten. Tämä tärkkelysliete on huomioitu tutkimuksessa siten, että on määritetty ne ympäristökuormitukset, jotka olisivat syntyneet tai jääneet syntymättä, jos tärkkelysliete olisi ollut mukana prosessissa loppuun asti. Nämä vaikutukset on yhdistetty tuotantolaitoksessa syntyneisiin ympäristökuormituksiin. Tällä systeemirajojen laajennuksella vältettiin allokoitongelma tärkkelyksen ja muualle lähtevän tärkkelyslietteen välillä.

4.5.3 Käyttöhyödykkeet

Energiankulutukset selvitettiin erikseen varsinaiselle valmistusprosessille ja pakkaamolle. Valmistus kuluttaa energiaa pääasiassa sähkön muodossa. Lietekuivauksessa poltetaan propaania ja rakennus lämmitetään kevyellä polttoöljyllä. Valmistuksen sähkön ja propaanin kulutus perustui koko tuotantolaitosta koskeviin vuosikohtaisiin mittaustietoihin. Tutkimuksessa käytettiin näistä vuosien 1998-2001 keskiarvoa. Koska tehtaassa tuotetaan ainoastaan yhtä päätuotetta, vyörytystä muille tuotteille ei ollut tarpeellista suorittaa. Myös konttoritoiminnot sisältyivät tuotantolaitoksen sähkönkulutukseen, mutta voidaan olettaa, että niiden osuus valmistusprosessiin verrattuna on varsin pieni, eikä siten vaikuta valmistusprosesseille kohdennettuihin ympäristökuormituksiin. Polttoöljyä käytetään tärkkelysjauhotehtaan lisäksi konttorin ja muiden tuotteiden tuotantotilan lämmitykseen. Vuodessa käytetyn

polttoöljyn määrä allokoitiin perunajauhon ja näiden muiden osien välille. Pakkaamossa kuluu ainoastaan sähköä, jonka määrä arvioitiin sekä vuosittaiseen sähkönkulutukseen että lyhyempään tarkkailujaksoon perustuen.

Tärbkelysjauhon valmistuksessa käytetään sekä verkosto- että jokivettä. Molemmat kuluvat pääosin pesuissa. Joki- ja järviveden sekä jäteveden määrän arvioinnissa käytettiin koko tuotantolaitoksen vuosikohtaisia mittaustietoja, joista laskettiin vuosien 1998-2001 keskiarvo. Osa prosessiin tulevasta vedestä höyrystyy kuivurista ulkoilmaan, osa levitetään peloille solunesteen mukana ja osa sitoutuu tuotteeseen. Loput puhdistetaan Finnamylin omalla vedenpuhdistamolla. Ennen puhdistamoa on sijoitettu pyöröselkeytin ja itse puhdistamo sisältää kaksi aktiivilietevaihetta. Puhdistettu vesi lasketaan Kokemäenjokeen. Jäteveden tunnusluvuista käytettiin saman ajanjakson keskiarvoa kuin muista veden kulutusta koskevista tiedoista.

4.6 Kuluttaja- ja ryhmäpakkausten valmistus

Juustokermaperunapakasteiden laminaatin valmistustiedot selvitettiin toimittajien valmistusprosessien mukaisesti. Tiedot kerättiin erikseen kalvojen valmistuksesta sekä painamisesta ja laminoinnista (Kirjallinen tiedonanto: Avanspack 2002 ja Avanspackin toimittajat) Perusmuovimateriaalien (PP ja PE) osalta käytettiin APME:n tietoja (APME 1999).

Perunajauhon kartonkikotelon valmistuksen päästötiedot saatiin M-Realilta (M-Real 2002, kirjallinen tiedonanto). Kotelon raaka-aineiden valmistusketjut perustuvat KCL:n M-Realille laatimaan elinkaaritutkimukseen keskimääräiselle kartonkituotteelle, joka vastaa Finnamylin käyttämän kotelon kartongin koostumusta. KCL:n tekemän tutkimuksen tietoja ja niiden taustaineistoja eikä tehtyjä oletuksia, valintoja ja allokoitteja voitu arvioida eikä verifioida, koska tiedot olivat pitkälti aggregoitu, eivätkä sisältäneet energiankäyttö- eikä syötetietoja. Tiedot perustuivat ilmeisesti todellisten sellua ja mekaanista massaa valmistavien tuotantolaitosten toimintaan vuonna 1998 ja näiden kuljetuksiin kartonkitehtaalle sekä kartonkitehtaan toimintaan vuonna 1998. Tietoihin sisältyivät myös kartongin muiden raaka-aineiden ja kemikaalien valmistus ja kuljetus, puun kasvu sekä metsän korjuu ja kuljetus, sekä energiantuotanto ja jätteiden käsittely eri vaiheissaan. Koteloaihion valmistustiedot perustuvat M-Realin Takon kotelotehtaan vuoden 2001 keskimääräisiin raaka-ainehävikkitietoihin ja energiahyödykkeiden käyttötietoihin.

Tuotteiden tukku- tai ryhmäpakkauksina käytetään aaltopahvilaatikoita. Niiden valmistustiedot selvitettiin yhteistyössä kotimaisten valmistajien (kirjalliset tiedonannot: Petersonwalki, SCA Packaging ja StoraEnso, 2002) ja Euroopan aaltopahviihdistyksen (FEFCO 2000) kanssa. Tiedoissa oli valtavasti eroja niin systeemirajausten kuin tiedon laajuudenkin suhteen. Osa saaduista tiedoista todettiin verifiointissa virheellisiksi. Lopulta aaltopahville käyte-

tyiksi tiedoiksi valittiin kaikille FOOCHAIN-hankkeen tapaustutkimuksille samat tiedot. Jotka olivat keskiarvoja luotettaviksi oletetuista tiedoista. Kaikki tähän käytetyt kattavat tietoaineistot perustuvat FEFCO:n malliin (2000). Näiden keskimääräisten aaltopahvilaatikoiden tiedot sisältävät koko niiden elinkaaren aikaiset päästöt ja resurssien kulutukset. FEFCO:n mallin tiedot perustuvat vuoden 1997 eurooppalaisten paperi- ja aaltopahvivalmistajien ilmoittamista tiedoista laskettuihin keskiarvoihin. Mallissa oletetaan kaiken aaltopahvien jätteen palautuvan takaisin aaltopahvin raaka-aineiden valmistukseen, mikä esimerkiksi Suomen osalta ei pidä paikkaansa. Suomessa aaltopahvi kierrätetään lähinnä hylsykartongin valmistukseen. Käytetyt aaltopahvitiedot, elinkaaren aikaiset päästöt ja resurssien kulutukset, eivät ole siis tuottaja- ja tuotekohtaisia, eikä tietoja pystytty aggregoinnin vuoksi verifioimaan.

4.7 Jakelu ja kauppa

Jakelun mallintamisessa on pyritty kuvaamaan tuotteiden valtakunnallista jakelua. Tämä on toteutettu valitsemalla muutama keskeinen runkokuljetusvaihtoehto ja tyypilliset keskimääräiset jakelureitit. Reittien määrittämiseen on käytetty Ruokakeskolta ja KeSpediltä (Ruokakesko ja Kespel, 2002, kirjallinen tiedonanto) saatuja reitti- ja kuormaustietoja. Laskelmien yksikköpäästöjen taustana käytettiin VTT:n Liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen LIPASTO-laskentajärjestelmää (Mäkelä, ym. 2002). Pakastekuljetusten osalta huomioitiin myös jäähdytykseen tarvittava lisäenergiankulutus. Kuljetuskaluston iän oletettiin olevan Suomessa vuonna 2001 käytetyn keskimääräisen kaluston mukainen.

Tutkimukseen sisällytettiin arvio kaupan pakastealtaan energiankäytöstä käyttäen nykyaikaisesta altaasta laskettua energiankulutusta ja kohdentamalla se hyllysuunnittelun ja läpivirtaustietojen avulla keskimääräiseksi tuotekoh- taiseksi energiankulutukseksi. Saatuja kulutustietoja vertailtiin mm. Dutilhin & Kramerin (2000) ja Carlsson-Kanyaman & Faistin (2000) tutkimusten tietoihin. Lisäksi selvitettiin tuotteiden keskimääräinen hävikki kaupassa(Ruokakesko, kirjallinen tiedonanto, 2002).

4.8 Kuluttaja

Juustokermaperunoille arvioitiin kuluttajan osuudesta säilytyksen ja kypsennyksen sähkön kulutuksen suuruusluokka verrattuna muuhun elinkaareen. Pakastimessa säilytyksen energia arvioitiin kolmelle eri pituiselle säilytysjak- solle: vuorokausi, viikko ja kuukausi. Pakastimen sähkön kulutus perustuu vuoden 2000 laitekantaan ja pakastimeksi valittiin kaappi- tai säiliöpakastin (Korhonen ym. 2002). Tässä tutkimuksessa tehtiin lisäoletus, että pakastimen tilavuus on 200 litraa ja että se on puoliksi täynnä. Sähkön kulutus allokoitiin

Juustokermaperunoiden tilavuuden mukaan. Uunissa kypsennyksen energiankulutuksena käytettiin keskimääräistä tietoa ruuan valmistukselle uunissa.

Tutkimukseen sisällytettiin tuotteiden kulutuksen jälkeisen pakkausmateriaalijätteen syntyminen. Muovipakkausten oletettiin päätyvän kaatopaikalle. Perunajauhon kartonkikotelon oletettiin päätyvän 50 %:sti kaatopaikalle. 50 % kartongista oletettiin hyödynnettävän jossain muodossaan. Kuluttajan ja kaupan jätteiden hyödyntämisvaihtoehtojen, kuten energiana tai materiaalina hyödyntäminen, ympäristövaikutusten arviointia ei tehty. Ainoastaan kaatopaikalla syntyvät kaatopaikkakaasun metaanipäästöt kuitupohjaisista jätteistä määritettiin. Kaatopaikkakaasu on orgaanisesta jätteestä hapettomassa tilassa tapahtuvan hajoamisen tuloksena syntyvää kaasua, joka sisältää lähinnä metaania ja hiilidioksidia. Metaanipäästöt laskettiin massataseeseen perustuvalla menetelmällä, mihin tarvittavien parametrien arvot oletettiin Suomen kaatopaikkojen keskimääräisten olosuhteiden ja kunnon mukaisiksi kertoimiksi (Tuhkanen 2001). Sitä vastoin kuitupakkauksista kaatopaikalla syntyvän hiilidioksidin ajateltiin sitoutuneen ilmakehästä pakkausten valmistuksessa käytettyyn metsään, joten niitä ei kaatopaikan yhteydessä tarkasteltu.

4.9 Järjestelmän tukitoiminnot

Järjestelmässä kulutettavan energian (sähkö ja polttoaineet) tuotantoketjut sisällytettiin laskelmiin primäärienergianlähteiden hankinnasta lähtien. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että maatalouskoneissa käytettävän kevyen polttoöljyn ympäristökuormitusten selvitys ulottui aina raakaöljyn hankintaan saakka. Sähkön ja kaukolämmön tuotannon oletettiin vastaavan suomalaista keskimääräistä tuotantoa (Katajajuuuri ym.2000). Sähkön ja lämmön yhteistuotannon syötteet ja tuotokset allokoitiin energiaperiaatteen mukaan. Toholammin ja Vantaan tuotantolaitokselle tulevan höyryn ja lämmön valmistus selvitettiin omien energiantuotantokattiloiden mukaan. Raskaan ja kevyen polttoöljyn hankinnan tietojen lähteenä käytettiin Bakkanen ym.tutkimusta (1994) ja Nesteeltä saatuja tietoja (Fortum Oil & Gas 2002a ja 2002b). Kivihiilen ja maakaasun hankintaketjulle käytettiin SEEP-hankkeessa kerättyjä tietoja (Virtanen at al. 1996).

Kaikki oleelliset järjestelmärajojen sisällä tapahtuvat kuljetukset sisällytettiin mukaan lukuun ottamatta kuluttajan tekemää ostosmatkaa. Myös kaikki kuljetuksiin liittyvät paluukuljetukset, kuten kiertolavojen palautustoimitukset huomioitiin kuljetuslaskelmissa. Tuotepakkausten lisäksi valmistusketjut selvitettiin pääsääntöisesti myös muista pakkauksista, kuten tilojen käyttämien panosten pakkausten osalta.

5 Tulokset

Tulokset on laskettu ja esitetty toiminnallisia yksiköitä, 10 000 kappaletta 750 gramman *Kesäpöytä –juustokermaperunoita* ja 10 000 kappaletta 600 gramman *Pirkka perunajauhoja* kohden. Tulokset on esitetty tuotantoketjun vaiheittain, tuotantopanosten valmistamisesta kauppaan ja ruokapöytään saakka. Tämän avulla tunnistettiin tuotteiden ja tuotantoketjujen kuormittavimmat kohdat. Tulosten tulkittavuuden parantamiseksi kasvihuonekaasupäästöjä on suhteutettu mm. henkilöautolla ajon päästöihin indikoimaan tuotantoketjun kuormittavuutta suhteessa kansantajuisesti ymmärrettävissä oleviin päästömääriin. Autoilun hiilidioksidipäästöjen käyttämiseen mainittuna vertailukohtana tulee suhtautua varauksin, koska polttoaineen kulutus ja päästöt riippuvat hyvin paljon esimerkiksi ajotavasta.

Kaupan ja kuluttajan osuudet *Juustokermaperunoiden* toimitusketjussa vaihtelevat kauppakohtaisesti riippuen esimerkiksi kaupan pakastealtaasta tuotteelle varatusta tilasta ja tuotteen kiertonopeudesta eri kaupoissa. Tutkimuksen tuloksia tulee käyttää vain lähtötietona kauppakohtaisille seuranta- ja kehitystoimenpiteille. Kuluttajan kohdalla vaihtelua voi aiheutua pakastusajasta sekä lämmitystavasta.

5.1 Inventaarioanalyysin tulokset

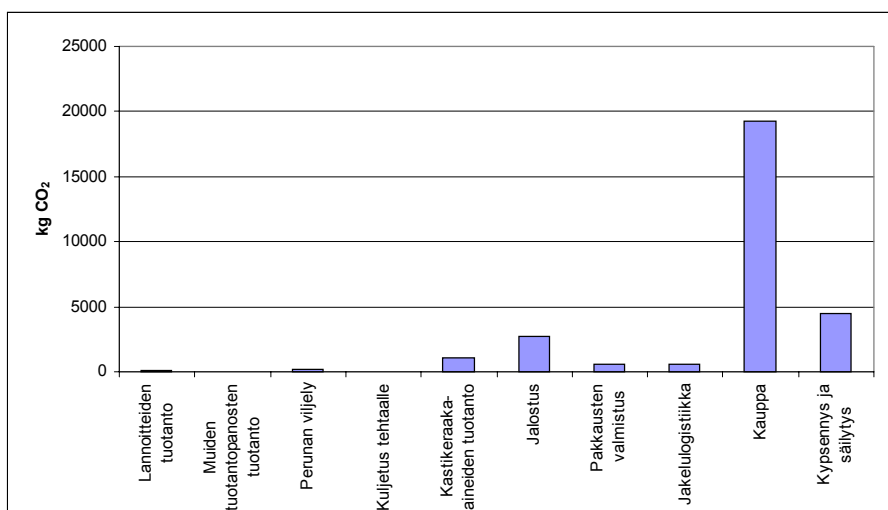
Inventaarioanalyysin tuloksissa on käsitelty hiilidioksidi-(CO₂) päästöjä sekä typpi-(N) ja fosfori-(P) kuormituksia. Lisäksi tarkasteltiin typen- (NO_x) ja rikin- (SO₂) oksidipäästöjä sekä kiinteitä jätteitä.

5.1.1 Juustokermaperunat –hiilidioksidi (CO₂)

Juustokermaperunaketjun hiilidioksidipäästöistä suurin osa muodostuu tuotteen kylmäsäilytyksestä kaupan pakastealtaassa. Nykyaikaisen pakastinaltaan energiankulutus laskettiin teoreettisesti kylmälaitetoimittajan kanssa, ja energia suhteutettiin *Kesäpöytä –Juustokermaperunoiden* todelliseen menekkiin ja läpivirtaukseen hyllymetriä kohden. Kaupan osuus vaihtelee kauppakohtaisesti kiertonopeuden ja tuotteelle varatun tilan mukaan. Lasketut energiankulutustiedot olivat yhdensuuntaisia muutamissa kaupoissa aiemmin mitattujen kylmälaitteiden kulutustietojen kanssa. Tuoteyksikölle kohdennettu energiankulutus oli selvästi suurempi, kuin mitä vastaavan tyyppisissä tutkimuksissa on aiemmin esitetty (esim. Dutilh & Kramer 2000, Carlsson-Kanyaman & Faist 2000), joskin kaupan prosessien sisällyttäminen elinkaaritutkimuksiin on aiemmin kansainvälisestikin ottaen ollut heikkoa. Saatu tulos viittaisi siihen, että tuotteiden ympäristökysymyksiä koskevissa tutkimuksissa ei olisi aiemmin riittävän hyvin huomioitu kylmälaitteiden energiankulutusta tuotekohtaisten todellisten läpivirtaus- tai mitoitustietojen perus-

teella, ja että tuotekohtaisen energiankulutuksen kannalta tuotteiden vaihtuvuus tai läpivirtaus kalusteissa olisi kalusteiden kehittymisen myötä tullut erittäin merkittäväksi tekijäksi ympäristövaikutusten kannalta. Tutkittu tuote ei edusta keskimääräistä pakastetta, vaan oli suhteellisen hitaasti kiertävä tuote.

Kuluttajan toimenpiteet olivat hiilidioksidipäästöjen ja samalla ilmastonmuutospotentiaalin kannalta toiseksi suurimmat koko juustokermaperunaketjussa. Kuvassa 3 on tarkasteltu tapausta, jossa ruokaa ruoka tuotetaan kahdelle henkilölle sähköuunissa. Kuluttajan osuus sisälsi ruoan valmistuksen ja *Juustokermaperunoiden* säilytyksen pakastimessa yhden vuorokauden ajan. Pakastimen energian tarve jaettiin *Juustokermaperunoiden* viemän tilan mukaisesti. Säilytyksen osuus kuluttajan kokonaisuudesta oli vain muutama prosenttisyksikön verran. Annoskoon kasvaessa energian kulutus ei kasva oleellisesti, koska huomattava osa energiasta kuluu uunin ja sen rakenteiden lämmitykseen. Näin ollen nelihenkisen perheen kohdalla kuluttajan osuus lähes puolittuisi. Ympäristön kannalta olisi hyödyllistä, että kuluttajat huomioisivat ympäristöä vähemmän rasittavat ruoan valmistustavat, kuten ruoan valmistamisen suurina annoksina sekä kylmäsäilytystilan optimoinnin omia tarpeitaan vastaavaksi.



Kuva 3. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun hiilidioksidipäästöt 10 000 kpl. 750 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 29002 kg.

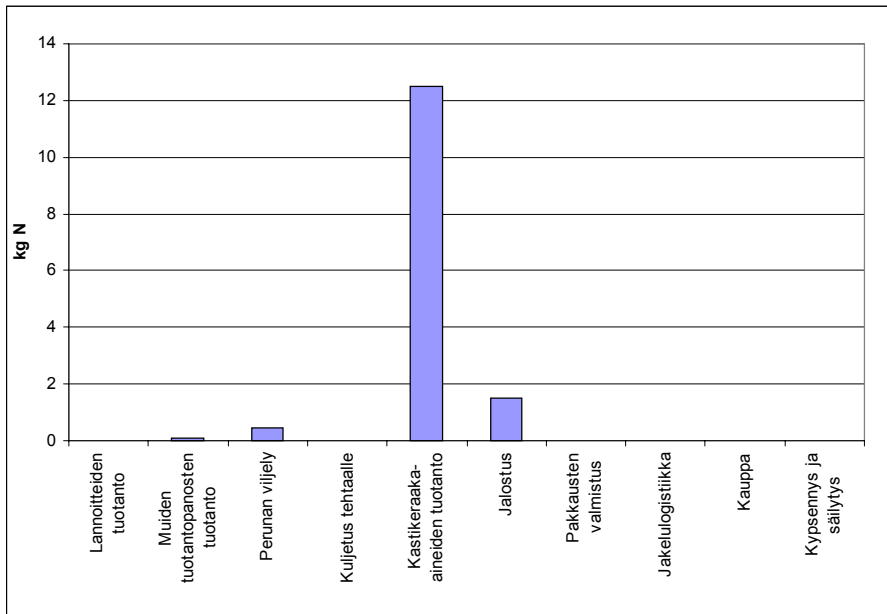
Raaka-aineiden jalostus tuotteeksi on suhteellisen merkittävä hiilidioksidipäästöjen lähde ketjussa. Jalostuksen osuuteen sisältyy tuotannossa tarvittavien käyttöhyödykkeiden, kuten energian tuotanto. Suurin osa jalostuksessa syntyvistä hiilidioksidipäästöistä aiheutuu tuotteiden pakastamisesta. Pakastamisen hiilidioksidipäästöistä suurin osa aiheutuu pakastamisessa käytettävän tyyppituotteen valmistuksesta tyypitoimituksen tuotantoketjussa, muualla kuin Lännen Tehtaiden tuotantolaitoksella.

Kastikeraaka-aineiden (juusto, kerma ja maitojauhe) hiilidioksidipäästöt olivat suuremmat kuin perunantuotannon. Kastikeraaka-aineisiin sisältyi koko tuotantoketju maatilalla tarvittavien panosten valmistuksesta, viljelystä, maidontuotannosta, kuljetuksista ja jalostuksesta lopputuotteiksi asti. Kastikeraaka-aineiden tuotannon ympäristökysymyksistä on enemmän julkaisussa FOODCHAIN - Emmental juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset (Voutilainen ym. 2003). Kuluttaja- ja tukkupaakkausten valmistuksen sekä jakelulogistiikan osuudet ovat noin 6 % kokotuotantoketjun hiilidioksidipäästöistä.

Yhden 750 gramman *Juustokermaperunat* pakasteen tuottamisesta syntyi hiilidioksidia noin 530 grammaa. Suuruusluokan hahmottamiseksi todettakoon, että yhden litran dieselpolttoaineen kulutus tuottaa 2,7 kg hiilidioksidia ilmakehään. Polttoainelitran hankinnasta ja jalostuksesta aiheutuu noin 170 g hiilidioksidipäästöjä. Yhden dieselöljylitran käyttäminen tuottaa hiilidioksidia kokonaisuudessaan siis noin 2,9 kg. Bensiinikäyttöisellä henkilöautolla käytön aikainen hiilidioksidipäästö on 2,35...2,38 kg/l, ja hankinnasta ja jalostuksesta aiheutuu noin 300 g CO₂/l, yhteensä noin 2,7 kg/l (Fortum Oil and Gas 2002c, 2002d ja 2002e). Näin ollen yhden *Juustokermaperunatuotteen* hiilidioksidipäästöt vastaisivat noin 13,4 kilometrin henkilöautomatkan CO₂-päästöjä sisältäen koko tuotantoketjun sekä kuluttajan tekemän tuotteen valmistamisen. Tuotteen tuotantoketjun osuus hiilidioksidipäästöistä ilman kaupan ja kuluttajan osuutta oli noin 18 % kokonaisuudesta, vastaten 2,4 kilometrin henkilöautolla ajon hiilidioksidipäästöjä.

5.1.2 Juustokermaperunaketju –typpi (N) ja fosfori (P)

Koko ketjun näkökulmasta suurimmat typpikuormitukset muodostuivat maitopohjaisten kastikeraaka-aineiden tuotannosta (Kuva 4). Kastikeraaka-aineiden tarkasteluun sisältyi koko tuotantoketju maatilalla tarvittavien panosten valmistuksesta, viljelystä, maidontuotannosta ja jalostuksesta lopputuotteiksi asti. Maitopohjaisten kastikeraaka-aineiden, joita on noin 1/3 lopputuotteesta, osuus koko ketjun typpikuormituksesta muodostui suurimmaksi, sillä raaka-aineiden tuottamiseen tarvittava peltopinta-ala oli huomattavasti perunan viljelyyn tarvittavaa alaa suurempi. Yhdeltä peltohehtaarialta saadaan

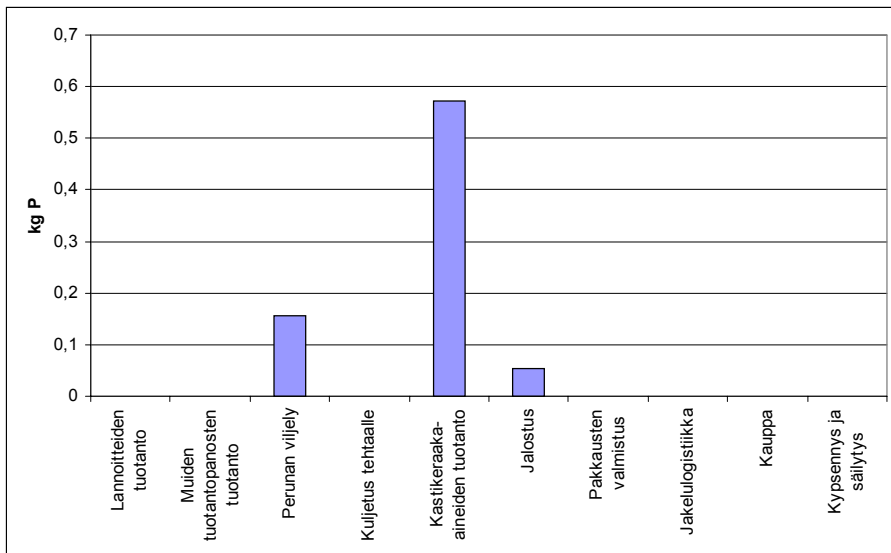


Kuva 4. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun typpikuormitus vesistöön 10 000 kpl. 750 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 14,6 kg.

perunaa noin 35 000 kiloa, vastaavasti maitoa noin kymmenesosa perunaan verrattuna. Juustoa tuotetusta maidosta saadaan noin kymmenesosa, loppuosa on pääasiassa heraa. Tästä johtuen maitopohjaisten kastike-raaka-aineiden viljelypinta-ala ja typpipäästöt ovat moninkertaiset tuotteen pääraaka-aineeseen, perunaan verrattuna. Perunantuotantoon erikoistuneiden sopimus-tilojen typpitaseet/ha olivat myös maitotilojen rehuntuotantoa paremmat.

Jalostuksen typpikuormitus oli lähes saman suuruinen kuin perunan viljelyn typpikuormitus. Tuotantolaitoksen pistekuormituksen haittojen arvioinnissa on huomioitava, ettei vesistön alueellinen kantokyky ylitä.

Juustokermaperunoiden tuotantoketjussa suurin rehevöittävä fosforikuormitus (Kuva5) aiheutui kastikeraaka-aineiden tuotannosta, vaikka hehtaariohtainen rehevöittävä fosforikuormitus perunan viljelylohkoilta oli viljan ja nurmen tuotantoa suurempi. Fosfori on tärkeä ravinne perunalle. Fosforilannoitusta oli käytetty tästä johtuen reilusti ja perunanviljelylohkojen fosforipitoisuudet olivat suhteellisen korkeita. Kastikeraaka-aineiden tuotannon rehevöittävä fosforikuormitus aiheutui pääosin maidontuotannossa tarvittavien rehujen viljelystä, koska rehuviljan viljelyyn tarvittava pinta-ala oli huomattavasti perunan viljelyalaa suurempi.

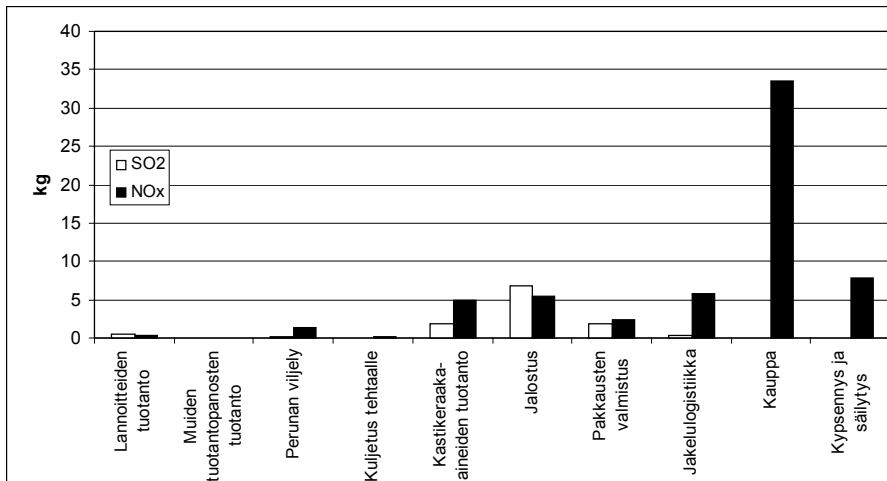


Kuva 5. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun rehevöittävä fosforikuormitus 10 000 kpl. 750 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 0,78 kg.

5.1.3 Juustokermaperunat –typen oksidit (NO_x) ja rikkidioksidi (SO_2)

Juustokermaperunoiden tuotantoketjussa suurimmat typenoksidit- (NO_x) päästöt (Kuva 6) aiheutuivat tuotteiden kylmäsäilytyksen ja kotitaloudessa tehtävän kypsennyksen tarvitseman energian tuotannosta energiantuotantolaitoksilla. Arvoketjussa ennen kauppaa suurimmat tekijät ovat jakelulogiistiikka, pääosin tuotteiden kuljetus tehtaalta kauppoihin, sekä *Juustokermaperunoiden* jalostus tehtaalla. Suurimmat yksittäiset tekijät jalostuksessa ovat pakastamisessa käytettävän typen tuotanto, prosessin tarvitsema höyryn ja sähkön tuotanto sekä mm. energiana käytettävän hiilen kuljetus suomeen. Kastikeraaka-aineiden tuotannon NO_x -päästöt sisältävät mm. työkoneiden käytön, rehujen viljelyn, lannoitteiden tuotannon, teollisten rehujen tuotantoketjut sekä kastikeraaka-aineiden kuljetukset. Myös pakkausten valmistuksesta ja kuljetuksista tehtaalle aiheutuu ketjun kannalta merkittäviä typenoksidipäästöjä.

Juustokermaperunoiden jalostusprosessissa rikkidioksidipäästöistä (SO_2) noin puolet aiheutui käytettävän höyryn tuotannosta kivihiilellä ja raskaalla polttoöljyllä. Suoria rikkidioksidipäästöjä jalostusprosessista tehtaalla ei tule.



Kuva 6. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöt 10 000 kpl. 750 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 111,9 kg.

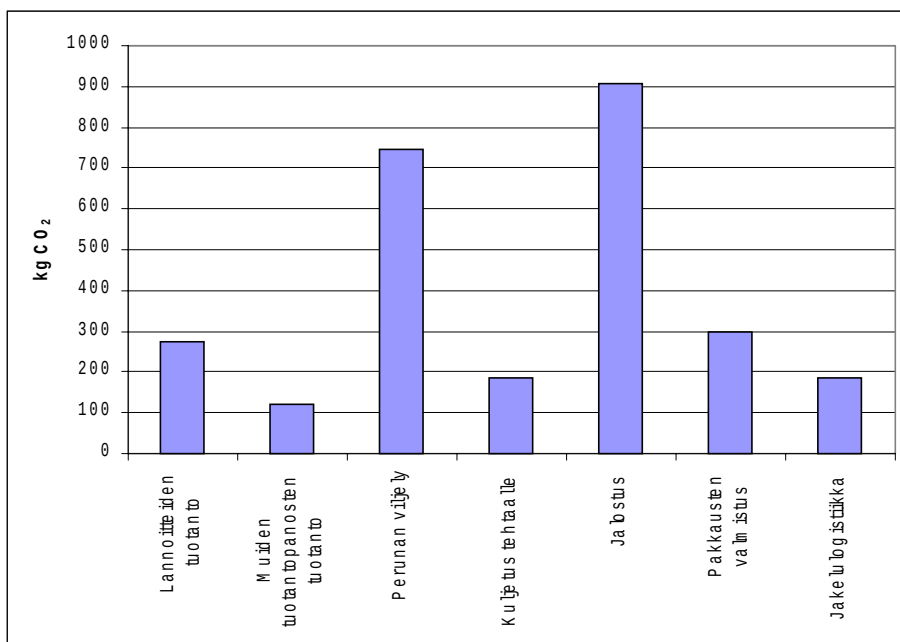
5.1.4 Kiinteät jätteet juustokermaperunaketjussa

Juustokermaperunaketjussa suurimmat jätemäärät syntyvät tehtaalla jalostusprosessissa. Peruna- ja kastikeraaka-aineista syntyy hävikkiä mm. perunan kuorinnan ja pesun yhteydessä. Syntyvästä orgaanisesta jätteestä 217 kiloa käytetään eläinten rehuna. Orgaanisesta jätteestä 1200 kiloa kompostoidaan. Lisäksi pienempiä jätemääriä syntyy muun muassa juuston tuotantoketjussa juustohävikistä. Valmiista juustokermaperunasta päätyy koko ketjussa jätteeksi noin yksi prosentti. Pääosa tuotepakkauksista päätyy kuluttajalta sekajätteisiin ja kaatopaikalle, osa hyödynnetään. Pakkausjätettä syntyy myös tehtaalla. Laminaattijätteen määrä on noin kaksi kiloa tarkasteltua systeemiä kohden. Pahvijätteen hyödyntäminen on huomioitu oletusarvoisesti FEF-CO:n (2000) perusteella aaltopahvien valmistuksen raaka-aineena.

Esimerkiksi lannoitteiden ja kalkin tuotantoketjussa syntyy useita sivuvirtoja, kuten sivukiveä, joiden tarkkoja määriä ei ole systeemistä arvioitu. Lähtöajatuksena kaikkien edellä mainittujen sivuvirtojen osalta oli, että ne ovat "ilmaisia" ympäristökuormituksiltaan niitä hyödyntäville muille tuotejärjestelmille. Kaikki niiden tuottamisesta syntyvät ympäristökuormitukset kohdennettiin tutkittavalle tuotejärjestelmälle.

5.1.5 Perunajauhoketju –hiilidioksidi (CO₂)

Pirkka perunajauhon tuotantoketjun suurimmat hiilidioksidipäästöt (Kuva 7) muodostuvat tuotannossa, jossa tuotteen kuiva-ainepitoisuus nostetaan 81%:iin. Suurin osa solunesteesta saadaan poistettua puristamalla, ja loppuosa kosteudesta on poistettava haihduttamalla riittävän korkeassa lämpötilassa. Tuotantoketjun toiseksi suurimmat hiilidioksidipäästöt aiheutuvat perunan viljelystä. Suurin yksittäinen tekijä viljelyssä on työkoneiden käyttö, jossa merkittävimpana perunan korjuu. Korjuu on hidasta ja hiilidioksidipäästöt syntyvät traktorin polttoaineen kulutuksesta. Tärkkelysperunan korjuuta voidaan tehostaa lisäämällä useamprivisten korjuukoneiden käyttöä. Toiseksi suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja viljelyssä on kalkitus, kalkin hiilen vapautuessa neutraloinnin yhteydessä ilmaan. Kalkituksen hiilidioksidipäästöjä voi vähentää vain vähentämällä kalkin käyttöä. Kalkituksen vähentämistä ei kuitenkaan suositella, sillä se parantaa kasvien ravinteiden saantia.



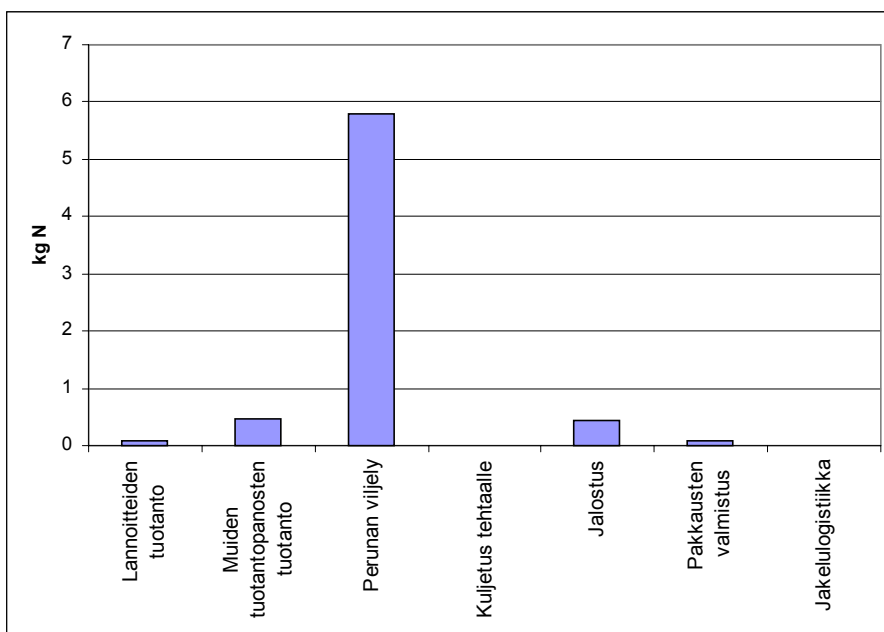
Kuva 7. Pirkka perunajauhotuotteen hiilidioksidipäästöt 10 000 kpl. 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 2720 kg.

Pakkausten osuus koko ketjun hiilidioksidipäästöistä on 11 %. Kuljetus tehtaalle sekä jakelulogistiikka aiheuttavat molemmat noin 7 % koko ketjun hiilidioksidipäästöistä. Perunan kuljetusta tehtaalle voitaisiin tehostaa kuorma-autokuljetusten käytöllä yksittäisten traktorikuljetusten sijaan.

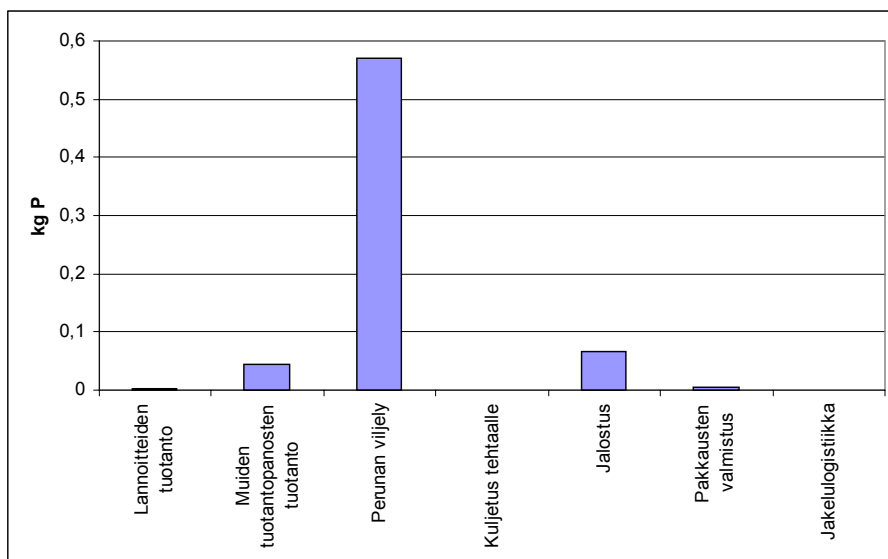
Järjestelmän CO₂-päästöjen suuruusluokan hahmottamiseksi todettakoon, että kilon perunajauhosysteemin CO₂-päästöt vastasivat noin 1,3 kilometrin henkilöautolla ajon CO₂-päästöjä.

5.1.6 Perunajauhoketju –typpi (N) ja fosfori (P)

Pirkka perunajauhon tuotantoketjun merkittävin typpikuormitus muodostui perunan viljelystä (Kuva 8). Jalostuksen ja siemenperunan tuotannon typpikuormitukset olivat seuraavaksi suurimmat typpikuormituksen lähteet. Tutkimuksessa jätettiin jalostuksessa syntyvä soluneste tässä vaiheessa tutkimuksen ulkopuolelle, koska solunesteen ravinnehuuhtoumien laskemiseksi tarvittaisiin kattavia kenttäkokeita solunesteen lannoitusvaikutuksista sekä huuhtoumista. Myös pakkausten valmistus ja lannoitteiden tuotanto aiheuttivat osan koko ketjun typpikuormituksesta.



Kuva 8. Pirkka –perunajauhotuotteen tuotantoketjun typpikuormitus 10 000 kpl. 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 6,84 kg.



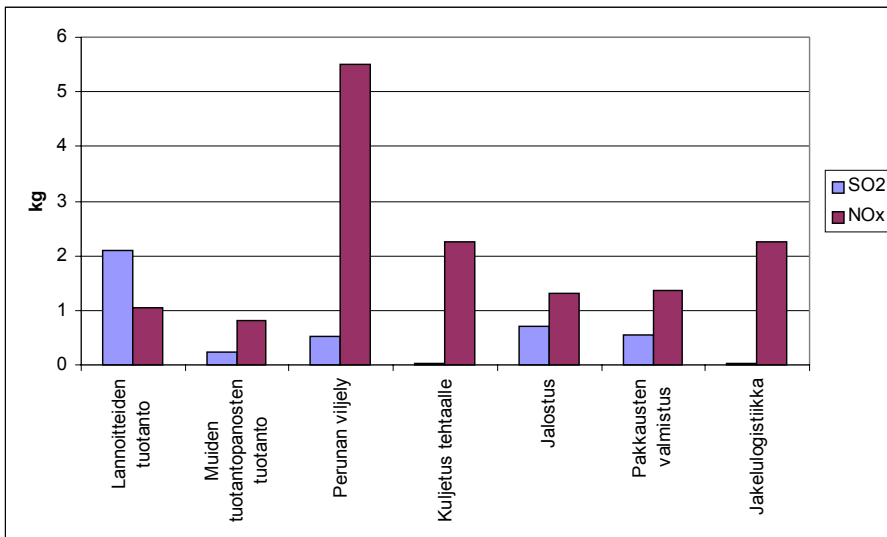
Kuva 9. Pirkka –perunajauhotuotteen tuotantoketjun rehevöittävä fosforikuormitus 10 000 kpl. 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 0,69 kg.

Pirkka perunajauhon tuotantoketjun merkittävin rehevöittävä fosforikuormitus muodostui perunan viljelystä (Kuva 9). Peruna tarvitsee kasvaakseen monia muita kasveja suuremman fosforilannoituksen. Perunaviljelylohkot ovatkin fosforipitoisuudeltaan korkeita. Maan fosforipitoisuus on suurin yksittäinen rehevöittävään fosforikuormitukseen vaikuttava tekijä. Siihen vaikuttavat hyvin monet muutkin tekijät, kuten vuotuiset säätekijät, maaperän ominaisuudet, kaltevuus, talviaikainen kasvipeitteisyys, muokkaus ja kasvuston peittävyys.

Muut merkittävät fosforipäästöt aiheutuivat jalostuksesta ja muiden viljelyssä tarvittavien tuotantopanosten tuotannosta. Muiden tuotantopanosten rehevöittävä fosforikuormitus oli peräisin lähes kokonaan siemenperunan viljelystä. Muiden elinkaaren vaiheiden rehevöittävät fosforikuormitukset ovat lähes olemattomia tuotekohtaisessa tarkastelussa.

5.1.7 Perunajauhoketju –typen oksidit (NO_x) ja rikkidioksidi (SO₂)

Perunajauhon tuotantoketjussa suurimmat typenoksidi (NO_x) -päästöt (Kuva 10), ilman kaupan prosesseja, aiheuttivat traktorien ja autojen polttomoottoreista perunan viljelyssä, perunan kuljetuksissa tehtaalle ja valmiiden tuotteiden jakelulogistiikassa. Seuraavaksi suurimmat tekijät ketjussa ovat *Pirkka perunajauhon* jalostus tehtaalla sekä pakkausten tuotanto ja kuljetus tehtaalle.



Kuva 10. Pirkka –perunajauhotuotteen tuotantoketjun typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöt 10 000 kappaletta 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Yhteensä 18,7 kg.

Merkittävin rikkidioksidipäästöjen (SO₂) aiheuttaja perunajauhon tuotantoketjussa on lannoitteiden tuotanto. Toiseksi suurin rikkidioksidilähde on jalostuksessa tarvittavan energian käyttö ja tuotanto. Lisäksi merkittävä tekijä on perunajauhopakkausten tuotanto. Kuljetusten rikkidioksidipäästöt ovat suhteessa typen oksideihin huomattavasti pienempiä. Kuljetusten rikkidioksidipäästöt riippuvat polttoaineen rikkipitoisuudesta.

5.1.8 Kiinteät jätteet perunajauhoketjussa

Perunajauhoketjussa suurimmat jätemäärät syntyvät tehtaalta jalostusprosesseissa. Perunasta suurin osa on solunestettä, jota syntyy tutkittua lopputuotemäärää, 6000 kg, kohden 19635 kg. Kiinteää perunajätettä syntyy 3642 kiloa. Molemmat prosessien suurimmat jätevirrat hyödynnetään, soluneste käytetään lannoitteena ja perunajäte rehuna. Muissa ketjun vaiheissa tärkeimpiä jätevirtoja ovat kuluttajapakkaukset, jotka päätyvät kuluttajilta joko kaatopaikalle tai hyödynnettäväksi. Kauppapakkaukset hyödynnetään energiana.

Esimerkiksi lannoitteiden ja kalkin tuotantoketjussa syntyy useita sivuvirtoja, kuten sivukiveä, joiden tarkkoja määriä ei ole systeemistä arvioitu. Lähtöajatuksena kaikkien edellä mainittujen sivuvirtojen osalta oli, että ne ovat "ilmaisia" ympäristökuormituksiltaan niitä hyödyntäville muille tuotejärjestelmille. Kaikki niiden tuottamisesta syntyvät ympäristökuormitukset kohdennettiin tutkittavalle tuotejärjestelmälle.

5.2 Vaikutusarvioinnin tulokset

Tässä tutkimuksessa keskityttiin kvantitatiivisesti määritettävissä oleviin vaikutusluokkiin. Tutkimus käsitti kolme vaikutusluokkaa, jotka ovat ilmastomuutos, happamoituminen ja rehevöityminen. Näitä vaikutusluokkia käytetään tyypillisesti elinkaariarvioinneissa ja niiden arviointiperusteet ovat parhaiten tieteellisesti perusteltavissa. Myös mm. luonnon monimuotoisuutta voidaan pitää alkutuotannon osalta merkittävänä ympäristövaikutusluokkana, koska juuri maataloustuotannossa siihen voidaan vaikuttaa. Monimuotoisuuden vähenemisen poisjättäminen johtuu yksinkertaisesti luonnon monimuotoisuuden arviointimenetelmien kehittymättömyydestä sekä tarvittavan lähtötiedon puuttumisesta. Menetelmien kehittymättömyys koskee myös ekotoksisuutta, minkä takia tätäkään vaikutusluokkaa ei esitetä perusvaikutusarviointimallissa.

Varsinainen vaikutusarviointilaskenta alkaa muuttamalla kuormitustekijöiden arvot yhteismitallisiksi kussakin vaikutusluokassa. Tässä ns. karakterisoinnissa eli luonnehdinnassa lasketaan karakterisointikertoimien avulla tuotteen aiheuttaman haitan suuruus kussakin vaikutusluokassa. Esimerkiksi ilmastomuutoksen yhteydessä eri kasvihuonekaasujen päästöt pystytään ilmaistamaan ilmaston lämpenemistä kuvaavan vaikutuspotentiaalikerroimen (GWP, Global Warming Potential) avulla CO₂-ekvivalenttimäärinä. Karakterisointikerroimet perustuvat elinkaariarvioinneissa sovellettaviin ns. ekvivalenttikerroimiin, joita määrittäessä on otettu huomioon nykytietämys eri tekijöiden merkityksestä kulloiseenkin vaikutusluokkaan. Kerroimet eivät kuitenkaan ota huomioon aineiden eri yhdisteiden ja kuormitustekijöiden vaikutusalueiden ympäristöolosuhteiden eroja, paikallisia ominaisuuksia, joilla voi olla suurikin merkitys kuormitustekijöiden aiheuttamien vaikutusten suuruuteen. Toisaalta näiden tekijöiden huomiointi voisi tehdä elinkaariarvioinnista liian raskaan suhteessa tarkentuneiden tulosten tuomiin hyötyihin.

5.2.1 Ilmastomuutos

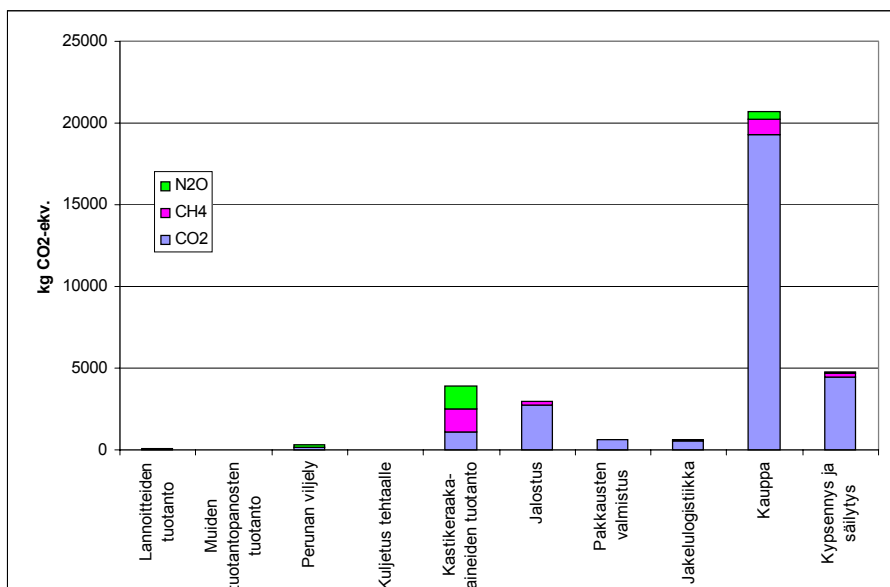
Ilmastomuutos on keskeisimpiä maailmanlaajuisia ympäristöongelmia. Ilmastomuutoksen pelätään aiheuttavan merkittäviä muutoksia ympäristössä ja vaarantavan tulevaisuudessa ihmisen toiminta- ja elinmahdollisuuksia. Lämpimillä alueilla, kuten välimeren ja päiväntasaajan seudulla lisääntyvä haihtuminen vähentää entisestään vesivaroja. Keinokastelusta johtuvan suo- laantumisen tai suoranaisen vesivarantojen vähenemisen kautta syntyvät ravinnontuotannon ongelmat voivat johtaa konflikteihin. Ilmastomuutoksella oletetaan olevan vaikutusta myös muihin luonnonilmiöihin, kuten myrskyjen lisääntymiseen.

Suomessa ilmastomuutos voi mahdollisen lämpenemisen ja lisääntyvän hiilidioksidipitoisuuden johdosta lisätä kasvien kasvukautta ja siten sato-

tasoja. Toisaalta se voi aiheuttaa sateita, jotka mm. estävät sadonkorjuun. Myös hallat ja erityisesti tuhoeläimet voivat lisääntyä ilmaston muutosten vaikutuksesta. On mahdollista, että ilmastonmuutoksen johdosta Golf-virta heikkenee. Tämä aiheuttaisi ilmaston viilenemisen Suomen alueella. Koska on mahdollista, että ilmastonmuutos aikaansaa hyvinkin suuria globaaleja ongelmia, valtiot ovat sopineet ilmastonmuutoskaasujen vähentämisestä. Tämä heijastuu erilaisina vaatimuksina, kuten parhaan mahdollisen käyttökelpoisen teknologian (BAT) käyttövaatimuksena ympäristölupaa haettaessa.

Arvioitaessa ihmisen toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia, otetaan yleensä huomioon vain ns. suorat kasvihuonekaasupäästöt eli hiilidioksidi (CO_2), typpioksiduuli (N_2O), metaani (CH_4) ja halogeeniyhdisteet. Tutkimuksessa ilmastonmuutokseen liittyviä kysymyksiä arvioitiin ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) avulla. GWP:n avulla voidaan arvioida myös eri kasvihuonekaasujen keskinäistä merkitystä. Käytetyt CO_2 -ekvivalentit olivat metaanille 23 ja typpioksiduulille 296 tarkasteltaessa 100 vuoden aikajännettä (IPCC 2001).

Juustokermaperunoiden ilmastonmuutospotentiaalin muodostumiseen vaikuttavat eniten kylmäsäilytys pakastealtaassa sekä kuluttajan tekemä tuotteen lämmitys uunissa (Kuva 11). Kaupan ja kuluttajan osuudet ilmastonmuutoskaasuista muodostuvat sähkön tuotannossa. Tarkemmin kauppaan ja kuluttajaan liittyviä kysymyksiä on tarkasteltu hiilidioksidipäästöjen muodostumista kuvaavassa kappaleessa 5.1.1.

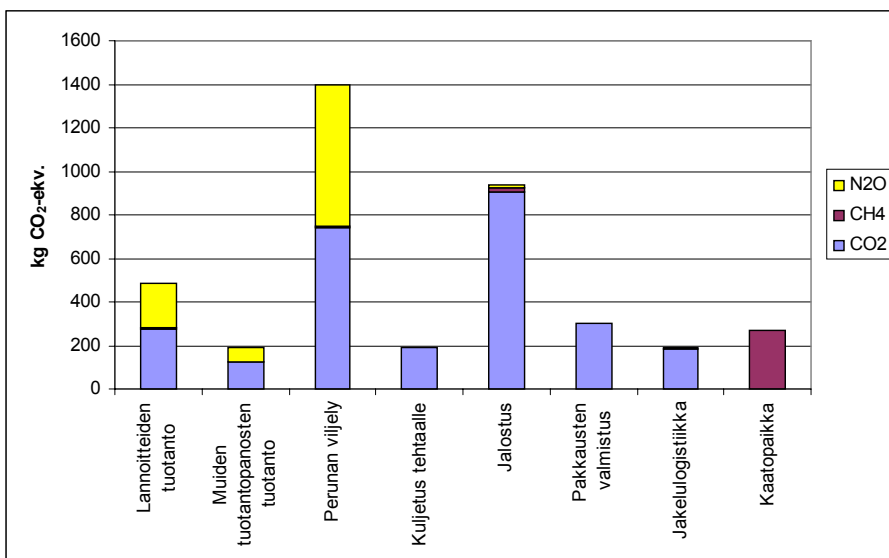


Kuva 11. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun ilmastonlämpenemispotentiaali 100 vuoden aikajänteellä 10 000 kpl. 750 gramman pussia kohden laskettuna. Tämä on hiilidioksidiekvivalentteina laskettuna yhteensä 34 056 kg CO_2 .

Kastikeraaka-aineiden tuotanto, maidon tuotantoon tarvittavien rehujen viljelystä erilaisiksi maitotuotteiksi, joita käytetään *Juustokermaperunoiden* raaka-aineina, on myös huomattava tekijä ketjun ilmastonmuutospotentiaalin muodostumisessa. Kastikeraaka-aineiden osuudesta yli kaksi kolmasosaa muodostuu pelloilta ja lannan käsittelystä aiheutuvista typpioksiduuli- ja metaanipäästöistä sekä nautojen ruuansulatuksessa syntyvästä metaanista. Juustokermaperunasta 2/3 on perunapohjaisia raaka-aineita, loppu maitopohjaisia raaka-aineita, mausteita ja vettä. Vaikka suurin osa raaka-aineesta on perunaa, tutkitun juustokermaperunamäärän tuottamiseen tarvittavan perunan viljelyala on moninkertainen maitopohjaisten raaka-aineiden tuotantolaan verrattuna. Useiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta maitopohjaisten raaka-aineiden osuus ilmastonmuutospotentiaalista nousee perunaraaka-ainetta suuremmaksi. Kastikeraaka-aineiden tuotannon ympäristökysymyksistä on enemmän julkaisussa FOODCHAIN - Emmental juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset (Voutilainen ym. 2003).

Raaka-aineiden jalostus tuotteeksi tehtaalla on seuraavaksi merkittävin ilmastonmuutoskaasujen (hiilidioksidin) lähde. Jalostuksen osuuteen sisältyy tuotannossa tarvittavien käyttöhyödykkeiden, kuten energian tuotanto. Jalostuksessa hiilidioksidipäästöistä eniten aiheutuu tuotteiden pakastamisesta, josta suurin osa aiheutuu pakastamisessa käytettävän tynen valmistuksesta typpitoimittajan tuotantoketjussa. Kastikeraaka-aineiden typpioksiduulipäästöjen muodostumiseen maaperästä sekä eläinten metaanipäästöihin ei voida merkittävästi vaikuttaa. Tästä johtuen tuotantolaitoksen ilmastonmuutoskaasujen vähentämisen merkitys tuotteen ympäristöprofiilin parantamisessa korostuu. Koko juustokermaperunaketjun, pellolta pöytään, ilmastonmuutospotentiaali vastaa 15,8 km henkilöautoilla ajoa auton kuluttaessa 8 litraa/100 km.

Perunajauhon tuotantoketjun ilmastonmuutospotentiaaliin (Kuva 12) suurin vaikutus on perunan viljelyllä. Viljelyn päästöt muodostuvat työkoneiden energian käytöstä vapautuvista hiilidioksidipäästöistä, kalkista vapautuvista hiilidioksidipäästöistä ja maaperästä vapautuvasta typpioksiduulista (N₂O). Vaikutusmahdollisuudet maaperästä vapautuvan typpioksiduulin määrään ovat rajalliset.



Kuva12. Pirkka –perunajauhotuotteen tuotantoketjun ilmastonlämpenemis-potentiaali 100 vuoden aikajänteellä 10 000 kpl. 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Tämä on hiilidioksidiekvivalentteina laskettuna yhteensä 3961 kg CO₂.

Viljelyn suuri osuus ketjun ilmastomuutoskaasuista johtuu siitä, että kuiva-ainepitoisuudeltaan 81 %:sen perunajauhon tuottamiseen tarvitaan paljon perunaraaka-ainetta. Viljelypinta-alan lisääntyessä käytettävien panosten ja näistä aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen määrä kasvaa. Tarvittavan perunasadon tuottamiseen käytettävien lannoitteiden tuotanto aiheuttaa 13 % koko ketjun ilmastomuutospotentiaalista. Solunesteen poistoon ja tärkkelysma-san kuivatukseen tarvitaan energiaa. Tärkkelysma-san kuivattamiseen käy-tettävän propaanin polttamisesta aiheutuukin pääosa ketjun toiseksi suurim-man ilmastomuutoskaasulähteen, tuotantolaitoksen, hiilidioksidista. Peru-najauhoketjun ilmastomuutospotentiaali vastaa 1,8 km:n henkilöautomatkaa auton kuluttaessa 8 litraa/100 km.

Viljelyssä maaperästä vapautuvia typpioksiduulipäästöjä on vaikea vähentää. Kalkituksesta aiheutuvaa hiilidioksidia voitaisiin vähentää vähentämällä kal-kitusta. Kuitenkin kalkituksesta saatavat hyödyt kuten satotason nousun vuoksi kalkituksen vähentämistä ei nähdä järkevänä. Tästä johtuen, paranta-mismahdollisuuksia tarkasteltaessa, jalostuksen hiilidioksidipäästöt ovat käytännössä merkittävin ilmastomuutoskaasulähde, johon ketjussa voidaan vaikuttaa.

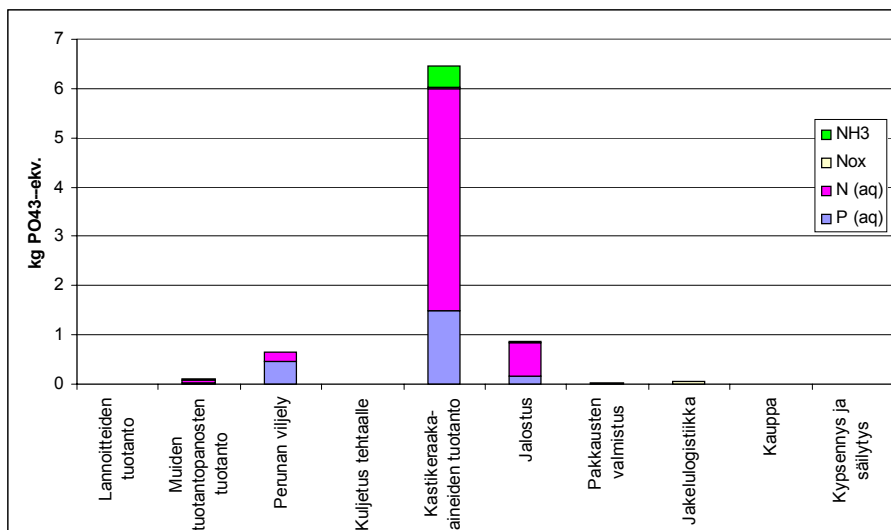
5.2.2 Rehevöitymispotentiaali

Veden rehevöitymisellä tarkoitetaan vesiekosysteemin häiriintymisestä joh-tuvaa veden eliöstön lisääntynyttä kasvunopeutta. Peruskriteerinä pidetään

kasviplanktonin ja korkeampien vesikasvien lisääntyntä tuotantoa (mitattuna tavallisimmin veden a-klorofyllipitoisuutena). Vesistöjen rehevöitymistä aiheuttavat pääasiassa fosfori (P)- ja typpikuormitus (N) sekä jonkun verran ilmapäästöistä veteen laskeutuva typpi. Hidas rehevöityminen koskettaa lähes kaikkia vesialueita. Leväkukinnat ja ajoittainen happikato vaivaavat etenkin Itämeren. Typen ja fosforin pistekuormitus väheni 1990-luvulla, mutta etenkin mm. maataloudesta ja haja-asutuksesta aiheutuvaa kuormitusta pidetään edelleen liian suurena, mikä näkyy mm. näihin toimiin liittyvien ohjaustoimien, erityisesti ympäristölainsäädännön kiristymisenä.

Typpi ja fosfori ovat rehevöittäviä yhdisteitä liukoissa muodossaan. Myös osa kiintoainekseen sitoutuneesta fosforista on leville käyttökelpoista. Rehevöitymistä tarkastellaan tässä tutkimuksessa pääosin vesiekosysteemin kannalta, koska maaekosysteemien rehevöitymisen oletetaan olevan Pohjois-Euroopassa, ml. Suomessa, ongelmana vähäinen (Seppälä 1997). Rehevöittävää vaikutusta Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyn vaikutusten arviointimenetelmän, DAIA, mukaisesti (Seppälä 1999b).

Juustokermaperunoiden tuotantoketjun rehevöitymispotentiaaliin suurin vaikuttava suurin tekijä on kastikeraaka-aineiden tuotanto (Kuva 13). Maidontuotannon typpi- ja fosforikuormitus vaihtelevat olosuhteista, ja erityisesti toteutuneiden ravinteiden käytön tehokkuudesta riippuen. Katikeraaka-aineiden tuotantoon tarvittavan pinta-alan ollessa moninkertainen *Kesäpöytä*



Kuva 13. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun rehevöitymispotentiaali 100 vuoden aikajänteellä 10 000 kpl. 750 gramman pussia kohden laskettuna. Tämä on fosfaattiekvivalenttina (PO43-) yhteensä 8,16 kg.

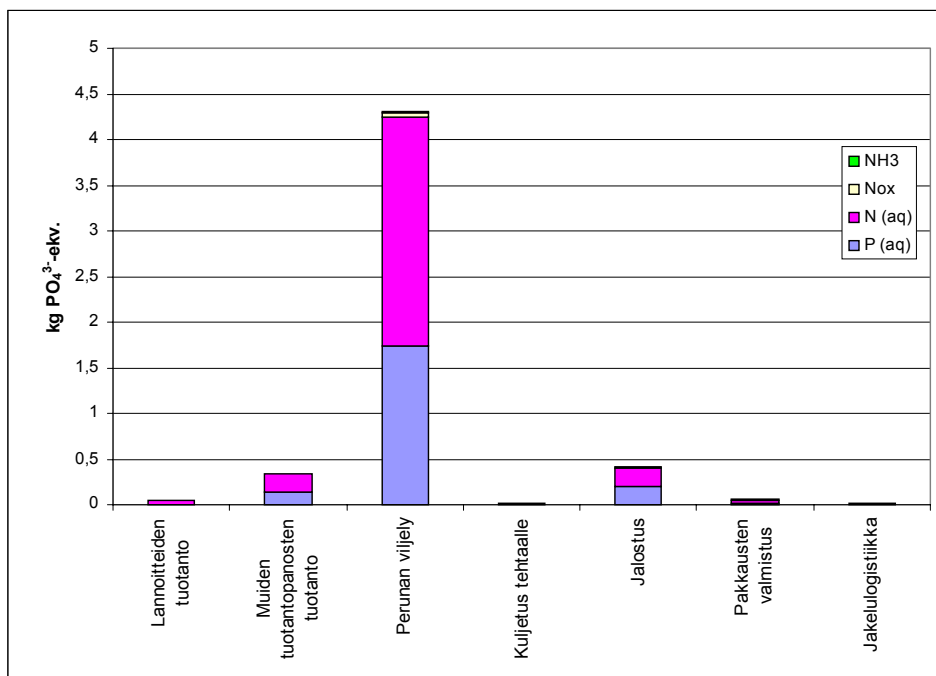
Juustokermaperunatuotteeseen tarvittavaan perunan viljelypinta-alaan verrattuna, kastikeraaka-aineiden tuotannon osuus rehevöitymispotentiaalista nousee pääraaka-ainetta suuremmaksi.

Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että *hehtaari*kohtainen rehevöittävä fosforikuormitus perunapellolta on maidontuotannon rehunviljelyä suurempi. Vaikka tuotekohtainen kuormitus oli pienempi, on tärkeää huomioida alueellinen näkökulma, ettei luonnon kantokyky ylitä tuotantoalueella.

Typen suuri osuus rehevöitymispotentiaaliin (Kuva 13) johtuu siitä, että se kuvaa typen maksimivaikutusta rehevöitymiseen. Todellisuudessa typen osuus rehevöitymiseen voi olla fosforin vaikutusta pienempi. Typen ja fosforin välinen haitallisuus vaihtelee tarkasteltavasta veisekosysteemistä riippuen.

Ilmapäästöistä rehevöitymistä aiheuttavat typen oksidit ja ammoniakki. Kuljetuksista aiheutuvien NO_x-päästöjen osuus vesistöjen rehevöitymisestä on kuitenkin hyvin pieni, koska vain osa tuestä laskeutuu vesistöihin.

Perunajauhon tuotantoketjussa suurin rehevöitymiseen vaikuttava tekijä on perunanviljely (Kuva 14). Muiden tuotantopanosten rehevöittävä vaikutus syntyy lähes kokonaan siemenperunan viljelystä. Muiden ketjun vaiheiden



Kuva 14. Pirkka-perunajauhotuotteen tuotantoketjun rehevöitymispotentiaali 10 000 kpl. 600 gramman pakkausta kohden laskettuna. Tämä on fosfaattiekvivalenttina (PO₄³⁻-) yhteensä 5,19 kg.

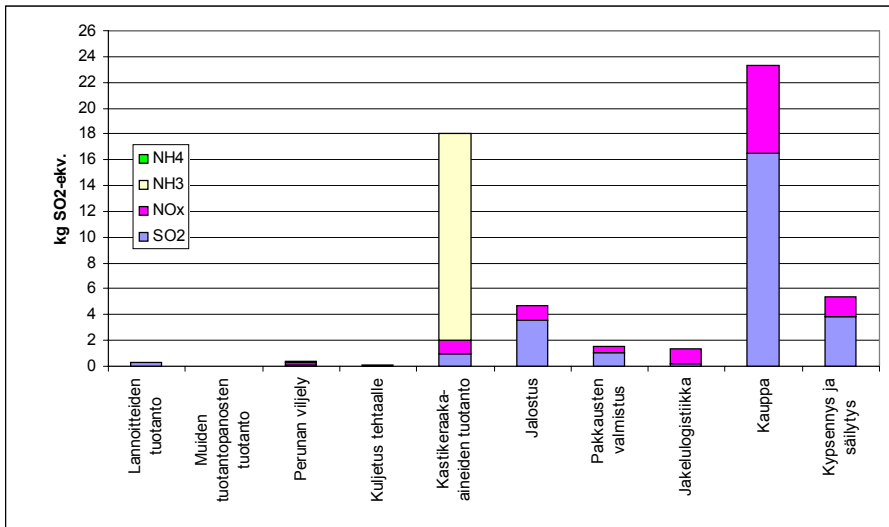
vaikutukset rehevöitymispotentiaaliin ovat hyvin pieniä.

Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomattava, ettei tutkimuksessa ole huomioitu solunesteestä aiheutuvaa ravinnekuormitusta tuotantolaitoksen päästönä. Solunesteen ympäristövaikutuksia tutkimuksessa ei voitu tarkastella, koska riittäviä lähtötietoja ei toistaiseksi ole. Nykyinen toimintatapa, solunesteen hyötykäyttö, erityisesti sijoituslannoituksena, on järkevä ravinteiden kierron kannalta.

5.2.3 Happamoitumispotentiaali

Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon vastustuskyvyn heikkenemistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Kullakin alueella on sille ominainen kyky vastustaa happamoittavaa laskeumaa (ts. neutraloida vetyioneja). Tärkeimmät, tutkimuksessa käytetyt, happamoitumista aiheuttavat päästötekijät ovat rikkidioksidi (SO_2), ammoniakki (NH_3), typen oksidit (NO_x) ja kloorivety (HCl). Kymmenesosa Suomen vesistöistä on happamoituneita tai vaarassa happamoitua. Happamoittavat päästöt ja laskeuma vähenivät 1990-luvulla, eikä luonnon sietokyky enää ylity yhtä laajasti kuin ennen. Jotkut happamoitumisen vaurioittamat järvet ovat hiljalleen toipumassa. Suomessa maatalouden osuus happamoittavista kokonaispäästöistä on erittäin vähäinen muiden kuin ammoniakkin osalta, jonka päästöistä maatalouden osuus on yli 80 %. Maatalouden ammoniakkipäästöistä yli 90 % on peräisin kotieläintaloudesta. Perunan viljelyssä ei siis voida merkittävästi vaikuttaa happamoittaviin päästöihin. Mahdollisuudet kohdistuvatkin puhtaan polttoaineen käyttöön ketjun energian käytössä.

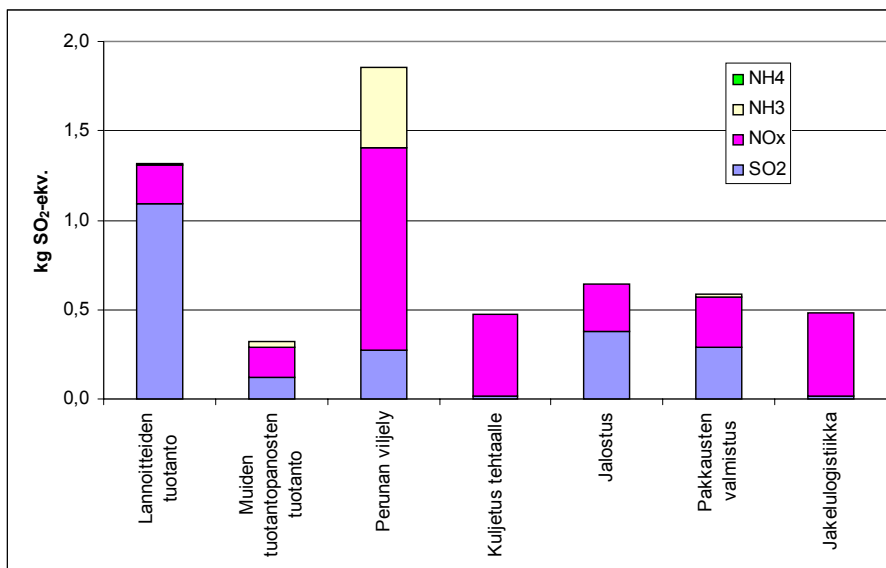
Juustokermaperunan tuotantoketjussa suurin happamoitumiseen vaikuttava tekijä (Kuva 15) on kaupan pakastealtaan jäädytyksen tarvitseman sähkön tuotannosta syntyvät rikki- ja typpipäästöt. Toiseksi suurimmat happamoittavat päästöt syntyvät kastikeraaka-aineiden tuotannossa syntyvästä ammoniakista (NH_3). Ammoniakin kokonaispäästöistä Suomessa noin 80 % aiheutuu maataloudesta ja tästä noin 90 % maidontuotannosta (Grönroos 1998). Tästä johtuen on luonnollista, että ammoniakkipäästöt hallitsevat maitopohjaisten raaka-aineiden tuotannosta syntyviä happamoittavia päästöjä.



Kuva 15. Kesäpöytä –juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun happamoitumispotentialiaali 10 000 kpl. 750 gramman pakkausta kohden laskettuna. Tämä on rikkidioksidiekvivalenttina (SO_2 -ekv) laskettuna yhteensä 55,2 kg SO_2 .

Tuotantolaitoksen rikkidioksidimäärä on suorassa suhteessa käytettävän polttoaineen määrään ja rikkipitoisuuteen. Tuotantolaitoksen energian tuotannossa käytettävän polttoaineen rikkipitoisuuden vähentäminen on tehokas tapa happamoittavien päästöjen vähentämiseksi koko ketjussa. Jakelulogistiikan happamoittavat päästöt ovat pääasiassa typen oksideja (NO_x), jotka muodostuvat polttomoottoreissa palamiskaasuina.

Perunajauhon tuotantoketjussa suurimmat happamoitumiseen vaikuttavat tekijät ovat perunan viljely sekä viljelyssä tarvittavien lannoitteiden ja lannoitteiden raaka-aineiden tuotanto (Kuva 16). Perunajauhon tuotantoketjussa painopiste kohdistuu viljelyyn, koska kuiva-ainepitoisuudeltaan korkean perunajauhotuotteen tuottamiseksi tarvitaan paljon perunan tuotantopinta-alaa lopputuotetta kohden.



Kuva 16. Pirkka-perunajauhotuotteen tuotantoketjun happamoitumispotentiaali 10 000 kpl. 750 gramman pussia kohden laskettuna. Tämä on rikkidioksidiekvivalenttina (SO₂-ekv) laskettuna yhteensä 5,68 kg SO₂.

Tuotantolaitoksen osuus tuotantoketjun happamoittavista kokonaispäästöistä on 11 % ja pakkausten 10 %. Raaka-aineiden kuljetus tehtaalte aiheuttaa saman verran happamoittavia päästöjä kuin koko lopputuotteen jakelulogistiikka tehtaalte asiakkaalle.

5.3 Epävarmuusarviointi

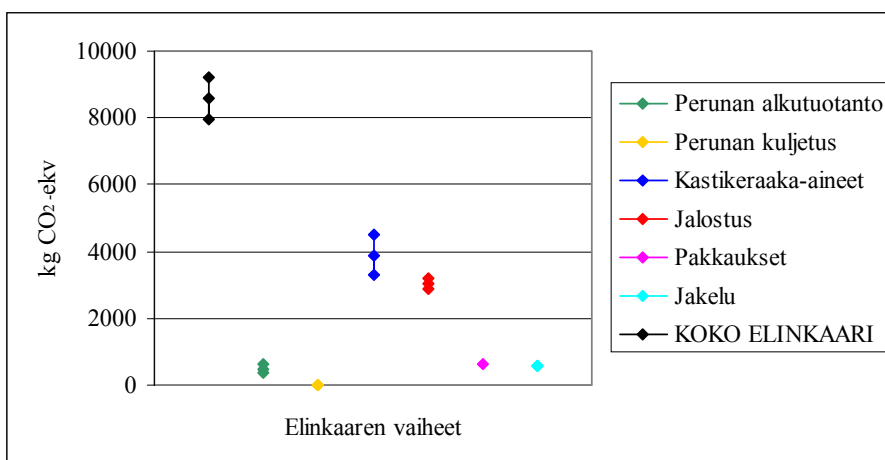
Tässä tutkimuksessa pilotoitiin epävarmuuden arvioinnin mallintamista ja hallintaa *Juustokermaperunoille*. Keskeisenä lähtökohta oli ylipäättään koikeilla ja kehittää epävarmuuden arviointi- ja menettelytapaa, eikä niinkään yrittää arvioida kaikkia mahdollisia epävarmuuksia. Tutkimuksessa tarkasteltiin epävarmuutta, joka johtui mm. puutteellisista inventaariotiedoista ja epätarkoista mittauksista. Käytetyt epävarmuusarvioiden jakaumat olivat osittain tutkijoiden oletuksia mahdollisista epävarmuuksista. Esitettyjen muuttujien yksittäisiin epävarmuusjakaumiin ei kannata kiinnittää liikaa huomiota. Koko tuotantoketjusta saatu epävarmuusarvio kuvanee kuitenkin kokonaisuuden epävarmuuden suuruusluokkatasoa suhteellisen hyvin.

Epävarmuuden arviointi tuotelähtöisissä ympäristövaikutusarvioissa on tärkeää siksi, että se tuo esille oleellimmat inventaariotietojen tarkennustarpeet ja tuottaa lisäinformaatiota tulosten tulkintaan antamalla realistisemman kuvan tuloksista ja paremman pohjan tuotteiden tai elinkaaren vaiheiden vertailuun. Todennäköisyysjakaumat ovat yleisesti käytetty tapa havainnollistaa

epävarmuutta ja niiden soveltaminen mahdollistaa tilastollisten analyysimenetelmien hyödyntämisen herkkyysanalyysissä (Huijbregts 2001), vaikkakin inventaariotietojen epävarmuuden arviointi on vielä kansainvälisestikin ottaen erittäin harvinaista. Koska useat maataloustuotantoon liittyvät ympäristökuormitustiedot ovat vaikeasti mitattavissa ja hallittavissa, olisi epävarmuusarvioinnin liittäminen elintarvikkeiden ympäristövaikutustutkimuksiin erityisen tärkeää.

Epävarmuuden pilotointiin valittiin muuttujiksi sekä huomattavan epävarmoiksi oletettuja muuttujia että tuloksiin eniten vaikuttaneita tekijöitä ja ympäristökuormituksia. Nämä on esitelty Honkasalon (2003) tutkimuksessa.

Juustokermaperunoiden epävarmuusarvioinnissa tarkasteltiin tuotantoketjua ilman kaupan ja kuluttajan osuutta. Valittujen oletusten puitteissa ilmaston lämpenemispotentiaalin suurimmat epävarmuudet aiheutuivat typpioksiduulija metaanipäästöistä, joiden epävarmuudeksi saatiin useita kymmeniä prosentteja. Näiden päästöjen lähteitä, arviointia ja epävarmuutta on esitelty Voutilaisen ym.(2003) raportissa. Näiden epävarmuus näkyy kuvassa 17 kastikeraaka-aineiden arvioidussa kokonaisepävarmuudessa. Hiilidioksidi



Kuva 17. Juustokermaperunatuotteen tuotantoketjun (ilman kaupan ja kuluttajan osuutta) ilmastolämpenemispotentiaalin epävarmuus 10 000 kappaletta (a' 750 g) kohden laskettuna. Y-akselilla näkyy kunkin tuotantovaiheen ilmastolämpenemisen odotusarvo ja vaihteluväli 90 % todennäköisyydellä. Kuvassa esitetyt odotusarvot ei täysin vastaa kuvassa 11 esitettyjä keskiarvoja, koska epävarmuusarvion pohjana käytetyt inventaariotiedot eivät olleet aivan yhtä tarkkoja kuin lopullisissa tuloksissa käytetyt tiedot sekä siitä, että osan epävarmuuksista oletettiin olevan epäsäännöllisiä kolmiojakaumia. Esimerkiksi maaperän N₂O-päästöjen jakauman päätepisteiden oletettiin olevan odotusarvostaan -100 % ja +400 %.

päästöt aiheuttivat vajaat kaksi kolmasosaa ilmastonlämpenemispotentiaalista. Niiden epävarmuus oli 90 % todennäköisyydellä kuitenkin vain noin kolme prosenttia. Tuloksen tulkinta ei olennaisesti muuttunut tässä tapauksessa suhteessa luvussa 5.2.1 esitettyyn nähden. Rehevöitymispotentiaalin suurimmat epävarmuudet aiheutuivat kastikeraaka-aineiden peltoviljelyn huuhtoumista. Happamoitumispotentiaalin suurimmat epävarmuudet aiheutuivat maitopohjaisten raaka-aineiden lannan käsittelyn ja levittämisen ammoniakkipäästöistä.

6 Johtopäätökset

Elintarvikkeiden ympäristöasioiden tuotekohtainen arviointi ja kehittäminen luo perustan todelliselle muutokselle sekä ympäristön että tuotteen kilpailukyvyyn näkökulmasta. Tutkimuksessa analysoitiin todellisia tuotantoprosesseja tutkimuksiin osallistuneissa yrityksissä ja saavutettiin hyötyjä, joita keskiarvotietoihin perustuvalla tutkimuksella ei voitaisi saavuttaa. Ympäristöhyötyjen lisäksi toimenpiteet energian- ja materiaalivirtojen mittauksen, seurannan ja parantamisen kehittämisessä tuovat ympäristöhyötyjen lisäksi myös kustannussäästöjä. Tuotteita valmistaville yrityksille tuotteiden koko elinkaaren ympäristövaikutusten ja vaikutusmahdollisuuksien tunnistaminen ja hallinta ovat osa hyvää ympäristöjohtamista.

Molemmissa tutkituissa tuoteketjuissa rehevöittävät kuormitukset johtuivat viljelystä. Kuitenkin juustokermaperunaketjussa, ehkä yllättävästikin, perunan viljelyä suurempi kuormitus syntyi maitopohjaisten raaka-aineiden tuotannossa. Näin ollen ympäristökysymyksiin voidaan vaikuttaa myös tuotekehitys- ja hankintaprosesseissa huomioimalla positiivisesti myös raaka-aineiden toimittajien aktiivinen ympäristöasioiden kehitystyö, maitopohjaisten raaka-aineiden toimittajien kohdalla alkutuotannon ravinnepäästöjen vähentäminen.

Kaupan pakastealtaan energiankulutuksen havaittiin olevan suurin tekijä *Juustokermaperunaketjun* ilmastomuutospotentiaaliin. Molempien tutkittujen tuotteiden kohdalla on tärkeää, että tuotantolaitoksen vesi- ja ilmapäästöt suhteellisen suurena yksittäisenä pistekuormituslähteenä ovat hallinnassa normaalissa ja poikkeustilanteissa, vaikka alkutuotannon hajakuormitus oli tuotantoa suurempi tekijä tuotekohtaista ympäristökuormitusta tarkasteltaessa.

Tuotekohtaisessa tarkastelussa *Pirkka perunajauhon* alkutuotannon osuus korostuu muihin ketjuun osiin verrattuna kaikissa ympäristövaikutusluokissa. Raisio Finnamylissä onkin rakennettu tietojärjestelmä, jonka avulla voidaan seurata lohkokokohtaisesti perunan viljelyn ja lopputuotteen laatua, analysoida tuloksia ja sitä kautta tehdä johtopäätöksiä ja tuottaa parannusehdotuksia ja tietoa viljelijöille perunan viljelyn kehittämiseksi.

Alkutuotannon ympäristökuormitusten arviointiin liittyy merkittäviä epävarmuuksia. Muissa prosesseissa tarkkuustasoa saadaan lisättyä syöte-tuotos- ja massatasetarkastelun avulla. Alkutuotannon ympäristövaikutusten arvioinnissa on useita muuttujia ilma- ja vesipäästöjen sekä maaperän välillä. Elintarvikeketjun ympäristövaikutusten arviointimenetelmien kehittämisessä pääpaino tulisi keskittää alkutuotantoon. Tutkimuksessa pilotoitiin inventaariotietojen epävarmuuden arvioinnin mallintamista ja hallintaa osana *Juustokermaperunoiden* ympäristövaikutusten arviointia. Epävarmuuden arviointi tuotelähtöisissä ympäristövaikutusarvioissa on tärkeää siksi, että se tuo esille oleellimmat inventaariotietojen tarkennustarpeet ja tuottaa lisäinformaatiota tulosten tulkintaan antamalla realistisemmän kuvan tuloksista ja paremman pohjan tuotteiden tai elinkaaren vaiheiden vertailuun. Inventaariotietojen epävarmuuden arviointi on vielä kansainvälisestäikin erittäin harvinaista. Koska useat maataloustuotantoon liittyvät ympäristökuormitustiedot ovat vaikeasti mitattavissa tai arvioitavissa, olisi epävarmuusarvioinnin liittäminen elintarvikkeiden ympäristövaikutustutkimuksiin erityisen tärkeää.

Ympäristövaikutukset maapallolla syntyvät ihmisen toiminnasta, pääasiassa materiaalien ja energian kulutuksesta. Näin ollen kuluttajat tekevät ostopäätöksellään valinnan ympäristövaikutusten muodostumisesta. Tästä johtuen tuotelähtöinen elinkaariajattelu on tulossa myös EU:n lähtökohdaksi ympäristöasioita tarkasteltaessa. Ruoka on välttämätön kulutushyödyke, jonka valinta on kuluttajalle lähes jokapäiväinen tehtävä. Yritysten, hallinnon ja muiden sidosryhmien yhteistoiminnan avulla elintarviketeollisuudesta voisi tulla laajasti se kärkitoimiala, joka pystyy yhteistyössä toteuttamaan kokonaisuuden kannalta merkittäviä ympäristöasioiden kehittämistoimenpiteitä ”pellolta pöytään”. Tutkimukseen osallistuneet yritykset ovat omaksuneet hyvin tuotekohtaisen koko elinkaaren ympäristönäkökohtien kehittämiseen tähtäävän ajattelutavan. Toivottavaa on, että tutkimustulokset ja tutkimuksen aikainen oppimisprosessi auttavat pitkällä tähtäimellä tutkimukseen osallistuneita yrityksiä ympäristökysymysten tehokkaassa kehittämisessä. Tuotekohtainen tutkimus toi esille aivan uuden näkökulman ympäristöasioiden kehittämiseksi koko elintarvikeketjun toiminnassa.

7 Kirjallisuus

APME 1999. Eco-profiles of the European plastics industry. CD ROM 1999. www.apme.org)

Bakkane, K. 1994. Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas. TAPIR publishers. 146 s.

Carlsson-Kanyama, A. & Faist, M., 2000. Energy Use in the Food Sector: a Data Survey. Swedish Environmental Protection Agency, AFR Report 291, Stockholm.

- Dutilh, C. & Kramer, K. 2000. Energy consumption in the food chain – comparing alternative options in food production and consumption. *Ambio* 29 (2), March 2000.
- FEFCO, 2000. European database for corrugated board Life cycle studies. FEFCO www.fefco.org
- Fortum Oil & Gas 2002a. Ekotasetiedote (1.3.2002) kevyt polttoöljy.
- Fortum Oil & Gas 2002b. Ekotasetiedote (1.3.2002) euro- ja citydieselöljy.
- Fortum Oil & Gas 2002c. Ekotasetiedote (1.3.2002), citydieselöljy.
- Fortum Oil & Gas 2002d. Ekotasetiedote (1.3.2002), reformuloitu bensiini.
- Fortum Oil & Gas 2002e. Ekotasetiedote (1.3.2002), eurobensiini.
- Grönroos, J., Nikander, A., Syri, S. Rekolainen, S., Ekvist, M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristö 206. Suomen ympäristökeskus Helsinki. 65 s.
- Honkasalo, N. 2003. Elinkaariarvioinnin inventaariotietojen epävarmuuden arviointi. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Diplomityö. 107 s.
- Huijbregts, M., Bretz, R., Citroth, A., Norris, G., Maurice, B., Weidema, B., von Bahr, B. 2001. Framework for Modelling Data Uncertainty in Life Cycle Inventories. *International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 6, no. 3, s. 127-132.
- IPCC 1997. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Treanton K., Mamaty I, Bonduki Y., Griggs D.J. & Callender B.A. 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Lontoo, IPCC, OECD & IEA. Internet: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>.
- IPCC 2001. Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C. (eds.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of working group I to the third assessment report of IPCC*. 786 s. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1
- Katajajuuri, J.-M., Loikkanen, T. Pahkala, K., Uusi-Kämpä, J., Voutilainen, P., Kurppa, S., Laitinen, P., Mikkola, H., Kivinen, T. & Salo, S. 2000. Ympäristöhallintaa tukevan tietopohjan kehittäminen osana maatilojen laatu-järjestelmää. Case: Rehuohran elinkaariarviointi. VTT Kemiantekniikka, Espoo. 134 s. + liitt. 4 s. VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes: 2034. ISBN 951-38-5675-5; 951-38-5676-3.
- Katajajuuri, J.-M. Voutilainen, P., Tuhkanen, H.-R. & Honkasalo, N. 2003. Kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Maa- ja elintarviketalous 33. Joki-oinen: MTT. 47 s.

- Katajajuuri, J-M., Virtanen, Y., Voutilainen, P. & Kurppa, S. 2003. Elintarvikkeiden ympäristövaikutukset FOODCHAIN. MMM:n julkaisuja 6/2003. Maa- ja metsätalousministeriö.63s..
- Korhonen, A., Pihala, H., Ranne, A., Ahponen, V. & Sillanpää, L. 2002. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehoseuran julkaisuja 384. 141 s. ISBN 951-788-347-1. ISSN 0355-0710.
- Mäkelä, K., Tuominen, A. & Rusila K. (2000) TYKO Työkoneiden päästömalli. VTT Tutkimusraportti 546/2000. VTT, Espoo. 49 s. +liitt. 3. (<http://www.vtt.fi/rte/projects/tyko/malli.htm>)
- Mäkelä, K., Tuominen, A., & Pääkkönen, E. 2002. Suomen liikenteen päästöjen laskentajärjestelmä LIPASTO 2001. Tutkimusraportti: RTE 3164/02; MOBILE 2, M2T9916-13. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Espoo. 39 s. + liitt. 6 s. <http://www.vtt.fi/rte/projects/lipasto/index.htm>.
- Palonen, J. & Oksanen, E. H. 1993. Labour, machinery and energy data bases in plant production. Työtehoseuran maatalousjulkaisu 330. Työtehoseura. Helsinki. 106 s.
- Peltonen, M., Vanhala, A. 1992. Maatalouden työnormit kasvintuotannon yleiset työt. Työtehoseuran tiedote 14/1992. Nro. 421. Työtehoseura. Helsinki. 8s.
- Seppälä, J. 1999a. Decision Analysis as a Tool for Life Cycle Impact Assessment. LCA Documents, Volume 4. Eco-Infoma Press, ecomed publishers 1999. 174 s.
- Seppälä, J. 1999b. Vaikutusten laskenta elinkaariarvioinnissa - vertailtavana DAIA- ja Ekoindikaattori 95 -menetelmät. Helsinki 1999, Suomen ympäristökeskuksen moniste 172. 30 s.
- Tattari, S., Bärlund, I., Rekolainen, S., Posch, M., Siimes, K., Tuhkanen, H-R. ja Yli-Halla, M. 2001. Modeling sediment yield and phosphorus transport in Finnish clayey soils. Transactions of the ASAE 44, 2: p. 297-307.
- Tuhkanen, S. 2001. Jätehuollon merkitys Suomen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Kaatopaikkojen metaanipäästöt ja niiden talteenotto. Tutkimusselostus ENE6/25/2001. VTT Energia, Espoo. 39 s.
- Virtanen, Y., Askola, R. & Junntila, V. 1996. Kenttäsuuntautunut elinkaaritietojen hankintamenetelmä. Suomen energiantuotannon elinkaaritietokanta - SEEP. Osa I. VTT Tiedotteita 1782. 62 s. + liitt. 46 s.
- Voutilainen, P., Tuhkanen, H-R., Katajajuuri, J-M., Nousiainen, J. & Honkasalo, N. 2003. Emmental Sinileima juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja parannusmahdollisuudet. Maa- ja elintarviketalous . 92 s.+2 liitettä.

Maa- ja elintarviketalous -sarjassa ilmestyneitä julkaisuja

Ympäristö

- 34 Kesäpöytä Juustokermaperunoiden ja Pirkka-perunajauhon ympäristövaikutukset. *Voutilainen ym.* 54 s. Hinta 20 euroa.
- 35 Emmental Sinileima -juuston tuotantoketjun ympäristövaikutukset ja parannusmahdollisuudet. *Voutilainen ym.* 90 s. Hinta 20 euroa.
- 33 Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. *Katajajuuri ym.* 47 s. Hinta 15 euroa.
- 28 Biojäte- ja lietekompostien käyttömahdollisuudet kasvintuotannossa. *Lehtonen ym.* 120 s. Hinta 25 euroa.

Kasvintuotanto

- 26 Luomumansikan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Kirjallisuusselvitys. *Prokkola ym.* 160 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met26.pdf).
- 17 Uhanalaisten lääkekasvien markkinat ja viljely. Kirjallisuusselvitys. *Galambosi & Jokela.* 88 s. (verkkojulkaisu osoitteessa: www.mtt.fi/met/pdf/met17.pdf).

Talous

- 30 Suurten tilojen talous Suomessa ja vertailumaissa. *Remes ym.* 114 s. Hinta 25 euroa.
- 29 Kumppanuus kuntatasolla maaseutupolitiikan toimeenpanossa. *Mustakangas ym.* 179 s. Hinta 25 euroa.
- 24 Lähiruoan markkinointi vähittäiskauppoihin, suurkeittiöihin ja maaseutumatkailuyrityksiin. *Paananen & Forsman.* 62 s. Hinta 20 euroa.

Teknologia

- 31 Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. *Suomi ym.* 100 s. Hinta 25 euroa.
- 21 Luomusikala Suomen olosuhteissa. *Kivinen.* 79 s. Hinta 20 euroa.

Julkaisuviitteet löytyvät sarjojen internetsivuilta
www.mtt.fi/julkaisut/sarjathaku.html

