



Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannuslaskennan soveltaminen maaseudun pienyrittäjiin

Inkeri Pesonen, Pasi Voutilainen, Anu Seppälä
ja Sirpa Kurppa



MTT:n selvityksiä 51
69 s., 1 liitettä

Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannus- arvioinnin soveltaminen maaseudun pienyrytyksiin

Inkeri Pesonen, Pasi Voutilainen, Anu Seppälä ja Sirpa Kurppa

ISBN 951-729-824-2 (Painettu)
ISBN 951-729-825-0 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1458-509X (Painettu)
ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)
www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts51.pdf

Copyright

MTT

Inkeri Pesonen, Pasi Voutilainen, Anu Seppälä ja Sirpa Kurppa

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 kuvat

Kukka - Markku Viik

Hevostallirakennus - Juhani Sjöman

Haavimies - Jorma Pura

Lihakuva - Makuliha Oy

Painopaikka

Data Com Finland Oy

Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannusarvioinnin soveltaminen maaseudun pienyrityksiin

Inkeri Pesonen, Pasi Voutilainen, Anu Seppälä, Sirpa Kurppa

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Ympäristöhallinta, 31600 Jokioinen, inkeri.pesonen@mtt.fi, pasi.voutilainen@mtt.fi, [anu.seppälä@mtt.fi](mailto:anu.seppala@mtt.fi), sirpa.kurppa@mtt.fi

Tiivistelmä

Tämän selvityksen tavoitteena oli arvioida neljän maaseudun tuotteen elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset ja –kustannukset sekä kehittää elinkaari- ja elinkaarikustannusarvioinnin malli pienille -ja keskisuurille yrityksille. Elinkaariarvioinnilla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun ympäristövaikutusten arviointia koko elinkaaren ajalta. Elinkaarikustannusarvioinnin avulla selvitetään elinkaaren aikaiset ympäristökustannukset. Tutkittavia tuotteita olivat: kurkku, palvikinkku, puuverhoiltu hevostallirakennus ja kalan elinkaari –palvelu.

Selvitys on osa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) johtamaa ja vuosina 2001-2004 toteutettavaa Rural LIFE Design –projektia, jonka tavoitteena on rakentaa maaseudun tuotteiden ja palveluiden ekotuotteistamiseen toimintamalli. Malli rakennetaan tutkimuksen, koulutuksen, maaseudun pienyritysten ja ympäristöviranomaisten yhteistyönä ja se pohjautuu elinkaarianalyysiin ja kestävän kehityksen periaatteisiin.

Elinkaariarviointi osoittautui tärkeäksi menetelmäksi, jonka avulla voidaan systemaattisesti selvittää tuotteen tai palvelun elinkaareen aikaiset ympäristövaikutukset aina raaka-aineen hankinnasta tuotteen hylkäämiseen asti. Ympäristömyönteisten tuotteiden kehittämisessä oleellista on keskeisten ympäristökuormien tunnistaminen tuotteen tai palvelun elinkaaren ajalta. Selvityksessä kävi kuitenkin ilmi, että tavanomainen elinkaariarviointi ei ole käyttökelpoinen työkalu pk- yrityksille johtuen sen monimutkaisuudesta, suuresta resurssien tarpeesta ja kalleudesta.

Kehitetyn Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool -mallin avulla yritykset voivat keskittyä arvioimaan toiminnastaan syntyviä ympäristökuormia kuuden indikaattorin avulla. Indikaattoreita ovat: energian, veden ja raaka-aineiden kulutus, päästöt ilmaan ja veteen sekä jätteet. Malli vaatii vielä kuitenkin metodologista kehittämistä ja testausta, jotta se on toimiva pk-yrityksille. Lisäksi sen käyttöä rajoittavia tekijöitä, kuten materiaalien ekotasetietojen puuttumista tulisi pyrkiä poistamaan tuottamalla enemmän ns. materiaali- ja ekotietopankkeja. Myös yritysten itsensä olisi tärkeää koota ja kehittää järjestelmällisesti omien tuotantoprosessien ja –laitosten tuotekohtaisia tietoja.

Tulevaisuudessa huomioita tulisi kiinnittää myös niihin asioihin, jotka motivoivat yrityksiä ympäristökysymyksissä. Jatkossa yritysten, myös pk-yritysten, on oltava tietoisempia tuotantonsa ympäristövaikutuksista. Elinkaariajattelu on hyvä alku pyrittäessä kohti vastuullista ja ympäristömyönteistä yrittäjyyttä.

Avainsanat: Elinkaariarviointi(LCA), Elinkaarikustannusarviointi(LCCA), Ekotuotteistaminen

Implementation of life cycle analysis and life cycle cost analysis in rural small scale enterprises

Inkeri Pesonen, Pasi Voutilainen, Anu Seppälä ja Sirpa Kurppa

MTT Agrifood Research Finland, Environmental Research, FIN-31600 Jokioinen, Finland, inkeri.pesonen@mtt.fi, pasi.voutilainen@mtt.fi, [anu.seppälä@mtt.fi](mailto:anu.seppala@mtt.fi), sirpa.kurppa@mtt.fi

Abstract

The objective of this research was to develop a life cycle assessment (LCA) and life cycle cost assessment (LCCA) method for SMEs. LCA concerns the environmental impacts of production through the whole life cycle. LCCA assesses environmental costs according to a life cycle assessment. In order to be able to develop a more suitable application, full life cycle analysis were implemented to four products: cucumber, smoked ham, wooden stable and one service called “the life cycle of a fish”.

This research is part of the Rural LIFE Design project lead by MTT Agrifood Research Finland. The project develops a model and set of tools for producing and marketing eco-designed products and services at rural enterprises, whose business is based on the use of local resources. The model is based on principles of sustainable development and life cycle analysis and it is developed in cooperation with research, education, rural enterprises and environmental authorities.

Life cycle thinking was proved to be good and systematic analytical tool that evaluates the environmental impact associated with the product system. The identification of the key contributors of the environmental impact within a product system is essential for environmentally friendly product development. However, show, that “ordinary” LCA is not an appropriate tool for SMEs. It is too complex, time- and money-consuming to carry out and SMEs do not usually have the required competence and resources.

One of the projects goals was to develop a simple, applicable Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool -model for small-scale enterprises (SME), where environmental impacts and environmental costs are assessed by few indicators. The indicators defined were: the use of energy, water and raw materials, emissions to air and to water and waste. However, more methodologically development and testing on Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool is needed to make the implementation of model applicable for SMEs. In addition there is the need to produce extensive LCA data of different products and materials, so called databanks. Furthermore enterprises should collect systematically information of their production plants and manufacturing processes.

In future more attention should be paid to the ways and activators, which motivate enterprises into environmental issues. Tomorrow, enterprises, even SMEs have to be more aware of environmental impacts of their production. The life-cycle thinking is a good start when heading towards more responsible, environmentally friendly entrepreneurship and it ought to be the bases for every SMEs business.

Keywords: Life cycle analysis (LCA), Life cycle cost analysis(LCCA), Eco-design

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	7
1.1 Tausta ja tavoitteet.....	7
1.2 Raportin rakenne	8
2 Elinkaariarviointi.....	8
2.1 Elinkaariarvioinnin määritelmä.....	8
2.2 Elinkaariarvioinnin kehitys ja nykytila	9
2.3 Elinkaariarvioinnin vaiheet	9
2.3.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely	10
2.3.2 Inventaarioanalyysi	12
2.3.3 Vaikutusarviointi	13
2.3.4 Tulosten tulkinta.....	17
2.4 Elinkaariarvioinnin hyödyntäminen yrityssectorilla.....	18
3 Elinkaarikustannusarviointi.....	18
3.1 Mallin taustalla olevat käsitteet.....	20
3.1.1 Elinkaarikustannus	20
3.1.2 Ympäristökustannus	21
3.1.3 Ekotehokkuus	23
3.1.4 Ympäristöjärjestelmät	23
3.1.5 Ympäristökilpailukyky.....	24
4 Tutkimuksen tulokset.....	27
4.1 Inventaarioanalyysien tulokset.....	27
4.1.1 Palvikinkku.....	28
4.1.1.1 Päästöt ilmaan	29
4.1.1.2 Päästöt veteen.....	31
4.1.1.3 Jätteet	31
4.1.2 Kasvihuonekurkku.....	31
4.1.2.1 Päästöt ilmaan	33
4.1.2.2 Päästöt veteen.....	34
4.1.2.3 Jätteet	35
4.1.3 Kalan elinkaari -palvelu	36
4.1.3.1 Päästöt ilmaan	38
4.1.3.2 Päästöt veteen.....	39

4.1.3.3	Jätteet	40
4.1.4	Hevostallirakennus	41
4.1.4.1	Päästöt ilmaan	43
4.1.4.2	Jätteet	45
4.2	Vaikutusten arviointi	46
4.2.1	Valitut vaikutusluokat	46
4.2.2	Vaikutusluokkien määrittäminen	47
4.2.3	Vaikutusarvioinnin tulokset	50
4.2.3.1	Palvikinkku	50
4.2.3.2	Kasvihuonekurkku	52
4.2.3.3	Kalan elinkaari –palvelu	55
4.2.3.4	Hevostalli –rakennus	57
4.3	Ympäristökustannusten laskenta	59
4.4	Tulosten tulkinta	60
4.4.1	Palvikinkku	60
4.4.2	Kasvihuonekurkku	61
4.4.3	Kalan elinkaari –palvelu	61
4.4.4	Hevostallirakennus	62
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	63
6	Kirjallisuus	66
7	Liitteet	70

1 Johdanto

Ympäristön kannalta kestävien päätösten tekeminen vaatii vahvaa tietoperustaa. Niin kulluttajat, yritykset kuin viranomaisetkin tarvitsevat tietoa päätöksensä perustaksi. Elinkeinoelämän ympäristönsuojelun kehittämisessä ja luonnonvarojen käytössä elinkaariajattelutapa on ymmärretty hyvin hyödylliseksi lähtökohdaksi (Heiskanen 2002). Elinkaariarviointi on ympäristöä koskevan tiedon koostamisen ja arvioinnin menetelmä, joka voi osaltaan tukea eri toimijoiden kestäviä ratkaisuja (Loikkanen ym. 1999, Heller & Keoleian 2002). Arviointi tarjoaa mahdollisuuksia tuotannon ympäristövaikutusten avainkysymysten kuvaamiselle sekä tuotantoketjokokonaisuuksien ympäristöasioiden määrittämiselle ja ymmärtämiselle (Kuta et al 1995, Seppälä et al 1998, Hagelaar & van der Vorst 2002).

EU:n integroidun tuotepolitiikan päämääränä on löytää välineitä tuotteiden ja palveluiden ympäristöhaittojen vähentämiseksi (Euroopan yhteisöjen komissio 2001). Tavoitteena on löytää keinoja aiempaa kokonaisvaltaisempaan ympäristön huomioon ottamiseen tuotteen koko elinkaaren aikana. Elinkaariarviointi on valittu integroidun tuotepolitiikan perusmenetelmäksi (Euroopan yhteisöjen komissio 2003).

Elinkaariarvioinnin toteuttamiseen liittyy kuitenkin monia ongelmakohtia, kuten työläisyys ja lähtötietojen epävarmuus sekä tulosten tulkintavaikkeudet (esim. Ayres 1995). Siksi menetelmän kehittäminen eri kohderyhmien tarpeisiin on välttämätöntä, ja epävarmuuksien hallintaan on viime aikoina kehitetty hyvin erikoistuneitakin menetelmiä (esim. Bahr & Steen 2002).

1.1 Tausta ja tavoitteet

Tämä työ on toinen osa vuonna 2001 aloitetusta Rural LIFE Design (Eco-design and marketing model for rural products and services) –projektista, jonka tavoitteena on rakentaa maaseudun tuotteiden ja palveluiden ekotuotteistamiseen toimintamalli. Mallin työvälineiden avulla yritykset sitovat tuotteisiinsa sellaisia myönteisiä ympäristöarvoja, joita kulluttajat arvostavat. Malli rakennetaan tutkimuksen, koulutuksen, maaseudun pienyritysten ja ympäristöviranomaisten yhteistyönä.

Tässä raportissa kuvatus yritysselvityksen ja teoreettisen tarkastelun päämääränä on ollut selvittää elinkaariarvioinnin soveltuvuutta pk-yrityksille sekä luoda pienyrityksille sopiva, yksinkertaistettu elinkaariarviointi- ja elinkaarikustannusmenetelmä. Kehitetyn Elinkaariarviointi- ja elinkaarikustannusarviointi –mallin (Life Cycle Management ja Eco-efficiency Tool) avulla mitataan yrityksen tai tuotteen ympäristövaikutuksia kuuden indikaattorin avulla.

Maaseudun pienyrityksiin kohdistuva perusselvitys on tehty YTL Kehityspalvelu Oy:n toimesta MTT:n Ympäristö-tutkimusyksikölle. Siinä on selvitetty piloteiksi valitun neljän maaseudun pk-yrityksen tuotteen elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset ja –vaikutukset sekä määriteltävä elinkaaren aikana syntyvät kustannukset. Tutkittavina tuotteina ovat

olleet: hevostallirakennus, kalan elinkaari-tuote, kasvihuonekurkku ja palvikinkku. Tuotteet kuuluvat pilot-yritysten päätuotteisiin, joten siksi juuri näiden tuotteiden ympäristövaikutusten selvittäminen nähtiin tarpeelliseksi.

Ympäristöasiantuntija Pasi Voutilainen on kehittänyt pk-yrityksille soveltuvan Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool –mallin. Elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysi – osiot, lukuun ottamatta hevostallirakennusta, on toteutettu opiskelijatyönä Hämeen ammattikorkeakoulussa. Opiskelijoiden ohjauksesta, vaikutusten arvioinnista, tulosten tulkinnasta, kustannusarviointi-osion excel-mallin kehittämisestä ja testauksesta case-tuotteilla, työn raportoinnista sekä hevostallirakennuksen inventaarioanalyysistä on vastannut ympäristöasiantuntija Inkeri Pesonen. Työn kommentoijina ja teoreettisen osan täydentäjänä ovat toimineet Anu Seppälä ja Sirpa Kurppa MTT:ltä.

1.2 Raportin rakenne

Tämä raportin luvuissa kaksi ja kolme kuvataan elinkaariarviointi ja elinkaarikustannusarviointi -menetelmät sekä niiden taustalla olevat käsitteet. Luvussa neljä esitetään työn tulokset eli kerrotaan inventaarioanalyysien (mukaan lukien virtauskaaviot sekä tehdyt rajaukset), vaikutusarvioinnin sekä kustannusarviointi-osion tulokset sekä tulkitaan tulokset. Lopuksi esitetään johtopäätökset ja pohditaan elinkaariarviointi –menetelmän kehittämistarpeita ja hyödyntämismahdollisuuksia erityisesti pk-sektorilla.

2 Elinkaariarviointi

2.1 Elinkaariarvioinnin määritelmä

Elinkaariarviointi (Life Cycle Assessment, Life Cycle Analysis) on menetelmä tuotteen tai toiminnon koko elinkaaren aikaisten ympäristökuormitusten ja niiden potentiaalisten vaikutusten selvittämiseksi ”kehdosta hautaan”. Toisin sanoen sen avulla pyritään arvioimaan ne ympäristökuormat, jotka aiheutuvat raaka-aineiden hankinnasta aina tuotteen loppusijoitukseen asti. Tuotteen lisäksi elinkaariarviointi voidaan tehdä koskemaan toimintoa tai palvelua (SFS-EN ISO 14040, s. 6). Pohjoismaisessa elinkaariarviointi-oppaassa (Lindfors ym. 1995, s. 12) elinkaariarvio määritellään seuraavasti:

Elinkaariarvio (Life Cycle Assessment, LCA) on prosessi, jossa selvitetään tuotteeseen liittyvät ympäristökuormat identifioimalla ja kvantitatiivisesti tai kvalitatiivisesti kuvaamalla käytetyt energiat ja materiaalit sekä ympäristöön aiheutuvat päästöt ja jätteet ja arvioidaan näiden potentiaaliset ympäristövaikutukset. Arvioon kuuluu tuotteen tai toiminnon koko elinkaari, so. raaka-aineiden hankinta ja prosessointi, tuotteen valmistus ja jakelu, ylläpito, kierrätys ja loppusijoitus sekä kaikki kuljetukset. LCA käsittelee tuotteen tai toiminnon vaikutuksia ekologiin järjestelmiin, ihmisten terveyteen ja resurssien kulumiseen. LCA ei käsittele taloudellisia tai sosiaalisia vaikutuksia.

Elinkaariarviointi tehdään määrittämällä käytetyt luonnonvarat ja raaka-aineet, energian kulutus, aiheutuneet päästöt (maahan, veteen, ilmaan) ja muut ympäristörasitukset sekä ar-

vioimalla näiden vaikutuksia ympäristöön (esimerkiksi ilmastonmuutoksen tai happamoitumisen osalta). (Loikkanen ym. 1999, s. 2).

2.2 Elinkaariarvioinnin kehitys ja nykytila

Elinkaariarviointi on menetelmänä varsin nuori. Ensimmäiset elinkaariarviointilähestymistapaa soveltavat tutkimukset tehtiin 1960-luvun lopulla, jolloin tutkittiin lähinnä energia- ja raaka-aineiden riittävyttä. 1970-luvulla, öljykriisin myötä, mielenkiinto energian ja raaka-aineiden käyttöön liittyviin selvityksiin lisääntyi (esim. Bullard et. all 1978).

Vuonna 1983 annettu EU:n juomapakkausdirektiivi velvoitti yritykset seuraamaan tuotteittensa raaka-aineiden käyttöä ja jätteiden tuotantoa. Tämä nostatti uuden kehitysaallon eurooppalaiseen elinkaariarvioinnin toteuttamiseen. 1980-luvun loppua kohden jätteiden ongelmasta ja kierrätyksestä oli tullut maailmanlaajuisia ympäristökeskustelun aiheita. Tämä soi elinkaariarvioinnille mahdollisuuden kehittyä ympäristöongelmien ratkaisussa käytettäväksi työkaluksi. (Loikkanen ym. 1999, s. 15).

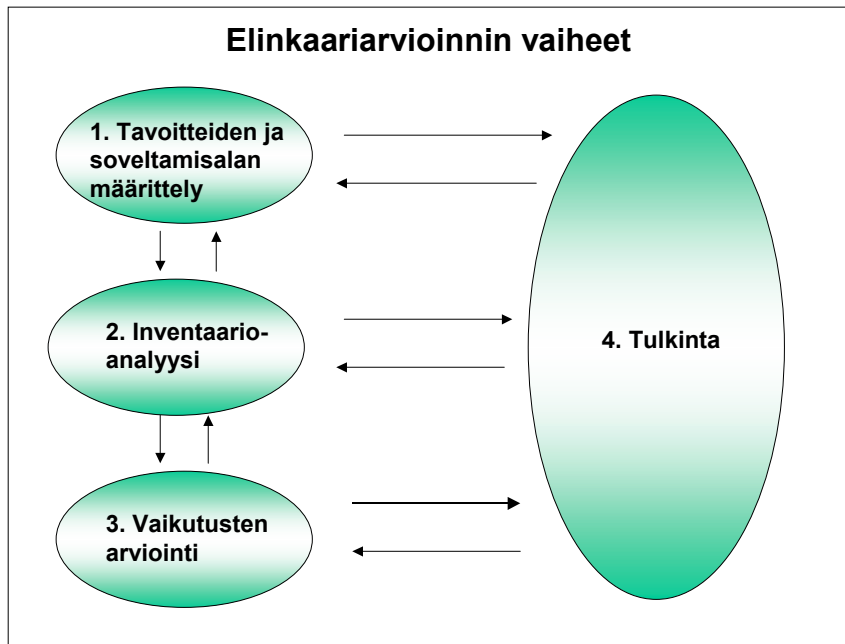
1990-luvulla mielenkiinto siirtyi resurssien käytön ja päästöjen inventoinnista niiden varsinaiseen vaikutusten arviointiin. Tänä päivänä elinkaariarviointi on vakiinnuttanut asemansa ympäristövaikutusten arvioinnin välineenä ja 1990-luvun lopulla tulleet ISO 14040-14043 suoritustapastandardit ovat vahvistaneet sen asemaa osana ympäristöpäätöksenteon. (Loikkanen ym. 1999, s. 15).

Päätöksenteon tuen menetelmänä elinkaarianalyysi on kuitenkin osoittautunut varsin vaativaksi. Yhtäällä (varsinkin ennen suoritustapastandardien julkaisua) analyysissä käytettyjen taustatietojen oikeellisuuden varmistaminen ja toisaalla ympäristövaikutusten tulkintaan liittyvät ongelmat on varsin hyvin tiedostettu (Ayres 1995) ja ne ovat olleet varsin paljon esteenä menetelmän käytön laajentumiselle vielä 1990-luvun aikana. Kuitenkin elinkaarianalyysin hyväksikäytössä on tehty paljon kehittämistyötä mm. elintarvikeketjun prosessin kehittämiseen (esim. Sanders et. all 2003), eri tuotantomenetelmien vertailemiseksi (Haas et. all 2001), prosesseja koskevaan suunnitteluun ja päätöksentekoon (esim. Khan et. all 2004) ja jopa kuluttajien toimintatapojen arviointiin (Kaiser et. all 2003).

Kuluttajainformaation yksinkertaistamiseksi elinkaarianalyysin inventaariovaihe on ehdotettu jaettavaksi tuotantoketjun eri päätöksentekovaiheiden mukaisiksi moduleiksi, jolloin kuluttaja ostopäätöstä tehdessään voisi tuotantotapaan liittyvien taustatietojen perusteella tehdä ympäristömyönteisiä valintoja (Jungbluth et. all 2000).

2.3 Elinkaariarvioinnin vaiheet

Elinkaariarviointi käsittää neljä vaihetta, jotka jakaantuvat kuvan 1. mukaisesti seuraaviin osiin: tavoitteiden määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusten arviointi ja tulkinta. Vaiheet eivät usein kuitenkaan seuraa toisiaan suoraan, vaan prosessi on iteratiivinen, jolloin edellisiin vaiheisiin palataan työn edetessä. Näin voidaan varmistaa se, että kaikki oleelliset asiat ovat mukana tarkastelussa.



Kuva 1. Elinkaaritarkastelun vaiheet (SFS-EN ISO 14040, s. 12).

2.3.1 Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely

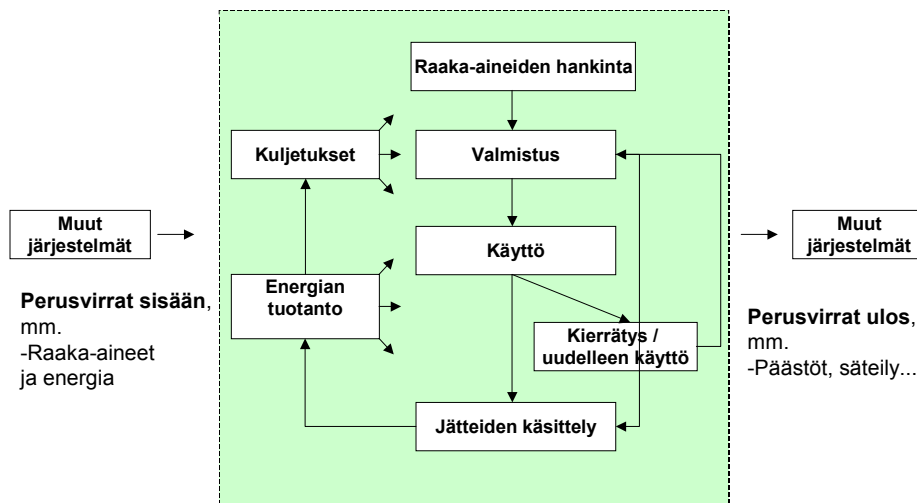
Elinkaariarvioinnin ensimmäisessä vaiheessa määritellään tutkimuksen tavoitteet ja aiottu soveltamiskohde, selvityksen kohteena oleva tuotejärjestelmä ja siihen liittyvät rajaukset sekä toiminnallinen yksikkö.

Tavoitteiden asettamisessa tulisi selvittää vastaus kysymyksiin: mitä tutkitaan, miksi tutkitaan ja ketä varten. Tämä auttaa vastaamaan kohderyhmän asettamiin vaatimuksiin mahdollisimman tarkasti. Soveltamisalan määrittelyn yhteydessä tulisi myös saada käsitys työn laajuudesta, sillä tässä vaiheessa joudutaan miettimään inventaarioanalyysille, vaikutusarvioinnille ja raportoinnille asetetut vaatimukset. (Loikkanen et al. 1999, s. 2 ja 21).

Tavoitteiden asettamisen ja soveltamisalan jälkeen seuraa tuotejärjestelmän¹ määrittely ja rajaus. Tällöin tutkittava systeemi määritellään mahdollisimman yksiselitteisesti huomioiden tutkimuksen tavoitteet (ks. kuva 2.).

¹ Tuotejärjestelmällä tarkoitetaan sarjaa materiaali- ja energiavirtojen yhdistämiä yksikköprosesseja, jotka toteuttavat yhden toiminnon tai useampia määriteltyjä toimintoja (SFS-EN ISO 14040, s. 10).

TUOTEJÄRJESTELMÄ



Kuva 2. Esimerkki tuotejärjestelmästä (SFS-EN ISO 14041, s. 10).

Rajausten määrittely (suhteessa muihin tuotejärjestelmiin ja ympäristöön) on oleellinen vaihe elinkaariarvioinnin laadinnassa. Tällöin päätetään, mitkä *yksikköprosessit*² otetaan selvityksessä huomioon. (Loikkanen ym. 1999, s. 21). Tutkimuksen rajausta tehdään tavoitteen vaatimusten mukaisesti, mutta yleisesti selvityksessä pitäisi huomioida kaikki järjestelmän kannalta olennaiset prosessit. Tietojen saatavuus saattaa aiheuttaa kuitenkin sen, että tästä perusperiaatteesta joudutaan tinkimään. Pohjoismainen elinkaaritarkastelun opas (Lindfors ym. 1995, s. 52-53) sisältää luettelon siitä, mitä tyypillisesti jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Tällaisia tekijöitä ovat mm. infrastruktuurin luominen, onnettomuudet, inhimilliset resurssit sekä työvoimasta aiheutuvat ympäristökuormat.

Selvityksen läpinäkyvyyden kannalta on erittäin tärkeää, että käytetyt rajaukset raportoidaan selkeästi. Rajaamalla pois merkittäviä syöte-, tuote-, tai kuljetuskomponentteja voidaan tutkimuksen tuloksiin vaikuttaa merkittävästi. (Häkkinen ym. 1997, s. 14).

Tuotejärjestelmälle tulee myös määritellä ns. *toiminnallinen yksikkö*. Tällä tarkoitetaan vertailuyksikköä, jota kohden inventaariovaiheen syötteet ja tuotokset lasketaan (esim. 1000 kg palvikinkkua). (SFS-EN ISO 14041, s. 12).

Selvityksen tavoitteiden asetteluun ja tuotejärjestelmän määrittelyyn liittyy osana myös tutkimuksessa *tiedoille asetettavat laatuvaatimukset*. Luotettava, yksityiskohtainen ja ajan tasalla oleva tieto muodostavat pohjan onnistuneelle elinkaaritutkimukselle. Tiedoille asetetut vaatimukset vaihtelevat tutkimuksen tarkoituksesta ja tavoitteista riippuen. (SFS-EN ISO 14041, s. 16).

² Yksikköprosessi on pienin yksikkö, josta tietoa kerätään elinkaariarviointia varten (SFS-EN ISO 14040, s. 10).

2.3.2 Inventaarioanalyysi

Inventaarioanalyysivaiheessa selvitetään tarkasteltavan tuotejärjestelmän perusvirrat eli syötteet, luonnonvarojen kuluminen ja niiden määrä, sekä tuotokset, luontoon joutuvat päästöt ja niiden määrä toimintoyksikköä kohden. (Loikkanen ym. 1999, s. 2). Tiedon lähteenä voidaan käyttää esimerkiksi saatavissa olevia elinkaaritietokantoja, arviointeja samankaltaisista prosesseista tai yksityisten yritysten tietokantoja. Jokaisen käytetyn tiedon osalta tulee ilmetä sen lähde sekä maantieteellinen ja ajallinen kattavuus. Selvityksen tarkoituksesta riippuu yleensä, kuinka yksityiskohtaista ja luotettavaa tietoa selvityksen tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan.

Inventaarioanalyysin lopputuloksena syntyy inventaariotaulukko (ks. kuva 3), jossa järjestelmän panoksina syötetyt raaka-aineet ja energia (syötteet) sekä vastaavasti järjestelmästä poistuvat jätteet, päästöt ja muut ympäristöä muuttavat tekijät (tulokset) on laskettu toimintoyksikköä kohti (esim. Suola 1000 kg).

Taulukko 1. Suolan tuotannon inventaariotaulukko. (Grönroos & Voutilainen 2000, s. 37).

SUOLAN TUOTANNON EKOTASE			
SYÖTE		TUOTOS, PÄÄSTÖT	
Raaka-aineet:		Lopputuotteet:	
NaCl	1070 kg	suolaa	1000 kg
Energia:		Päästöt ilmaan:	
Energia	2180 MJ	CO ₂ _fossil	175 kg
Sähköenergia	58 KWh	CO	0.09 kg
		Haitalliset metallit	0.00003 kg
		Nox	1.5 kg
		Partikkelit	0.32 kg
		Sox	1.1 kg
		Päästöt veteen:	
		BOD	0.001 kg
		Cl-	34 kg
		Haitalliset metallit	0.04 kg
		COD	0.004 kg
		N_tot	0.0015 kg
		TSS	1.3 kg
		Öljy	0.022 kg

Harvoin erilaisissa prosesseissa tuotetaan vain yhtä tuotetta tai materiaalia. Jotta voidaan selkeästi erottaa tutkittavan kohteen prosessiin liittyvät tekijät, ainevirrat ja kuormitukset tulee kohdentaa eli *allokoida* tutkittavaa kohdetta koskevaksi. Tämä tapahtuu jakamalla syöte- ja tuotostiedot prosessista saatavien pää- ja sivutuotteiden kesken. (Heikura 1993, s. 59; Häkkinen ym. 1997, s. 12).

Allokoinnin lähtökohtana voidaan käyttää esimerkiksi prosessin pää- ja sivutuotteiden massaa, energiasisältöä tai taloudellista arvoa. Kohdentamissääntöjen esittämistä varten on hyvä määrittää käsitteet *rinnakkais- ja sivutuotteet sekä jätteet*³. Prosessin ympäristökuor-

³ Rinnakkaistuotteet ovat tuotannon ylläpitämisen kannalta primäärisiä ja arvoltaan kohtalaisen samanlaisia.

mat allokoidaan normaalisti vain rinnakkaistuotteille. Erityisesti silloin kun tuotantoprosessin aiheuttamat kuormat jakautuvat sille ja mahdollisesti seuraaville käyttökerroille, joudutaan kohdentamisen periaatteita miettimään tarkasti (Häkkinen ym. 1997, s. 12).

Inventaarioanalyysin toteuttaminen on hyvin työläs, aikaa vievä ja iteratiivinen prosessi. Järjestelmään paremmin tutustuttaessa ja tietoa kerätessä saatetaan tunnistaa uusia tietovaatimuksia tai rajoituksia, jotka edellyttävät tiedonkeruun menettelytapojen muuttamista. Myös tietojen saatavuus, luottamuksellisuus tai esitysmuoto voivat johtaa siihen, että tutkimuksen tavoitteita ja soveltamisalaa joudutaan tarkistamaan. Toisaalta myös vaikutusarviointi voi avata uusia tarpeita inventaarioanalyysin toteutukselle. (Loikkanen ym. 1999, s. 21, Seppälä ym. 2001, s. 22).

Suurin osa tehdyistä elinkaaritarkasteluista on käytännössä elinkaari-inventaarioita. Inventaariotietojen perusteella voidaan tehdä jo johtopäätöksiä ympäristökuormituksista.

2.3.3 Vaikutusarviointi

Inventaarioanalyysin tuloksena saadaan suuri joukko erilaisia syöte- ja tuotostietoja. Näiden perusteella ei kuitenkaan välttämättä pystytä tekemään riittäviä johtopäätöksiä tutkittavan tuotejärjestelmän ympäristövaikutuksista. Nimenomaan vaikutusarviointivaiheen tarkoituksena on tuottaa parempi näkemys ympäristövaikutuksista inventaarioanalyysin tulosten avulla. Siinä *inventaariotiedot jaetaan erilaisiin vaikutusluokkiin* (esim. happamoituminen, kasvihuoneilmion voimistuminen, rehevöityminen jne.) ja *lasketaan yhteisindikaattori kullekin vaikutusluokalle inventaariotiedon perusteella*. (Loikkanen ym. 1999, s. 22).

Vaikutusarviointimenetelmiä on hyvin monenlaisia, joiden laskentaperusteet eroavat huomattavasti toisistaan. Vaikutusarvioinnin metodologia on kansainvälisen kehitystyön ja vakiinnuttamisyriyten kohteena. Perinteisesti elinkaariarvioinnin kehitystyön tieteellisyyttä on vaalinut kansainvälinen ympäristötoksisuuden ja -kemian yhdistys SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). Sen ja standardisointijärjestön ISO:n piirissä vallitsee kuitenkin yhteinen käsitys siitä, millaisista vaiheista vaikutusarvioinnin tulisi muodostua. (Seppälä 1999, s. 5).

Vaikutusarviointi voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin (ref. ISO 1998): luokittelu, luonnehdinta (karakterisointi), normalisointi ja vaikutusluokkien keskinäinen arvottaminen. Vaikutusarviointivaiheen pakolliset rakenneosat ovat luokittelu ja karakterisointivaiheet. Indikaattoritulosten normalisointi ja painotus ovat vapaaehtoisia vaiheita. (ISO 14042, s. 8).

Sivutuotteet käytetään hyödyksi, mutta ne ovat taloudelliselta arvoltaan merkittävästi vähäisempiä ja sekundäärisiä tuotannon ylläpitämisen kannalta. Jätteillä ei ole taloudellista arvoa tai niillä on negatiivinen arvo ja niitä ei käytetä hyödyksi. (Häkkinen ym. 1999, s. 12).

PAKOLLISET VAIHEET (ISO 14042 -standardi)

A) Luokittelu

= inventaariotiedot jaotellaan vaikutusluokkiin (esim. ilmastonmuutos, rehevöityminen)

B) Karakterisointi eli luonnehdinta

= luokitellut tiedot lasketaan yhteen kussakin vaikutusluokassa ns. vaikutusluokkaindikaattoreiksi

--> Vaikutusluokan indikaattoritulokset

VAPAAEHTOISET VAIHEET

C) Normalisointi

= vaikutusluokkaindikaattorit jaetaan jonkin tietyn alueen vastavilla vaikutusluokkaindikaattoriluvuilla

D) Vaikutusluokkien keskinäinen arvottaminen

= eri vaikutusluokkien merkitykset painotetaan niiden keskinäisen vertailun mahdollistamiseksi laskemalla painokertoimien ja normalisoidujen vaikutusluokkaindikaattorien avulla kokonaisvaikutuspisteet

Kuva 3. Vaikutusarvioinnin eri vaiheet. (SFS-EN ISO 14042, s. 8)

Koska ei ole olemassa yleisesti hyväksytyjä menetelmiä, joilla inventaariotietoja voidaan yhdistää johdonmukaisesti ja tarkasti ympäristövaikutustiedoiksi, on tärkeä huomioida, että elinkaariarviointien tuloksena syntyy arvio *potentiaalisista*, ei todellisista *vaikutuksista*. (Seppälä 1999, s. 5-6). Siksi on välttämätöntä, että vaikutusarviot tehdään avoimesti ja oletukset kuvataan selvästi. Johtopäätösten tekemiseksi olisi myös tärkeää käyttää erilaisia vaikutus-arviointimenetelmiä ja herkkyystarkasteluja sekä ymmärtää erilaisten menetelmien taustalla olevat oletukset ja laskentaperusteet. (Loikkanen ym. 1999, s. 22).

Tässä tutkimuksessa tuotteiden elinkaariaikaiset ympäristövaikutukset on arvioitu Suomen ympäristökeskuksessa kehitetyllä ns. DAIA (Decision Analysis Impact Assessment) -vaikutusarviointimenetelmällä. Menetelmän perusyhtälöt vastaavat elinkaariarvioinneissa yleisesti käytettäviä yhtälöitä, jotka ovat kansainvälisen vaikutusarviointimetodologian mukaisia. Malli eroaa kuitenkin ns. perinteisestä elinkaariarvioinnissa sovellettavasta menetelmästä siinä, että DAIA:ssa otetaan huomioon karkealla tasolla päästölähteiden maantieteellisen aseman merkitys vaikutusten syntymiseen. (Seppälä ym. 2001, s. 35).

a) Luokittelu

Luokitteluvaiheessa *inventarioanalyysissä saadut tulokset jaetaan erilaisiin ympäristövaikutusluokkiin*. Erilaisissa elinkaariarviointioppaissa (esim. Lindfors ym. 1995, UNEP 1996 ja Jensen ym. 1998⁴) on esitetty yleisimmin käytetyt ympäristövaikutusluokat sekä

⁴ Lindfors, L.-G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntila, V., Hanssen, O.-J., Rønning, A., Ekvall, T. & Finnveden, G. 1995. Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment, Nordic Council of Ministers, Nord 1995:20, Århus. 222s.

Jensen, A.A., Elkington, J., Christiansen, K., Hoffmann, L., Moller, B.T., Schidt, A. & van Dijk, F. (eds). 1997. Guidebook of Life Cycle Analyses. Draft Report (April 1997).

UNEP 1996. Life cycle assessment: What it is and how to do it. Pari, United Nations Publication. 89 s.

tieto siitä, mitkä päästöt aiheuttavat mitäkin vaikutuksia. Yleensä huomioon otettavat ympäristövaikutusluokat liittyvät luonnonvarojen käyttöön, ihmisten terveyteen ja ekologiin seurauksiin. Tältä osin voidaankin todeta, että nykyiset käytetyt vaikutusarviointimenetelmät ovat puutteellisia. Ne keskittyvät päästöasioihin ja sivuuttavat maankäyttöön ja luonnon monimuotoisuuteen liittyvät vaikutukset. (Loikkanen ym. 1999, s. 22).

Taulukko 2. Vaikutusten luokittelu (NMVOC tarkoittaa nonmethane VOC ts. haihtuvat orgaaniset yhdisteet metaania lukuun ottamatta).

VAIKUTUSLUOKKA	PÄÄSTÖMUUTTUJA
Ilmastonmuutos	CO ₂ CH ₄ N ₂ O
Alailmakehän otsonin muodostuminen	CH ₄ CO NMVOC
Happamoituminen	SO ₂ NH ₃ NH ₄ ⁺ NO _x
Rehevöityminen <i>ilmapäästöt</i> <i>vesipäästöt</i>	NH ₃ NH ₄ ⁺ NO _x N P NO ₃ ⁻ NH ₃ NH ₄ ⁺ PO ₄ ³⁻

Tutkimuksen lähtökohtana tulisi olla, että kaikki tarkasteltavan tuotejärjestelmän kannalta olennaiset vaikutusluokat ovat mukana tarkastelussa.

b) Karakterisointi

Karakterisointi eli luonnehdinta -vaiheessa *kussakin vaikutusluokassa olevat päästömuuttujien arvot yhteismitallistetaan toisiinsa nähden* (ks. taulukko 3, päästöjen vaikuttavuus arvioidaan ekvivalentteja kohden). Tämä tapahtuu erilaisten karakterisointikertoimien avulla. Kertoimien osalta suurin konsensus vallitsee globaalien ongelmien, kuten kasvihuoneilmion ja otsonikadon osalta. Niille on olemassa kansanvälinen tieteellinen foorumi. Muissa vaikutusluokissa käytettävät karakterisointikertoimet voivat erota varsin paljonkin toisistaan, koska aikaan ja paikkaan liittyvät erot näiden ympäristövaikutusongelmien osalta voivat olla suuret. (Loikkanen ym. 1999, s. 23).

Taulukko 3. Karakterisointi. (Lähde: Seppälä 1999, IPPC 2001, Virtanen et al. 2002).

VAIKUTUSLUOKKA	PÄÄSTÖMUUTTUJA	KARAKTERISOINTI-KERROIN
Ilmastonmuutos (CO ₂ -ekvivalentteina)	CO ₂	1
	CH ₄	23
	N ₂ O	296
Alailmakehän otsonin muodostuminen (C ₂ H ₄ -ekvivalentteina)	CH ₄	0.007
	CO	0.03
	NMVOOC	0.6
Happamoituminen (SO ₂ -ekvivalentteina)	SO ₂	0.52
	NH ₃	0.85
	NH ₄ ⁺	0.8
	NO _x	0.2
Rehevöityminen <i>ilmanpäästöt</i> (PO ₄ ³⁻ -ekvivalentteina) <i>vesipäästöt</i> (PO ₄ ³⁻ -ekvivalentteina)	NH ₃	0.024
	NH ₄ ⁺	0.023
	NO _x	0.008
	N	0.434
	P	3.04
	NO ₃ ⁻	0.096
	NH ₃	0.35
	NH ₄ ⁺	0.33
	PO ₄ ³⁻	1

Karakterisoinnin suurimmat tiedolliset puutteet liittyvät toksisuutta aiheuttaviin päästöihin ja luonnon monimuotoisuuden liittyviin tekijöihin. Myös maankäyttöön ja luonnonvarojen käyttöön liittyvissä asioissa on menetelmällistä epätietoisuutta (Loikkanen ym. 1999, s. 23).

c) Normalisointi

Normalisointivaiheessa *ympäristövaikutusluokan karakterisoinnin lukuarvot, vaikutusluokkaindikaattoriarvot, jaetaan jonkun maantieteellisen alueen vastaavilla luvuilla.* Normalisoinnin seurauksena saadaan näkyviin se osuus, millä tarkasteltava vaihtoehto aiheuttaa haittoja kussakin vaikutusluokan vaikutuskokonaisuudessa, jonka määrätyn alueen kokonaispäästöt aiheuttavat. Normalisoinnin avulla voidaan siis päästä selville, mikä osuus alueen kokonaispäästöistä aiheutuu tutkittavan tuotteen valmistamisesta. (Loikkanen ym. 1999, s. 23)

Normeeraustekijöiden laskenta vaatii lähtötiedokseen mm. alueelliset päästötiedot. Monien päästöjen, esimerkiksi myrkyllisten aineiden osalta esiintyy kuitenkin vielä vakavia tietoaaukkoja. Kansainvälisten päästöinventaaritöiden myötä tilanne tältä osin kuitenkin koko ajan paranee. (Loikkanen ym. 1999, s. 23).

d) Vaikutusluokkien keskinäinen painottaminen

Vaikutusarvioinnin viimeisenä vaiheena on vaikutusluokkaindikaattoritietojen yhdistäminen. Tämä tapahtuu siten, että kerrotaan päästömuuttujien arvot niitä vastaavilla haittaker-toimilla ja summataan näin saadut päästömuuttujakohtaiset haittapisteet yhteen (ks. taulukko 4). Mitä suurempi pistemäärä, sen suuremmat ovat haitat ympäristössä. Keskinäinen painottaminen edellyttää siis eri vaikutusluokkiin kuuluvan tiedon yhteismitallistamista.

Siksi arvottamisvaihe on saanut paljon kritiikkiä osakseen ja onkin syytä muistaa, että tulokset eivät ole absoluuttisia vaan suhteellisia haitallisuuseroja. (Seppälä 1999, s. 17, Loikkanen ym. 1999, s. 23-24).

Taulukko 4. Päästömuuttujien yhteismitallistaminen. (Päästö määräksi jokaisen kuormitustekijän osalta merkitty 1).

KUORMITUS-TEKIJÄ	KOKONAIS-HAITTAKERROIN (1/t)	ILMASTON-MUUTOS	ALAILMAK. OTSONIN MUODOST.	HAPPAMOITUMINEN	REHEVÖITYMINEN
<i>Päästöt ilmaan</i>					
CO ₂	1	1			
CH ₄	23.007	23	0.007		
N ₂ O	296	296			
CO	0.03		0.03		
NMVOOC	0.6		0.6		
SO ₂	0.52			0.52	
NH ₃	0.85			0.85	
NH ₄ ⁺	0.8			0.8	
NO _x	0.2			0.2	
<i>Päästöt veteen</i>	0				
N	0.434				0.434
P	3.04				3.04
NO ₃ ⁻	0.096				0.096
NH ₃	0.35				0.35
NH ₄ ⁺	0.33				0.33
PO ₄ ³⁻	1				1

Arvottamisen vaikeutena on yleisesti hyväksytyjen periaatteiden puute eri ympäristökuormien haitallisuudesta tai niiden aiheuttaminen ympäristövaikutusten vakavuudesta. Vaikutusten arvottaminen on aina subjektiivista ja perustuu yhteiskunnassa tehtyihin poliittisiin ratkaisuihin ympäristövaikutusten merkityksestä ja voi näin ollen antaa eri asiantuntijalausunnoissa hyvin erilaisia vastauksia. (Heikura 1993, s. 21). Tutkimus on kuitenkin tällä alueella vilkasta. Vuonna 1998 Suomessa perustettiin epävirallinen foorumi suomalaista vaikutusarviointikeskustelua varten (Katajajuuri ym. 2000, s. 22).

Tässä tutkimuksessa ei katsottu tavoitteiden kannalta tarpeelliseksi toteuttaa normalisointi- ja painottamisvaiheita niiden subjektiivisen luonteen vuoksi. Lisäksi normalisoinnissa suhteuttamiseen käytetyn tiedon tulee olla kerättyä samojen menetelmien, rajoitusten ja reunaehtojen puitteissa kuin toteutettu tutkimus vertailukelpoisuuden varmistamiseksi. Tämä ei ollut mahdollista tutkittavien tuotteiden osalta.

2.3.4 Tulosten tulkinta

ISO 14040 standardin mukaan tulosten tulkinta on systemaattinen prosessi, jossa tunnustetaan, arvioidaan ja varmistetaan inventaarion ja vaikutusarvioinnin tärkeimmät tulokset sekä raportoidaan ne avoimesti sovellusalan tavoitteiden mukaisesti. Tulkinta -vaiheen tavoitteena on tuottaa suosituksia ja johtopäätöksiä, jotka tukevat päätöksentekoa. (Loikkanen ym. 1999, s. 24).

Tulosten tulkinta-vaiheet:

- 1) pyritään löytämään tärkeimmät tulokset
- 2) varmistetaan johtopäätökset erilaisilla arviointitekniikoilla
- 3) varmistetaan käytetyn tiedon laatu ja riittävyys sekä tutkitaan käytetyt oletukset, menetelmät, mallit ja tiedot herkkyyksanalyysin
- 4) johtopäätösten ja suositusten tekeminen

Tulosten tulkinnassa ei ole olemassa mitään yleispäteviä ratkaisumalleja, koska sen luonne vaihtelee sovellutuksesta riippuen (Loikkanen ym. 1999, s. 24).

2.4 Elinkaariarvioinnin hyödyntäminen yrityssectorilla

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan tunnistaa tutkittavan tuotteen tai toiminnon ympäristön kannalta haitallisimmat ympäristökuormat elinkaaren eri vaiheissa. Kohdistamalla parannustoimenpiteet näihin vaiheisiin, voidaan saavuttaa ympäristön kannalta suurin hyöty.

Yrityksissä elinkaariarviointia on hyödynnetty mm. tuotekehityksessä, tuotannon ja teknologian suunnittelussa, ympäristö- ja laatuindikaattorien kehittämisessä ja ympäristöraportoinnissa. Lisäksi elinkaariarviointi on nähty hyväksi perustaksi yritysten välisten vertailujen tekemiselle (benchmarking). Myös yritysten ympäristökustannus -laskentaa koskevien toimien kehittämisessä elinkaariarviointiin perustuvat tiedot ovat välttämättömiä. (Loikkanen ym.1999, s. 11).

Elinkaariarviointiin pohjautuvaa tietoa käytetään yhä enimmässä määrin myös tuotteiden ominaisuuksien esittämiseen ulkopuolisille sidosryhmille ja kuluttajille. Tällaisia sovelluksia ovat mm. ympäristömerkinnät, ympäristövaihtamät, ympäristötuoteselosteet sekä organisaatiomarkkinointi. (Loikkanen ym. 1999, s. 17).

Vaikka elinkaariarvioinnin toteutukseen ja tulosten käyttöön liittyy paljon ongelmia (mm. suuri työmäärä, käytetyn tiedon laatu, menetelmien luotettavuus ja ympäristövaikutusten yhteismitattomuus), elinkaariarvioinnin mahdollisuudet on ymmärretty yhä laajemmin. Elinkaariajattelu on välttämätön näkökulma arvioitaessa tuotteiden, prosessien, palveluiden ja järjestelmien ympäristönäkökohtia, ja se on yksi ympäristöhallintaa tukeva väline (Loikkanen ym. 1999, s. 57).

3 Elinkaarikustannusarviointi

Tuotteiden elinkaaren aikaisten ympäristökustannusten arviointi on ollut myös yksi tämän projektin päätavoitteista. Tehtävä osoittautui vaikeaksi. Vaikka tuotteen valmistajan ja käyttäjän kannalta olisi hyvin oleellista tietää, millaisia kustannuksia tuotteen valmistami-

nen, käyttö- ja kunnossapito sekä loppusijoitus aiheuttavat, elinkaarikustannusarviointia on käytetty hyvin vähän tuotteiden väliseen vertailuun.

Käytännön esimerkkejä kustannusarvioinnin toteuttamiseen löytyikin vain muutamia, eivätkä mallit sopineet monimutkaisuutensa ja luonteensa vuoksi sovellettavaksi tähän työhön. Siksi projektissa luotiin kustannusarvioinnin -ja ekotehokkuuden malli, jonka avulla yritys voi arvioida toiminnastaan tai tuotteen valmistuksesta aiheutuvia ympäristökuormia ja niiden kustannuksia kuuden indikaattorin avulla (ks. kuva 4).

Taulukko 5. Elinkaarikustannusten – ja ekotehokkuuden malli. Esimerkkinä kasvihuonekurkun tuotanto 1000 kg talvella. Tarkastelu sisältää ainoastaan tuotannon pääprosessin kustannukset. Toisin sanoen tuotantopanosten elinkaaren aikaisia kustannuksia ei huomioitu laskelmissa. Lisäksi raaka-aineiden osalta ei kaikki tiedot taulukossa. Liitteessä 1 tietoa lähteistä, joita käytetty arvioitaessa kustannuksia (numeroitu taulukkoon). Kurkun elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista enemmän tietoa luvussa 4.1.2.

LIFE CYCLE MANAGEMENT AND ECO-EFFICIENCY TOOL							
Esimerkkinä kurkun tuotanto 1000 kg kesällä ja talvella (kesäkausi huhti-elokuu, talvikausi syys-maaliskuu)							
Ekotehokkuusindikaattorit				Talvi			
Energyän käytön tehokkuus	Määrä/1000 kg kurkkua	€/1000 kg kurkkua	Yhteensä	Määrä/1000 kg kurkkua	€/1000 kg kurkkua	Yhteensä	
Sähkö (kWh) ¹	3300	218.13		21200	1401		
Maakaasu (MWh) ²	2.98	35.62		19.2	229		
Kuljetukset, polttoaine (l) ³	5.4	5.8	259.55	5.4	5.8	1635.8	
Raaka-aineiden käyttö⁴							
Siemenet (kpl)	162	77.7		162	77.7		
Tävislanno (kg)	10.8	10.67		2.57	2.54		
Typpihappo (kg)	3.9	2.53		0.93	0.60		
Kaliumnitraatti (kg)	4.8	1.73		1.14	0.41		
Desifointi (l)	0.67	3.35		0.67	3.35		
Turvelevyt (kpl)	14.96	26.32	122.30	14.96	26.32	110.93	
Veden kulutus (m³)⁵	44.43	46.4	46.4	10.57	11.05	11.05	
Ympäristöindikaattorit							
Ilmapäästöt⁶							
CO ₂ (kg)	190.2	3.804		504.2	10.084		
CH ₄ (kg)	2.337	0.982		14.649	6.152		
N ₂ O (kg)	0.060	0.369	5.15	0.059	0.369	16.605	
Vesipäästöt⁷							
Typpi (kg)	1.1	5.5		1.1	5.5		
Fosfori (kg)	0.17	1.7	7.2	0.17	1.7	7.2	
Jätteet⁸							
Muovijäte (kg)	50	2	2	50	2	2	
Kaikki kustannukset yhteensä €/1000 kg kurkkua		Kesäkurkku	443	Talvikurkku	1 784		

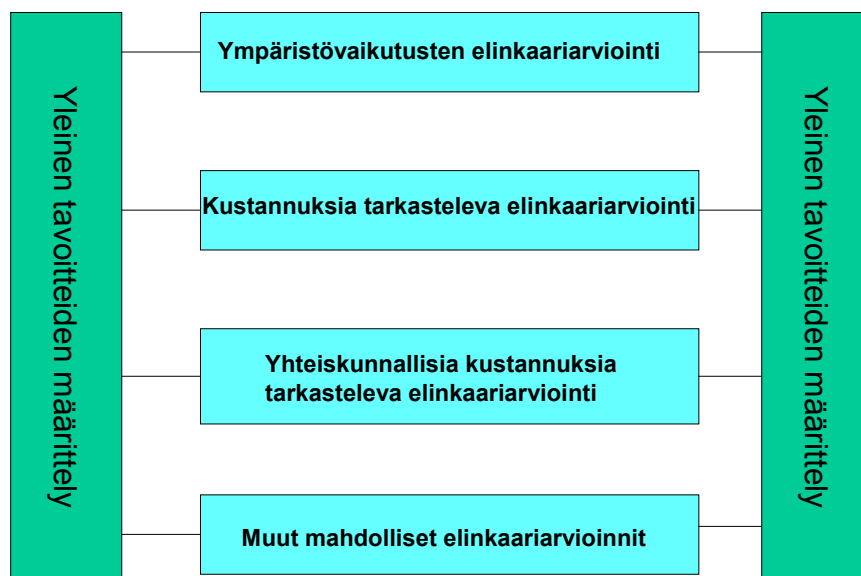
Mallin avulla yritys voi arvioida energian ja veden kulutuksesta sekä raaka-aineiden käytöstä aiheutuvat ympäristökuormitukset ja -kustannukset sekä määrittää niiden käytöstä aiheutuvien päästöjen (veteen ja ilmaan) sekä jätteiden ympäristövaikutukset ja -kustannukset. Vähentämällä raaka-aineiden, energian ja veden käyttöä (ekotehokkuusindikaattorit) voidaan pienentää myös ilma- ja vesipäästöjä sekä jätemääriä (ympäristöindikaattorit). Myös kuljetuksista aiheutuvat ympäristökuormitukset ja -kustannukset huomioidaan. Lisäksi malliin on kehitetty alustava malli ympäristöjohtamis- ja työvoimakustannusten laskemiseksi. Kustannukset voidaan määrittää yritys –tai tuotekohtaisesti.

Jokaisen indikaattorin osalta on kehitetty Excel -pohjainen malli, joiden avulla yritys voi seurata kuukausittain syntyviä ympäristökuormia ja arvioida aiheutuneet kustannukset joko koko yrityksen tai tietyn tuotteen osalta.

3.1 Mallin taustalla olevat käsitteet

3.1.1 Elinkaarikustannus

Kustannuksia tarkasteleva elinkaariarviointi (Life Cycle Cost Analysis) on osa laajempaa elinkaariarviointien kokonaisuutta (ks. kuva 5). Sen avulla tarkastellaan tuotteen elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia tai ns. ympäristökustannuksia. Elinkaarikustannusarviointi sisältää neljä vaihetta: Suunnittelun, valmistelun, elinkaarikustannusten laskennan sekä arvioinnin ja tietojen päivityksen. (VTT 2001).



Kuva 4. Elinkaariarviointien välisiä yhteyksiä. (Lähde: VTT 2001).

Tavallisissa investointilaskelmissa käytettävistä menetelmistä elinkaarikustannuslaskenta poikkeaa laskelmissa huomioitavien tekijöiden osalta. Siinä hankintahinnan, laskentakoron, poistohintojen laskutavan ja poistoajan lisäksi huomioidaan myös käyttö- ja huoltokustannukset sekä tuotteen tai järjestelmän omistamiseen, käyttöön ja purkamiseen tai lopusijoitukseen liittyvät kustannukset. Elinkaarikustannusarviointi sopii mm. pitkän aikavälin suunnitteluun ja budjetointiin, ratkaisuvaihtoehtojen kustannusten vertailuun ja päätöksenteon tukemiseen materiaalivalinnan yhteydessä sekä kunnossapidon suunnitteluun tai tarjouksien vertailuun hankintojen yhteydessä. (VTT 2001).

Elinkaarikustannusarviointeja on sovellettu toistaiseksi hyvin vähän, sillä tehdyt elinkaarikustannusarvioinnit on koettu työläiksi ja raskaiksi menetelmiksi. Analyysin muina epä-

varmuustekijöinä voidaan pitää tarkastelujen lähtökohtana käytettävien toteutuneiden kustannusten sekä kaikkien tulevaisuudessa esiintyvien kustannustekijöiden tarkkaa selvittämistä, pitkän tarkasteluajan aiheuttamaa kustannustietojen ennustamista sekä laskennan kriittisten tekijöiden (laskentakorko, elinkaaren pituus, tuotteen teknologinen vanheneminen ym.) määrittämisen vaikeutta. (VTT 2001).

3.1.2 Ympäristökustannus

Yrityksen tuotteen tai palvelun tuottaminen aiheuttaa monenlaisia ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia ja kustannuksia. Se, miten ympäristökustannukset määritellään, riippuu, mihin tarkoitukseen yritys aikoo informaatiota käyttää. Ympäristökustannuksen käsite onkin määritelty eri tavoin tarkastelijasta riippuen. (Mätäsaho ym.1999, s. 83).

Niskala ja Mätäsaho (1996, s. 143) määrittelevät ympäristökustannuskäsitteen seuraavasti:

Ympäristökustannuksilla tarkoitetaan kaikkia niitä kustannuksia, jotka syntyvät tuotteen tuottamisesta ja käyttämisestä koituvien ympäristövaikutusten perusteella joko yritykselle itselleen tai yhteiskunnalle.

Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviranomainen Environmental Protection Agency (EPA) on luokitellut ympäristökustannukset neljään eri kustannuslajiin: Piilokustannukset, tavanomaiset kustannukset, vastuukustannukset ja imagokustannukset (ks. kuva 5).



Kuva 5. Ympäristökustannukset (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 72)

Tavanomaiset kustannukset ovat yrityksen käyttö- ja pääomakustannuseriä, jotka johtuvat tuotantopanosten ja pääomahyödykkeiden käytöstä. Tavanomaisia kustannuksia ei yleensä mielletä ympäristökustannuksiksi. Analysoitaessa niitä kuitenkin tarkemmin, voidaan havaita, että niihin sisältyy ympäristökustannuseriä. Esimerkiksi kustannussäästöt ja sivutuotot voivat olla ympäristöllisiä. Näin saadut säästöt ja tuotot voivat liittyä panosten te-

hokkaampaan käyttöön ja raaka-ainehävikin vähentämiseen. (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 72-73).

Piilokustannuksia aiheuttavat lainsäädäntö ja normit. Piilokustannukset voidaan jakaa ennen tuotantoa syntyviin, pakollisiin tai vapaaehtoiisiin sekä tuotannon jälkeen syntyviin ympäristökustannuksiin. Ennen tuotantoa syntyvät kustannukset liittyvät esimerkiksi uuden tuotantoalueen käyttöönottoon, ympäristömyönteisten tuotteiden ja tuotantoprosessien suunnitteluun, tavarantoimittajien valintaan ja saasteiden vaihtoehtoiisiin puhdistusjärjestelmiin. Pakolliset kustannukset syntyvät ympäristölainsäädännön vaatimusten täyttämisestä. Vapaaehtoiset kustannukset aiheutuvat puolestaan ympäristöä koskevia säädöksiä pidemmälle menevistä vapaaehtoisista ympäristönsuojelutoimista. Tuotannon jälkeen syntyviä ympäristökustannuksia ovat esimerkiksi tuotantolaitosten ja niiden osien lopettamis- ja sulkemiskustannukset. (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 73-74).

Vastuukustannukset realisoituvat usein vasta tulevaisuudessa, ja ne voidaan parhaiten määrittellä niiden odotetun arvon, laajuuden tai tietyn kynnyksarvon ylittymistä koskevan todennäköisyyden perusteella. Esimerkkejä näistä kustannuksista ovat mm. maa-alueen tulevat puhdistamisvastuut, mahdollisten ympäristöä saastuttavien onnettomuuksien korvaus- ja kompensatiokustannukset. (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 74).

Imagokustannukset mielletään usein aineettomiksi kustannuksiksi, sillä ne aiheutuvat sidosryhmien käsityksiin ja mielikuviin vaikuttamisesta. Nämä kustannukset ovat kuitenkin konkreettisia, vaikka siitä saadut hyödyt eivät useinkaan ole. Imagokustannuksiin kuuluvat mm. vuosittaisen ympäristöraportoinnin kustannukset, yrityksen yhteiskunta- ja sidosryhmäsuhteista aiheutuvat kustannukset sekä ympäristövaikutuksia ehkäisemään pyrkivistä toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset. (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 74).

Ympäristökustannukset voidaan jakaa myös yrityksen *yksityisiin ja yhteiskunnallisiin ympäristökustannuksiin*. Yhteiskunnallisilla kustannuksilla tarkoitetaan kustannuksia, jotka eivät realisoitu yrityksen maksettaviksi. Tällaisia kustannuksia ovat mm. terveyshaittojen hoidon tai vesistöjen tilan laadun parantamisen kustannukset. (Tulenheimo 1995, s. 12).

Raja yhteiskunnallisten ja yritysten yksityisen kustannusten välillä voi muuttua ajallisesti yhteiskunnan poliittisin päätöksin tai yrityksen vapaaehtoisin toimin. Suuntaus tällä hetkellä on, että yhtä suurempi osa yhteiskunnallisista ympäristökustannuksista pyritään ympäristöverojen ja muiden taloudellisten ohjauskeinojen avulla siirtämään yritysten yksityisiksi kustannuksia.

Koska yritykset määrittelevät omista tarpeistaan ja tavoitteistaan käsin ympäristökustannukset ja niiden laajuuden, yritysten väliset vertailut eivät ole kovin mielekkäitä. Ympäristökustannusten hallitsemiseksi suhteellista tai absoluuttista määrää tärkeämpi seikka onkin tietää kustannusten syntyyn vaikuttaneet tekijät, koostumus sekä riippuvuus yrityksen toiminnoista. (Niskala & Mätäsaho 1996, s. 147-148).

3.1.3 Ekotehokkuus

Ekotehokkuuden määritelmä ei ole vielä vakiintunut, mutta yleisesti sen tavoitteena on tuottaa vähemmästä enemmän. Jotkut näkevät sen laajana käsitteenä, jolloin se on lähellä kestävästä kehityksen määritelmää. Toiset taas mieltävät sen selvästi rajoitetumpana, lähinnä teknisenä keinona materiaalivirtojen vähentämiseksi. (KTM 1998, s. 9 ja 13).

OECD on määritellyt ekotehokkuuden yksinkertaisesti yhtälöllä:

$$\text{Ekotehokkuus} = \text{hyödyt/panokset}$$

Hyötyjä ovat mm. hyvinvoinnin lisääntyminen, elämänlaadun paraneminen, tuotteesta saatava palvelusuorite ja yritysten tuotto. Panokset muodostuvat taas käytetyistä luonnonvaroista, kustannuksista ja syntyvistä ympäristövahingoista. Konkreettinen mittaaminen ja tulkinta riippuu siitä, mitkä indikaattorit valitaan panoksiksi ja tuotoksiksi. (KTM 1998, s.13 ja 15).

Verrattuna perinteiseen ympäristönsuojeluun, ekotehokkuus ei kiinnitä huomiota vain päästöihin, vaikutuksiin ja tuotoksiin, vaan myös prosessien alkupäähän, panoksiin, raaka-aineisiin ja luonnonvarojen käyttöön. Voidaan siis sanoa, että oireiden välttämisen lisäksi huomio on syiden selvittelyssä ja ennaltaehkäisemisessä. Ekotehokkuus ei sinänsä pyri tiettyihin toiminnan, panosten tai päästöjen tasoon, vaan parantamaan panosten ja tuotosten välistä suhdetta eli eräällä tavalla luonnonvarojen tuottavuutta. (KTM 1998, s. 39).

Materiaalivirta-analyysi on yksi ekotehokkuuden pääaspekteista. Analyysi nojaa termodynamiikan lakiin, jonka mukaan materiaalien kierto maapallolla on luonteeltaan lähellä suljettua kiertoa. Tuotannon ja kulutuksen kasvaessa (ilman nk. laadullista kasvua) päädytään tilanteeseen, jossa luonto ei enää pysty ”puhdistamaan” talouden aikaansaamia sivutuotteita. (KTM 1998, s. 21).

Ekotehokkuuden mittaamiseksi on kehitetty useita indikaattoreita, sillä sitä voidaan toteuttaa ja mitata monella eri tasolla. Arvioitaessa kansallista ja kansainvälistä kehitystä, materiaalivirtaa ja ympäristön tilaa kuvaavat indikaattorit ovat hyödyllisiä. Teollisuus ja yritykset tarvitsevat puolestaan erilaisia indikaattoreita tuotannon ekotehokkuuden arvioimiseksi. Kuluttajat ovat kiinnostuneita tuotteiden ja palveluiden ominaisuuksista. (KTM 1998, s. 17-18).

3.1.4 Ympäristöjärjestelmät

Ympäristöjärjestelmä on työväline, jonka avulla yritys voi hallita ja kehittää ympäristöasioitaan. Järjestelmän päämääränä on organisaatiota koskevien lakisääteisten vaatimusten täyttäminen, ympäristön pilaantumisen ennaltaehkäisy, ympäristöriskien tunnistaminen ja hallinta sekä ympäristönsuojelun tason jatkuva parantaminen.

Ympäristöjärjestelmän avulla yritys voi varmistaa tavoitteiden täyttymisen ja osoittaa asiakkaille ja sidosryhmille, että se huomioi toiminnassaan järjestelmällisesti ympäristöasiat.

Ympäristöjärjestelmän rakentaminen koostuu seuraavista vaiheista:

- Ympäristökatselmus eli ympäristöasioiden hallinnan nykytilan, ympäristönäkökohtien, yhteiskunnan vaatimusten ja ympäristökilpailukyvyyn kehittämismahdollisuuksien määrittäminen
- Yrityksen ympäristöasioihin liittyvien toimintaperiaatteiden (politiikan) laatiminen
- Ympäristöpäämäärien ja tavoitteiden sekä toteutussuunnitelmien laadinta. Toteutussuunnitelma sisältää toimenpiteet, aikataulut, vastuut ja resurssit sekä muut toimenpiteet jotka varmistavat tavoitteiden toteutumisen
- Suunniteltujen toimenpiteiden toteuttaminen
- Mittaus, seuranta ja arviointi
- Johdon katselmukset sekä toimintasuunnitelmat jatkoa varten
- Haluttaessa ympäristöjärjestelmän sertifiointi

(SFS-EN ISO 14001, s. 14-20, Pesonen ym. 2001, s. 11-13).

Ympäristöjärjestelmän ylläpito on jatkuva prosessi, jossa ympäristöasioiden hallinnan taso pyritään parantamaan. Tämä tapahtuu asettamalla toiminnalle yrityksen ympäristöpolitiikan pohjalta ympäristöasioita koskevia päämääriä ja tavoitteita, laatimalla konkreettisia ohjelmia niiden saavuttamiseksi sekä mittaamalla ja seuraamalla tavoitteiden saavuttamista. Päämäärien saavuttaminen varmistetaan poikkeamia korjaavien ja ehkäisevien toimenpiteiden sekä ympäristöauditointien avulla. Lisäksi yrityksen johto arvioi säännöllisin väliajoin ympäristöjärjestelmän soveltuvuuden ja tehokkuuden johdon katselmuksissa. (Siitonen ym. 2001, s. 16). Koska järjestelmän rakentaminen on kokonaisvaltainen tapahtuma, sen rakentamiseen tarvitaan koko henkilöstön osallistumista, tavoitteellisuutta sekä järjestelmällisyyttä. (Rissa 2001, s. 138).

3.1.5 Ympäristökilpailukyky

Ympäristökilpailukyvyllä tarkoitetaan yrityksen kykyä vastata asiakkaiden, viranomaisten ja muiden sidosryhmien asettamiin ympäristövaatimuksiin paremmin kuin kilpailijansa. Kysymys on kyvystä hyödyntää ympäristönäkökohtia liiketoiminnassa paremmin kuin kilpailijat. Näin ymmärrettynä ympäristökilpailukyky on laajempi käsite kuin yrityksen ympäristövaikutukset. Se ei ainoastaan mittaa sitä, miten vähäiset ovat yrityksen ympäristövaikutukset vaan myös sitä, miten hyvin se pystyy hyödyntämään vaikutusten vähäisyyden. Vähäiset vaikutukset ovat kuitenkin vain potentiaalinen kilpailukykytekijä, joka täytyy muuttaa realisoituneiksi kilpailukyvyksi. Vasta realisoitunut kilpailukyky vaikuttaa positiiv-

visesti yrityksen tulokseen alentuneiden kustannusten lisäksi lisääntyneiden tuottojen muodossa. (Lovio 1996, s. 3).

- Yrityksen ympäristökilpailukyvyyn kehittäminen voidaan jakaa kolmeen tasoon:
1. Johtamisulottuvuus (ympäristöasioiden hallintajärjestelmän kehittäminen)
 2. Fysikaalinen ulottuvuus (tuotteiden aiheuttamien ympäristöhaittojen vähentäminen)
 3. Kommunikaatioulottuvuus (ympäristöviestinnän parantaminen)

Johtamisulottuvuus	Fysikaalinen ulottuvuus	Kommunikaatioulottuvuus
<ul style="list-style-type: none"> • johdon ja henkilöstön asenteet • ympäristöasiantuntijat ja vastuuhenkilöt, johtamisjärjestelmät • ympäristöjohtamisen työkalujen käyttö (auditoinnit, LCA, haittapistemallit jne.) • henkilöstön koulutus • tutkimus • investoinnit 	<ul style="list-style-type: none"> • Päästöt ilmaan, veteen ja maaperään, tuotteittain ja tuotantoyksiköittäin • resurssien käytön tehokkuus tuotteittain ja tuotantoyksiköittäin • kokonaisvaikutus valituilla tuotevalikoimalla ja yksikkörakenteella 	<ul style="list-style-type: none"> • johtamisjärjestelmien sertifiointi • ympäristöraportointi • muu ympäristöviestintä ja sidosryhmäyhteistyö • tuotteiden ympäristömerkinnät • ympäristöargumenttien käyttö mainonnassa

(Lovio 1996, s. 2).

Johtamisulottuvuus

Yritykset ja yhteisöt voivat hallita toimintansa ympäristövaikutuksia ympäristöhallintajärjestelmän avulla. Tällainen järjestelmä voidaan toteuttaa lähes kaikenlaisissa organisaatioissa. Ympäristö-hallintajärjestelmässä selvitetään, minkälaisia ympäristövaikutuksia yrityksen toiminnot ja yrityksen käyttämät tai valmistamat tuotteet aiheuttavat tai voivat aiheuttaa poikkeustilanteissa. Kun hallintajärjestelmää rakentavan yrityksen ympäristövaikutukset on selvitetty, organisaation toimintatavat suunnitellaan järjestelmällisesti sellaisiksi, että ne aiheuttavat mahdollisimman vähän ympäristöhaittoja. Yrityksen työntekijät koulutetaan siten, että he voivat omissa työtehtävissään ehkäistä tai vähentää haitallisten ympäristövaikutusten syntymistä. (Pesonen ym. 2001, s. 9).

Ympäristöhallintajärjestelmään sisällytetään yrityksen ympäristöpäämäärät, jotka on määritetty yrityksen merkittävimpien ympäristövaikutusten mukaisesti. Sovittujen päämäärien saavuttamiseksi yritykselle laaditaan yksityiskohtaiset ympäristötavoitteet aikatauluineen ja vastuuhenkilöineen. Ympäristöasioiden hallinnan parantaminen aloitetaan tärkeimmistä ja ensisijaisista parantamisesta vaativista tekijöistä, joista siirrytään vähitellen pienempiin ja ympäristövaikutuksiltaan merkityksellisempiin asioihin. Näin yritys saa lopulta hallintaansa kaikki ne toiminnot ja tuotteet, jotka aiheuttavat tai voivat aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia. (Pesonen ym. 2001, s. 9).

Ympäristöhallintajärjestelmä voidaan ottaa käyttöön koko yrityksessä tai sen itsenäisessä toimintayksikössä. Yleensä järjestelmän rakentaminen aloitetaan niistä toimintayksiköistä

tai toiminnoista, joista aiheutuu eniten vakavia ympäristöhaittoja tai niistä, joihin kohdistuu lakisääteisiä ympäristönsuojelun liittyviä velvoitteita. Järjestelmä kannattaa ottaa käyttöön myös niissä toiminnoissa, joissa siitä saadaan suoraa liiketoiminnallista hyötyä, esimerkiksi vähentyneenä raaka-aineiden ja energian kulutuksena tai ympäristömyönteisen imagon tuomana kilpailuetuna. (Pesonen ym. 2001, s. 9-10).

Ympäristöhallintajärjestelmän hyötyinä voidaan pitää mm.

- taloudellinen hyöty (kustannussäästöjä syntyy tehostuneen toiminnan ansiosta esimerkiksi alentuneina jätemaksuina tai säästöinä raaka-aine ja energiakustannuksissa),
- luotettavan ja ympäristömyönteisen imagon vahvistuminen (ympäristöpolitiikan ja ympäristölausunnon julkaiseminen sekä ulkopuolisen arvioijan myöntämä ympäristösertifikaatti osoittavat, että yritys huomioi ympäristöasiat toiminnassaan)
- Kilpailukyvyn parantaminen (ympäristöasioista tiedottaminen vahvistaa yrityksen ympäristömyönteistä imagoa, joka asiakkaiden ympäristötietoisuuden myötä voi parantaa yrityksen kilpailukykyä)
- sovitut toimintatavat lisäävät yrityksen toimintavarmuutta (yhteisesti sovitut toimintatavat niissä toiminnoissa, joista voi aiheutua merkittäviä ympäristövaikutuksia, ja niiden säännönmukainen tarkkailu ja mittaus lisäävät yrityksen toimintavarmuutta)

(Pesonen ym. 2001, s. 10-11).

Fysikaalinen ulottuvuus

Ympäristökilpailukyvyn perusta on yrityksen aiheuttaman ympäristökuormituksen vähentäminen. Ympäristökuormitusta voidaan vähentää pienentämällä yrityksen aiheuttamaa energia- ja materiaalivirtaa ja/tai pienentämällä materiaalivirran haitallisuutta. Energia- ja materiaalivirran haitallisuuteen on viime vuosikymmeninä puututtu monella tapaa, mikä näkyy esimerkiksi teollisuuden pistekuormituksen vähenemisenä useimpien päästöjen osalta. Pääongelmaksi onkin muotoutumassa talouden aiheuttaman energia- ja materiaalivirran laajuus sinänsä, koska kaikenlainen toiminta synnyttää helposti negatiivisia ympäristövaikutuksia. Euroopan tärkeimmiksi ympäristöongelmiksi ovat nousseet biodiversiteetin kaventuminen ja kasvihuoneilmiö (European Commission 2002), joiden syyt eivät liity mihinkään yksittäiseen haitalliseen päästölajiin. (Lovio 1996, s. 3).

Kommunikaatioulottuvuus

Yrityksen ympäristökilpailukykyyn vaikuttavat mainonnan ja tuoteinformaation osuvuus. Varsinaisen ulkoisen raportoinnin lisäksi organisaation ympäristöviestintään kuuluu mm. sidosryhmäyhteistyötä, lehdistöviestintää, tuotteiden ympäristöselontekoja ja menestystarinoita uusista ympäristömyönteisistä innovaatioista tuotteiden ja palveluiden kehittämises-

sä. Ympäristöviestintä – organisaation sisäinen ja ulkoinen - on siis hyvin monimuotoista ja ympäristöraportointi on vain osa yrityksen ympäristöviestintää. Ympäristöviestinnän tehtävä on kertoa sekä sijoittajille että ”suurelle yleisölle” ymmärrettävästi kaikista toimintaan liittyvistä ympäristöasioista ja tukea yrityksen kokonaisvaltaista viestintää. (Pohjola 2003, 171-172, 201).

Ympäristöviestintä perustuu tosiasioihin. Ne syntyvät joko tutkimuksen, ympäristöjärjestelmän tai viranomaisten tarkastusten tuloksena. Ympäristöviestinnässä jokaisen väitteen takana on oltava uskottava argumentaatioketju. Yrityksen ympäristöhallinnan työkalut tuottavat ulkoisten sidosryhmien silmissä uskottavuudeltaan erilaisia argumentteja. Uskottavuudeltaan heikoimpia ovat yrityksen itsensä suorittamat tutkimukset ja tarkastukset. Sen sijaan puolueettomien, ulkopuolisten tarkastajien suorittamat arvioinnit tai tiukkojen kriteerien mukaan saadut ympäristömerkit toimivat hyvinä markkinointiargumentteina. (Linnanen ym. 1997, 147-148).

4 Tutkimuksen tulokset

4.1 Inventaarioanalyysien tulokset

Elinkaariarvioinnin inventaarioanalyysivaiheet toteutettiin palvikinkun, kurkun ja kalan elinkaaripalvelun osalta opiskelijatöinä Hämeen ammattikorkeakoulun opiskelijoilla. Kukin opiskelija keräsi tiedot tarkasteltavan tuotteen eri materiaaleista ja niiden valmistuksen ympäristökuormista, kuvasi tuotteen virtauskaavion, määritteli rajaukset sekä arvioi ja analysoi ympäristökuormitukset valittua toiminnallista yksikköä kohden.

Inventaariotiedot kerättiin tutkimuslaitoksilta, asiantuntijoilta, alihankkijoina toimivilta yrityksiltä sekä kirjallisuudesta. Työssä hyödynnettiin sekä kotimaassa että ulkomailla julkaistuja elinkaariarviointitutkimuksia ja niiden sisältämiä ekotaseita. Mikäli julkaistua tietoa ei ollut saatavilla, käytettiin yritysten itse tuotannostaan laskemia tai arvioimia lukuja. Niiden oikeellisuuden tai täsmällisyyden tarkistamiseen ei aikataulun ja resurssien rajallisuuden vuoksi ollut mahdollisuutta.

Elinkaariarvioinnin yleisten periaatteiden mukaan ei analyseissä huomioitu infrastruktuurin luomisesta, onnettomuuksista, inhimillisistä resursseista eikä työvoimasta aiheutuvia ympäristökuormia. Lisäksi resurssien rajallisuuden ja aikataulun niukkuuden vuoksi rajoja selvityksissä jouduttiin tekemään varsin paljon. Kaikki tehdyt selvitykset ovat opinäytetöitä ja tarkemmat tiedot inventaariovaiheen tavoitteista, rajauksista ja tuloksista sekä niihin liittyvistä ongelmakohtista löytyvät selvityksistä Mikkola 2003, Poussa 2002 ja Tommiska 2003 sekä hevostallirakennuksen inventaarioanalyysi selvityksestä Pesonen 2003.

Tässä luvussa esitellään lyhyesti inventaariotutkimuksista saatuja tuloksia. Aluksi esitellään tarkasteltujen tuotteiden ja palvelun virtauskaaviot ja tämän jälkeen tutkimuksista saadut tulokset eli päästöt ilmaan (CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, NH₃) ja veteen (N ja P) sekä jätteet.

Hiilidioksidipäästöt (CO₂) on tarkasteltu erilleen muista ilmanpäästöistä, sillä niiden osuus (kg:nä) muihin ilmanpäästöihin nähden on huomattavan suuri.

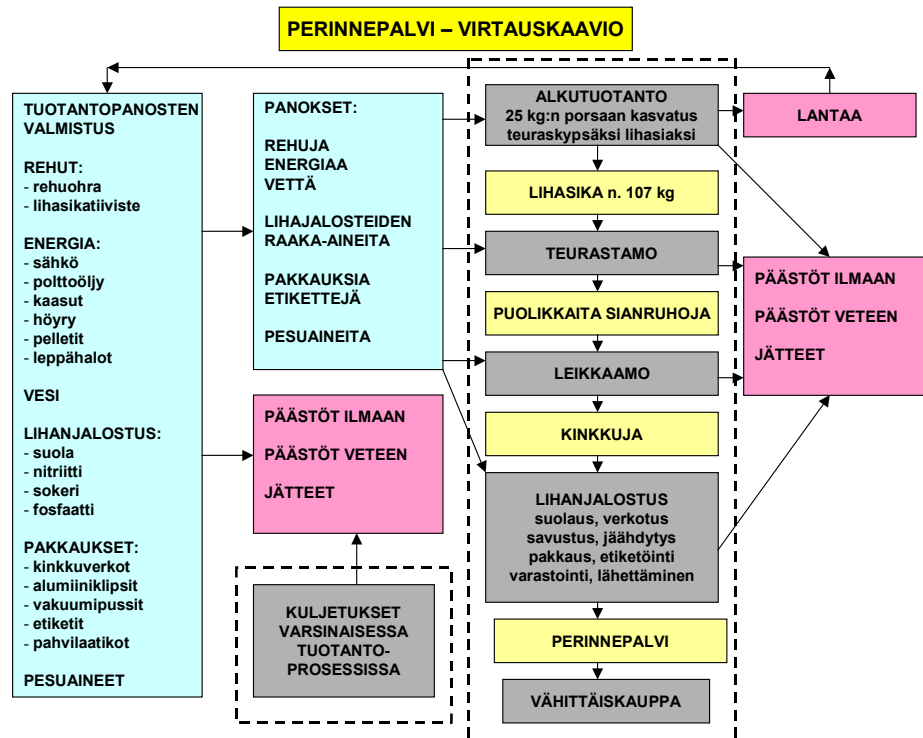
4.1.1 Palvikinkku

Makuliha Oy:n valmistaman palvikinkun elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset arvioitiin 1000 kg palvikinkkua kohden. Tuotteen elinkaari rajattiin alkamaan lihasikalaan toimitetusta 25 kilon painoisesta porsaasta edeten teurastamon, lihanleikkaamon sekä –jalostuksen kautta vähittäis-myymälään kuvan 6 mukaisesti. Siat oletettiin kasvatettavan suomalaisella keskikokoisella lihasikojen tuotantoon erikoistuneella tilalla, jolla sikalan koko on 300 lihasikapaikkaa. Tuhannen palvikilon tuottamiseen laskettiin tarvittavan 84 elopainoltaan 107 kiloista lihasikaa. Kuljetuksista mukaan laskettiin vain jalostettavan tuotteen kuljetukset. (Poussa 2002, s. 17, 24 ja 26).

Alkutuotannossa päästöt laskettiin koko tarvittavalle, kasvatettavalle eläinmäärälle ja allokoitiin eli kohdennettiin eläimistä saatavalle syötävälle lihalle 1000 kg kohden. Lihaprosentiksi määriteltiin 58 %. Lihan teurastus- ja leikkausprosessissa syntyvät päästöt laskettiin teuraskiloa kohden ja kohdistettiin edelleen syötäväksi kelpaavalle 1000 kilolle lihaa. Jalostusvaiheessa, jossa painohävikiksi laskettiin 8 %, kohdentaminen pystyttiin tekemään suoraan savustetulle 1000 kilolle palvia. Samaa laskentatapaa sovellettiin kuljetusten aiheuttamiin päästöihin tutkimuksen kohteena kulloinkin olevan osaprosessin mukaisesti. (Poussa 2002, 19).

Arvioinnin ulkopuolelle jouduttiin yleisten elinkaariarvioinnin rajausten (ks. s. 28) lisäksi jättämään kaikkien tuotantopanosten kuljetukset, alkutuotannossa sian liotelannan lannoituskäyttö, sikalan puhdistus- ja desinfiointiaineet sekä eläinlääkkeet, teurastuksessa jäähdytys-, puhdistus- ja desinfiointiaineet sekä jalostusvaiheessa tietyt lisäaineet, kinkkuverkot, alumiinisulkijat ja tarrat. Osa laskelmista perustuu henkilökohtaisiin arviointeihin, ja joidenkin tuotteiden ekotasetiedot on korvattu vastaavien tuotteiden ekotasetiedoilla. Tuloksia onkin syytä tarkastella näiden rajausten valossa.

Lisäksi jätevesipäästöt jäivät selvittämättä niin alkutuotannon, leikkaamon kuin lihanjalostusvaiheen osalta. Myöskään luotettavia tietoja lannan levityksen vaikutuksista maaperään ja vesistöihin ei ollut saatavilla. Näin ollen rehevöitymis- ja hapenkulutusarvojen vertailu eri osaprosessien välillä on hankalaa (Poussa 2002, s. 39).



Kuva 6. Palvikinkun tuotejärjestelmäkuvaus (Poussa 2002, s. 17).

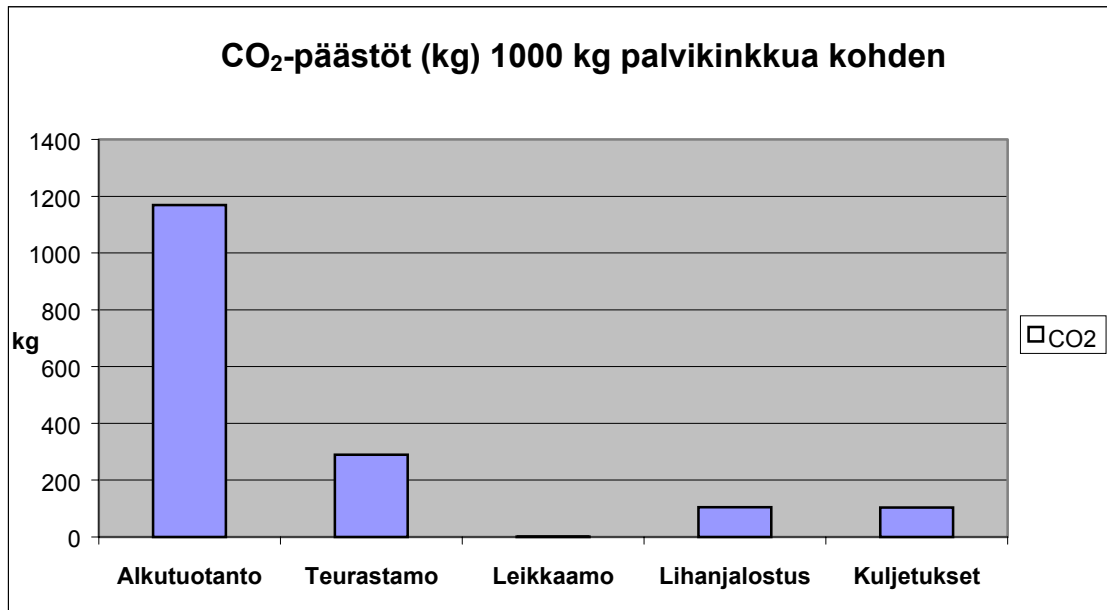
4.1.1.1 Päästöt ilmaan

Kuten kuvista 7 ja 8 voi havaita, suurin osa palvikinkun tuotannon ilmanpäästöistä syntyy alkutuotantovaiheessa. Suurimmat hiilidioksidipäästöt (CO_2) aiheutuvat rehuohran tuotantoprosessista (75 % koko tuotejärjestelmän CO_2 -päästöistä), jossa merkittävin hiilidioksidin lähde on kalkituksen jälkeen hiljalleen kalkista vapautuva hiili (olettaen, että kaikki kalkituksessa käytetty hiili vapautuu hiilidioksidina ilmaan). Lisäksi CO_2 -päästöjä aiheutuu rehuohran tuotantoketjussa fossiilisten polttoaineiden käytöstä työkoneissa ja viljan kuivauksessa sekä lannoitteiden valmistuksesta. Teurastamovaiheessa CO_2 -päästöt syntyvät pääosin prosessissa käytettävien propaanin, kevyen polttoöljyn ja sähkön tuotantoketjuista. Lihanjalostuksessa suurin CO_2 -päästöjen aiheuttaja on höyryn tuotantoprosessi. Kuljetukset eivät sisällä tuotantopanosten kuljetuksia (Poussa 2002, s. 38, ref. Katajajuuri 2000, 85).

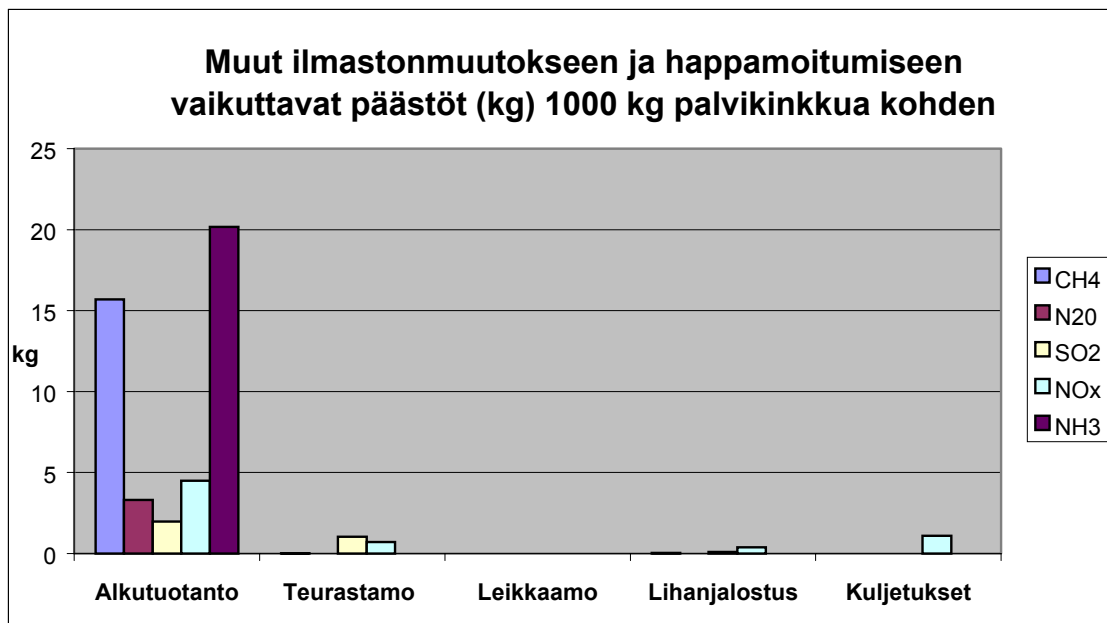
Saatujen tietojen perusteella sikojen liotelanta aiheuttaa suhteellisen suuret metaani (CH_4) ja -ammiakkipäästöt (NH_3) ilmaan alkutuotantovaiheessa (CH_4 -tiedot pitävät sisällään ainoastaan karjasuojissa vapautuvat CH_4 -päästöt, NH_3 -päästötiedot sisältävät sekä karjasuojasta, varastoinnista että liotelannan levityksestä vapautuvat päästöt). Typpioksiduulia (N_2O) vapautuu nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessien seurauksena viljelymaalta sekä lannoitteiden tuotantoprosessista. Typen oksideista (NO_x) suurin osa aiheutuu rehuohran tuotannossa tarvittavien työkoneiden käytöstä ja rikkidioksidipäästöjä (SO_2) muodostuu eniten lihaskativiesteen valmistuksessa. Teurastamovaiheessa NO_x - ja SO_2 -päästöt syntyvät pääosin tuotannossa käytettävien propaanin, sähkön ja kevyen polttoöljyn tuotantoprosesseista. Lihanjalostuksessa suurin NO_x -päästöjen aiheuttaja on leppähalkojen käyttö palvi-

kinkun savustusvaiheessa. SO₂-päästöt syntyvät puolestaan aaltopahvin tuotantoprosessista. (Poussa 2002, s. 38-39).

Huomioitavaa kuitenkin on, että saatuihin alkutuotannon sian lietelannan metaani-, ammoniaki- ja typpioksiduulipäästölukuihin liittyy paljon epävarmuuksia, sillä kotimaisia tutkimustuloksia ei tätä työtä varten ollut vielä käytettävissä ja ulkomaisista tutkimuksista löytyi hyvin niukalti julkaistua tietoa. Saadut laskelmat ovat asiantuntijoiden tekemiä arvioita IPPC:n ohjearvioista. (Grönroos ym. 1998, s. 33; Regina 2002).



Kuva 7. CO₂-päästöt 1000 kg palvikinkkua kohden.



Kuva 8. Muut ilmastomuutokseen ja happamoitumiseen vaikuttavat päästöt 1000 kg palvikinkkua kohden.

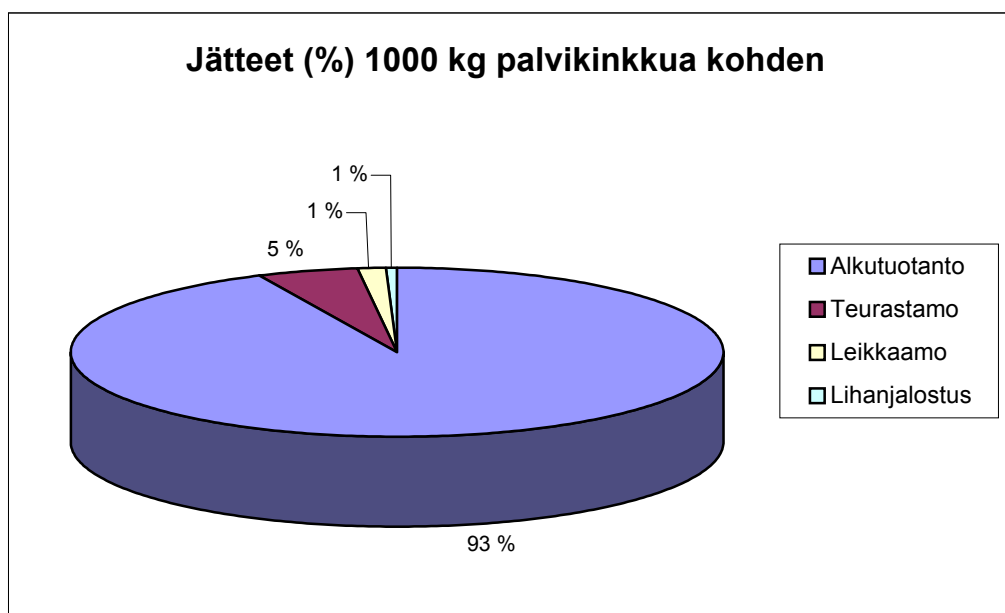
4.1.1.2 Päästöt veteen

Vesipäästöjen arvioiminen ja vertailu eri osaprosessien välillä ei ollut mahdollista tässä selvityksessä, sillä tietoja jätevesipäästöistä ei ollut saatavilla alkutuotannon, leikkaamon ja lihanjalostuksen osalta. Myöskään luotettavaa tietoa lannan levityksen aiheuttamista päästöistä maaperään ja vesistöihin ei ollut saatavilla. (Poussa 2002, s. 39).

4.1.1.3 Jätteet

Jättemäärät eri osaprosessien välillä on havainnollistettu kuvassa 9. Arvioinnissa ei olla eritelty jätteitä lajeittain, vaan kokonaismääriä on vertailtu eri osaprosessien välillä. Saatujen tietojen perusteella noin 93 % jätteistä syntyy alkutuotantoprosessissa. Siinä suuren jättemäärän aiheuttaa lihasikalasta tuleva sian liettelanta. Huomioitavaa kuitenkin on, että alkutuotantoprosessin osalta ei jätetietoja ollut saatavilla monien tuotantopanosten eikä lihasikalalan muiden jätteiden kuin sian liettelannan osalta. Myös muissa vaiheissa tuotantopanosten jätetiedot olivat paikoin puutteellisia.

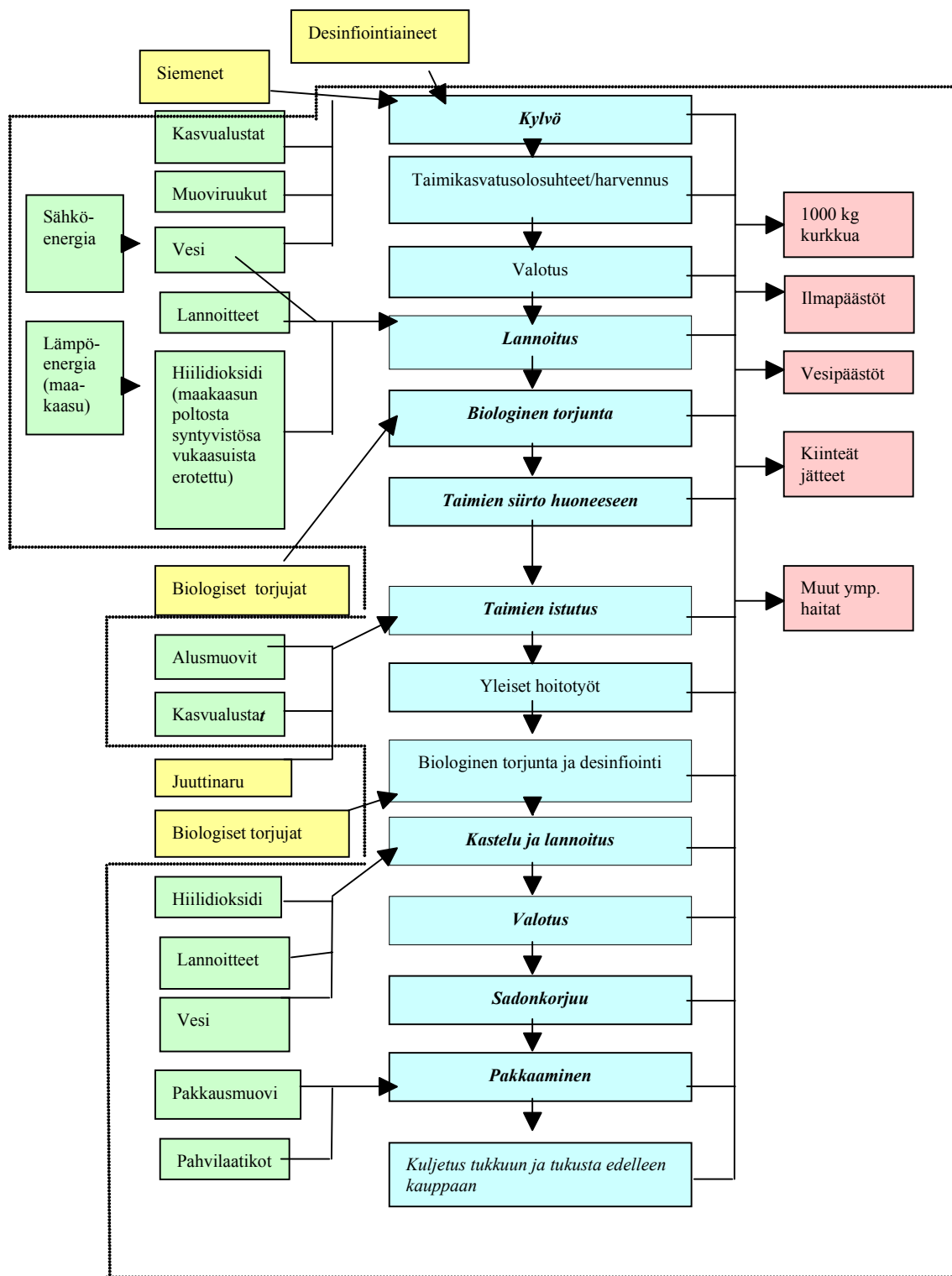
Lisäksi on huomioitava, että sian liettelanta hyödynnetään yleensä pellolla lannoitteena. Myös teurastamo-, leikkaamo- ja lihanjalostusvaiheissa syntyvät lihajätteet hyödynnetään suurelta osin turkis- ja lemmikkieläinten rehuna.



Kuva 9. Jätteet 1000 kg palvikinkkua kohden.

4.1.2 Kasvihuonekurkku

Kiipulan Puutarhan tuottaman kasviturkunan elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset määriteltiin kuvan 10 mukaisen virtauskaavion pohjalta.



Kuva 10. Kasvihuonekurkun tuotejärjestelmäkuvaus (Mikkola 2003, s. 14).

Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin 1000 kg kasvihuonekurkkua. Tarkasteluun sisältyvät katkoviivan sisäpuolelle rajatut tuotantopanokset (lannoitteet, vesi, kasvatusalustat, muovit, pahvilaatikot) ja niiden tuotantoprosesseista ja käytöstä aiheutuvat ympäristökuormitukset, kurkkujen kuljetukset kasvihuoneesta tukkuun ja sieltä kauppaan sekä energian tuotantoprosessit. *Siementuotantoa, biologisten torjujen tuotantoa, desinfiointiaineiden tuotantoa, osaa lannoitteiden tuotannosta sekä tuotantopanosten kuljetuksia puutarhalle ei kuitenkaan voitu huomioida puutteellisten tietojen ja resurssien rajallisuuden vuoksi.* (Mikkola 2003, s. 20-21).

Virtauskaaviota tarkasteltaessa huomioitavaa on, että kasvihuonekurkun tuotannossa yksikköprosessit eivät todellisuudessa seuraa toisiaan. Valotusta, lämmitystä ja lannoitusta annetaan kasvustolle kasvatuksen kaikissa vaiheissa. Siksi sähkö- ja lämpöenergian käyttöä ei ole yhdistetty mihinkään vaiheeseen. Toisaalta biologista torjuntaa toteutetaan Kiipulan puutarhalla ainoastaan tarpeen mukaan, joten on vaikea määrittellä tarkalleen sitä tuotantovaihetta, jossa torjuntaa käytetään. Johtuen päästöjen kohdentamisvaikeudesta eri elinkaarivaiheille, on inventaariotulokset esitetty tuotannossa tarvittavia tuotantopanoksia ja kuljetuksia kohden. Päästöt on kuvattu erikseen talvi- ja kesäkurkulle. (Mikkola 2003, s. 15).

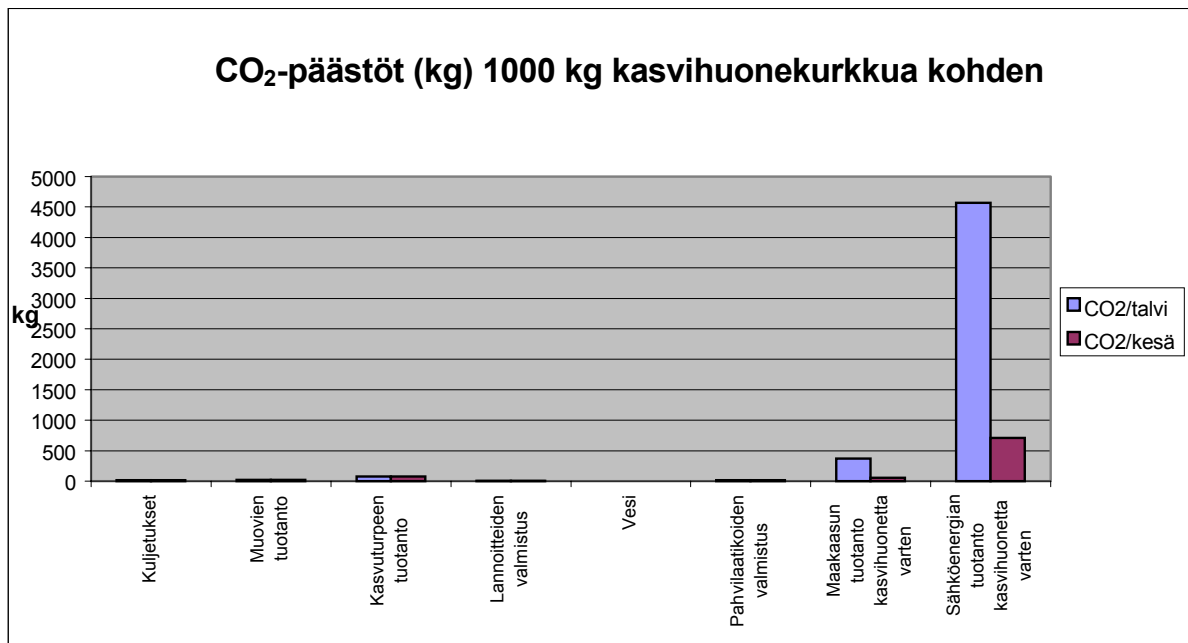
Kurkun taimet ovat valmiita noin 21-24 vuorokautta kylvöstä. (Mikkola 2003, s.16). Ne alkavat tuottaa satoa noin 3 viikon päästä kylvöstä ja noin 10-15 viikon jälkeen on uusien taimien vuoro. (Jokinen 2003).

4.1.2.1 Päästöt ilmaan

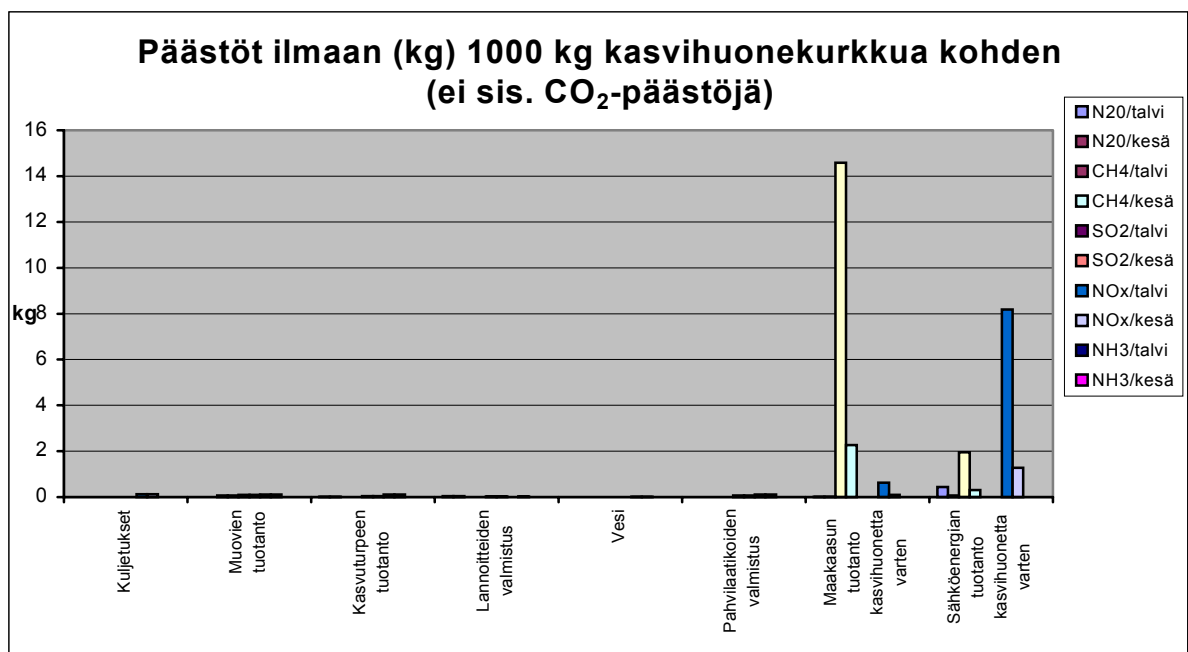
Hiilidioksidin (CO₂) kannalta merkittävimäksi päästölähteeksi havaittiin kasvihuoneeseen tarvittavan sähköenergian tuotantoprosessi (talvikurkulla 93 %, kesäkurkulla 95 %, ks. kuva 11). Sähköä kuluttavat pääasiassa kasvilamput. Kesällä keinovalotuksen tarvetta ei ole, joten n. 90 % sähköstä kuluu talvikaudella eli syyskuun ja maaliskuun välisenä aikana. Toinen merkittävä hiilidioksidin aiheuttaja on kasvihuoneen lämmitykseen tarvittavan maakaasun tuotantoprosessi (n. 5-7 % sekä talvi- että kesäkurkulla kaikista CO₂-päästöistä). (Mikkola 2003, s. 31-32).

Selvitystä varten saatujen tietojen perusteella valtaosa metaanipäästöistä (CH₄) syntyy maakaasun tuotantoprosessista (n. 98 % kaikista CH₄-päästöistä sekä talvi- että kesäkurkulla). Typpioksiduulia (N₂O) vapautuu eniten lannoitteiden valmistusketjusta (n. 77 %). Turpeen osuus N₂O-päästöistä on n. 12 % ja maakaasun tuotannon noin kahdeksan. Kuljetusten osuus on vain kaksi prosenttia. (ks. kuva 12).

Rikkidioksidi (SO₂) -päästöistä n. 50 % aiheutuu pahvien valmistusprosessista ja vajaa 30 % kasvaturpeen tuotannosta. Ammoniakkipäästöjen (NH₃) suurin kuormituksen aiheuttaja on kasvaturpeen tuotantoprosessi (n. 78 %) sekä talvi- että kesäkurkulla. Lannoitteiden valmistuksen osuus on noin viidesosa. (Mikkola 2003, s. 33-37).



Kuva 11. CO₂-päästöt 1000 kg kasviuonekurkkua kohden kesällä ja talvella kasvatettujen kurkkujen osalta.



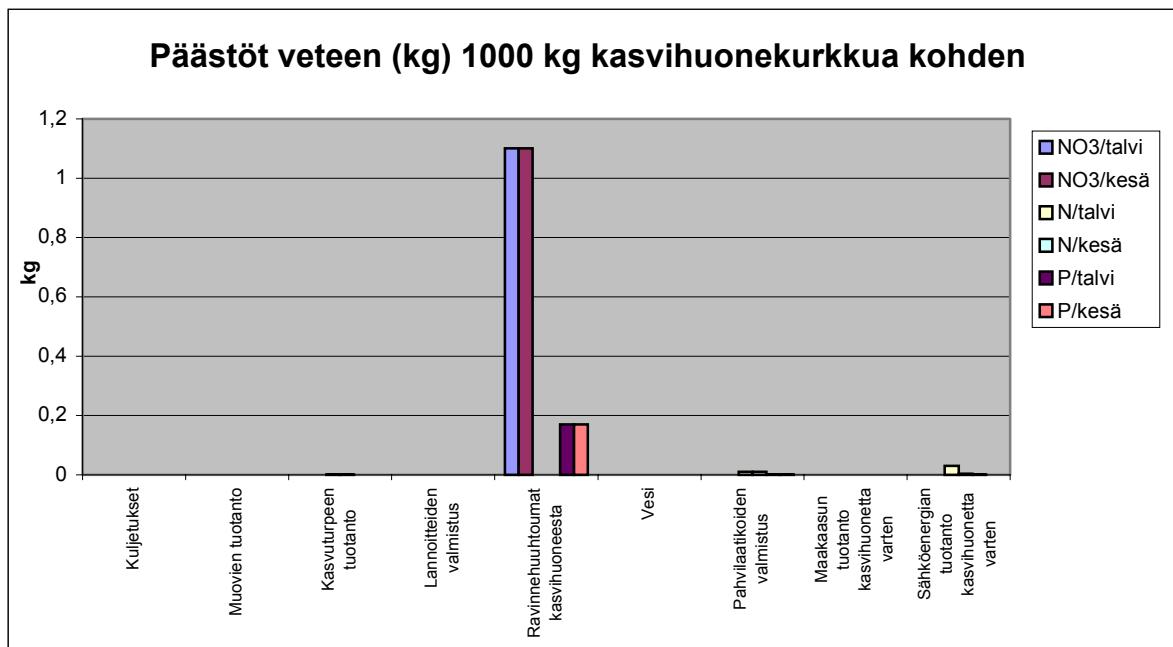
Kuva 12. Muut ilmastomuutokseen ja happamoitumiseen vaikuttavat päästöt ilmaan 1000 kg kasviuonekurkkua kohden talvella ja kesällä.

4.1.2.2 Päästöt veteen

Vesistöjen rehevöitymistä aiheuttavista päästöistä huomioitiin typen ja fosforin lisäksi nitraattityppi (NO₃). Myös kemiallisesta sekä biologisesta hapenkulutuksesta löytyy tietoa Mikkolan 2003 työstä. Niitä ei kuitenkaan sisällytetty tähän raporttiin, koska CODista ja BODista on vielä varsin niukalti tutkimustietoa. Selvityksestä varten saatujen tietojen perusteella vesipäästöjen ravinnekuormituksista (NO₃, N ja P) suurin osa johtuu kasviuoneen ravinnehuuhtoutumista (katso kuva 13). Tuhatta kiloa kurkkua kohden n. 95 prosent-

tia (n.1.1 kg) nitraattityppikuormituksesta (sekä talvi- että kesäkurkulla) aiheutuu kasvi- huoneen ravinnehuuhtoutumista. Vastaava luku fosforikuormituksen osalta on 98 prosent- tia (n.0.17 kg). (Mikkola 2003, s. 37-39).

Ravinnehuuhtouman määrä kurkkukasvustossa on laskettu Martensin tutkimusasemalla tehtyjen (ref. Jaakkola & Vänninen 1995) koetulosten perusteella, jossa tomaatteja viljel- tiin sekä turvealustalla että kivivillassa. Kokeissa lannoitteista huuhtoutui turvealustalla nitraattitypestä (NO₃) 12-16 % ja fosforista 10-15 %. Vastaavat luvut kivivilla- alustalla ovat nitraattitypellä 33-43 % ja fosforilla 35-47 %. Saman suuntaisiin tuloksiin on päädytty myös MTT:n vihannestutkimusasemalla Närpiössä vuonna 1991-93 tehdyissä kenttäko- keissa (Salonen 1995). Tutkimuksissa annetusta nitraattitypestä huuhtoutui turvealustalla noin 20 % ja fosforista 15 %. Vastaavat luvut kivivilla- alustalla olivat nitraattitypen osalta 40 % ja fosforin 50 %. (Mikkola 2003, 37-39).

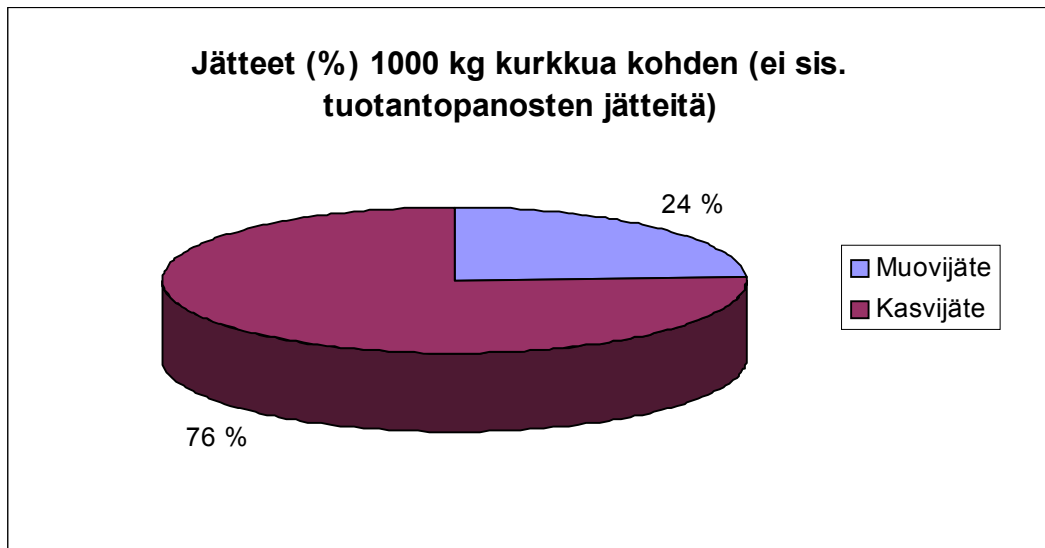


Kuva 13. Päästöt veteen 1000 kg kasvihuonekurkkua kohden.

4.1.2.3 Jätteet

Kasvihuonekurkun elinkaaren aikaisten jätteiden arvioimista varten tietoja saatiin varsinaisen pääprosessin eli kurkun viljelyvaiheen osalta (ks. kuva 14). Tuotantopanosten jätetiedot olivat niin puutteellisia, että ne katsottiin parhaaksi jättää pois tarkastelusta. Saatujen tietojen perusteella kurkun viljelyprosessissa syntyy pääosin kasvijätettä (76 %), joka on peräisin turvealustoista ja kurkkukasvustosta. Loput jätteet ovat peräisin kasvihuoneessa käytävistä alusmuoveista, muoviruukuista, lannoitesäkeistä ja kasvialustojen ympärillä olevista muoveista.

Tutkimuksessa mukana olleessa puutarhassa kaikki muovijäte lajitellaan ja toimitetaan polttolaitokselle energiantuotannon raaka-aineeksi. Kasvijäte kompostoidaan ja valmis komposti levitetään puutarhan viheralueille ja pelloille. (Mikkola 2003, s. 42).



Kuva 14. Jätteet 1000 kg kasvihuonekurkkua kohden (ei sisällä tuotantopanosten jätteitä).

4.1.3 Kalan elinkaari -palvelu

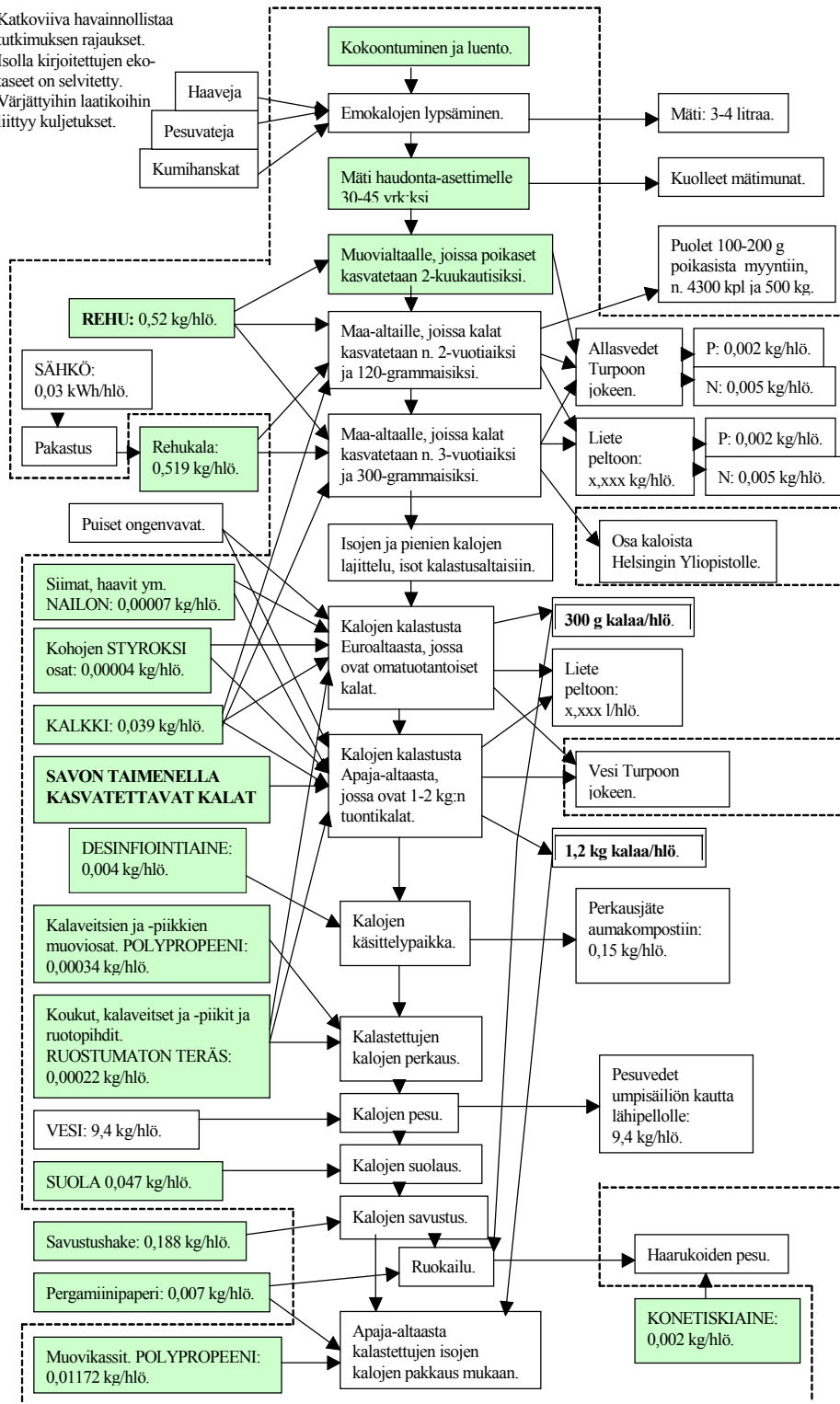
Kalan elinkaari –palvelu sisältää kuvassa 15 esitetyt vaiheet. Sen tavoitteena on mahdollisimman havainnollisesti kuvata asiakkaille kalan elämänkaaren eri vaiheet sekä tutustuttaa asiakkaat kalastuksen maailmaan. Tutustuminen alkaa luennosta, jonka jälkeen seuraa demonstrointi emokalojen lypsämisestä. Tämän jälkeen kalan kehitystä seurataan allas altaalta aina 1,2 kiloisiin kirjolohiin asti. Myös kalastus, kalojen perkaus ja savustus kuuluvat palveluun. Lisäksi asiakkaiden tekemät matkat (henkilöautolla tai bussilla) palvelupaikalle sisältyivät tämän selvityksen elinkaarilaskelmiin, mutta matkoja ei merkitty kuvan 16 virtauskaavioon, sillä ne eivät sisälly varsinaiseen Kalan elinkaari-palveluun. (Tommiska 2003, s. 8).

Koska kalankasvatustoiminta liittyy kiinteästi Kalan elinkaari –palveluun, on tässä tutkimuksessa selvitetty myös siitä aiheutuvat ympäristökuormitukset. Kala-Apajalla kalastetaan omatuotantoisten kalojen lisäksi kotimaisella kalanviljelylaitoksella kasvatettuja kaloja (n. 80 % kalastettavista kaloista), joten myös niiden kasvatuksesta ja kuljetuksista aiheutuvien ympäristökuormien määrittäminen on ollut yksi tärkeä osa inventaarioselvitystyötä. Keskimäärin asiakkaan kalastamien kalojen yhteismassa on 1.5 kg (1.2 kg:n kokoinen iso kala ja 0.3 kg:n kokoinen pieni kala). Tätä kohden päästöt on kohdennettu (Tommiska 2003, s. 8).

Selvityksessä ei huomioitu tuotteita, joiden nähtiin olevan ympäristövaikutuksiltaan vähäisiä. Tällaisia ovat mm. pärekorit sekä Kala-Apajan lähimetsän puista saatavat ongenvat. Myös poikaskasvatuksessa tarvittavat välineet (ts. haavit, muovihanskat, pesuvadit) jätettiin arvioinnin ulkopuolelle niiden pitkän käyttöiän tai erityisen pienen kulutuksen vuoksi. Lisäksi tarkastelun ulkopuolelle oli jätettävä osa tuotteista, joiden valmistus – ja elinkaari-tiedoista ei yksinkertaisesti ollut tietoa saatavilla.

KALAN ELÄMÄNKAARI –PALVELUN VIRTAAUSKAAVIO

Katkoviiva havainnollistaa tutkimuksen rajaukset. Isolla kirjoitettujen ekotaseet on selvitetty. Värjättyihin laatikoihin liittyy kuljetukset.



Kuva 15. Kalan elinkaari -palvelun virtauskaavio (Tommiska 2003, liite 1).

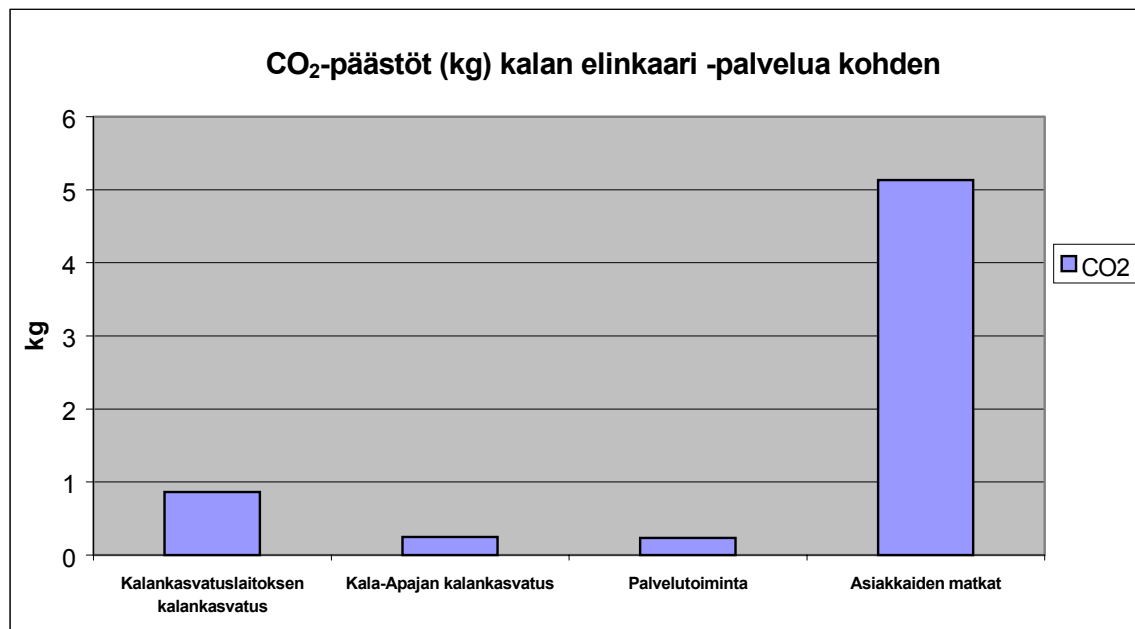
Joidenkin tuotteiden osalta vain raaka-aineen valmistuksen tietojen käyttäminen oli mahdollista, kun itse tuotteen valmistusprosessista ei tietoja ollut saatavilla (Tommiska 2003, s. 10-11).

Kalan elinkaari-palvelun tietoja tarkasteltaessa huomioitavaa myös on, että itse palvelun osalta suurin osa tiedoista on pelkkiä arvioita. Kalan elinkaari –palvelulla vaiheineen ei ole viralliseksi määrättyä toimintamallia eikä vakiintunutta käytäntöä esim. kalastettavien kalojen määrästä, vaan palvelu toteutetaan aina tilanteen mukaan. Poikkeustilanteet vaikuttavat tuloksiin, mutta niitä ei ole otettu huomioon tutkimuksessa. (Tommiska 2003, s. 13).

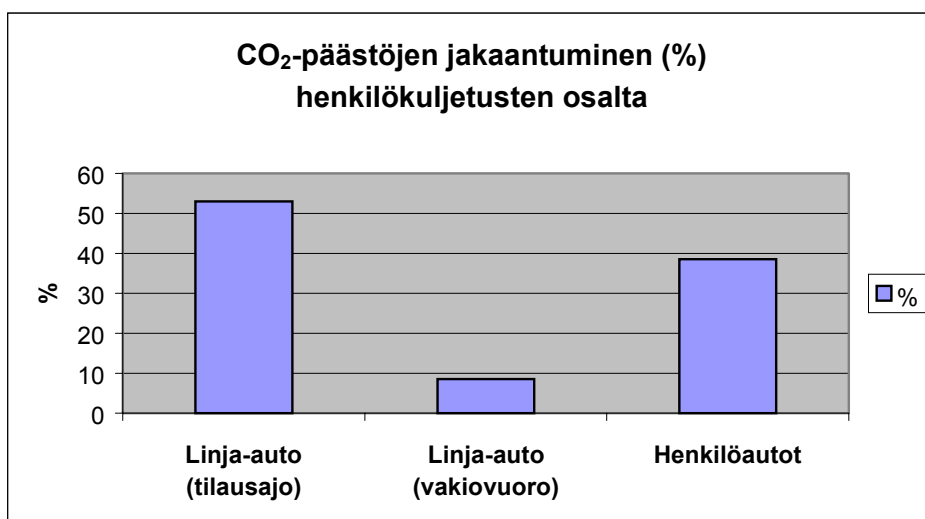
4.1.3.1 Päästöt ilmaan

Selvityksessä saatujen tietojen perusteella kalan elinkaari –palvelun elinkaaren aikaisista hiilidioksidipäästöistä suurin osa syntyy asiakkaiden tekemistä matkoista Kala-Apajalle linja- tai henkilöautoilla (n. 80 % kaikista CO₂-päästöistä, ks. kuva 16). CO₂- päästöistä suurin kuormitus (n. 53 %) aiheutuu linja-autojen tilaus-ajo kuljetuksista (ks. kuva 16 ja 17). Kalan elinkaari –palveluun osallistuu vuosittain noin 500 henkilöä. Näistä arviolta 66 % saapuu Pääkaupunki-seudulta linja-autolla, joista suurin osa, n. 94 % tilausajobusseilla ja loput 4 % vakiovuorobusseilla. Noin 30 % asiakkaista arvioidaan saapuvan paikalle henkilöautolla noin 60 kilometrin säteeltä. (Tommiska 2003, s. 15 ja 34-35).

Kotimaisen kalankasvatuslaitoksen suurimmat CO₂-päästöt (n. 80 %) johtuvat rehun tuotannosta. Kala-Apajan kalan kasvatus –prosessissa n. 60 prosenttia CO₂-päästöistä aiheutuu rehun tuotannosta ja n. 40 prosenttia tavarakuljetuksista. Palvelutoiminnan kuljetusten päästöistä suurin osa (n. 87 %) syntyy tavarankuljetuksista ja loput erilaisten palvelutoiminnassa käytettävien materiaalien tuotantoprosesseista. (Tommiska 2003, s. 36).

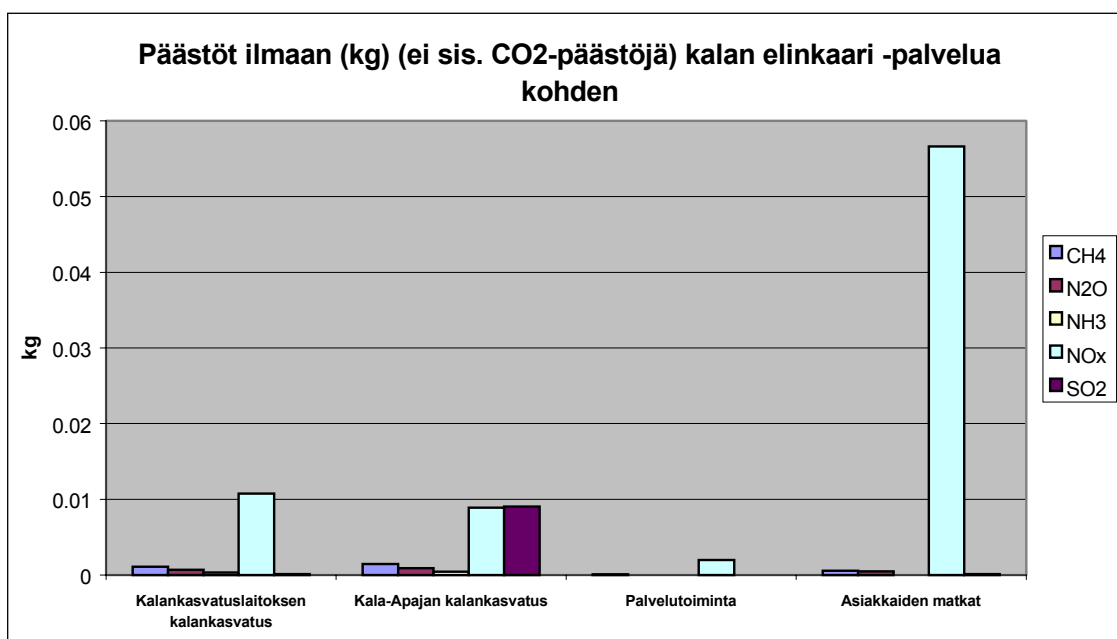


Kuva 16. Kalan elinkaari –palvelusta syntyvät CO₂-päästöt asiakasta kohti.



Kuva 17. CO₂-päästöjen jakaantuminen (%) henkilökuljetusten osalta.

Muiden ilmanpäästöjen osalta typen oksidien (NO_x) osuus havaittiin suurimmaksi tarkasteltavista päästöistä (ks. kuva 18). NO_x-päästöt johtuvat pääosin eri vaiheissa tapahtuvista kuljetuksista. Suurimmat päästöt aiheutuvat asiakkaiden tekemistä matkoista, joiden osuus kaikista NO_x-päästöistä on noin 70 prosenttia. (Tommiska 2003, 2. 35-36).



Kuva 18. Muut päästöt ilmaan kalan elinkaari -palvelua kohden.

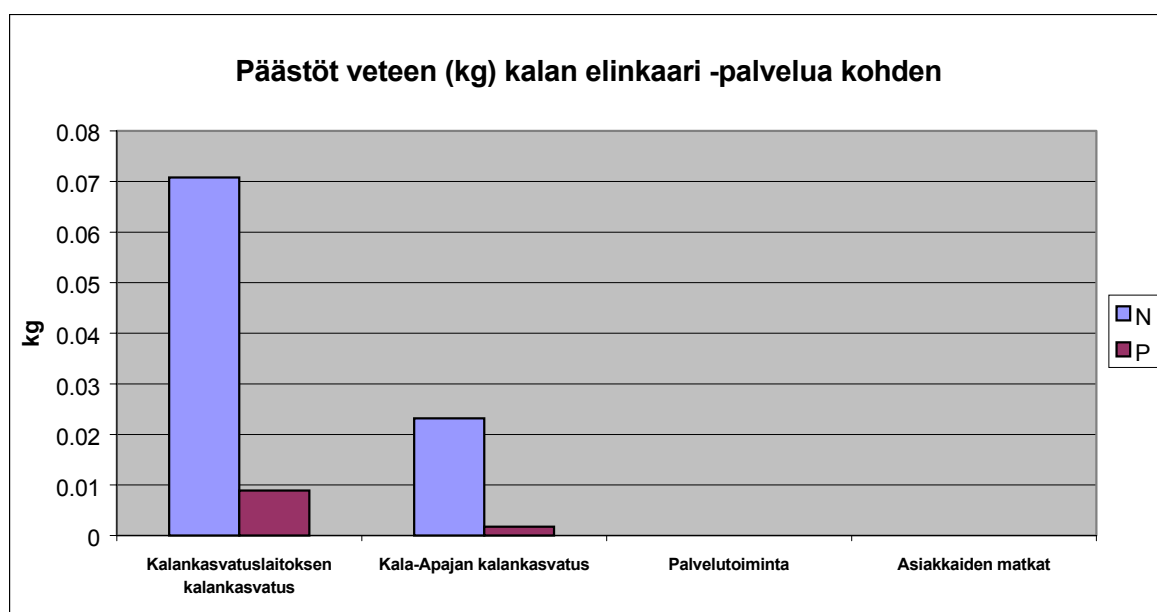
4.1.3.2 Päästöt veteen

Vesipäästöjen osalta selvityksessä huomioitiin typpi (N) ja fosfori (P). Saatujen tietojen perusteella suurin osa palvelun typpi- ja fosforipäästöistä aiheutuu kotimaisen kalankasvattamon kalan kasvatusprosessista (ks. kuva 19). Prosessi pitää sisällään varsinaisen kalankasvattamon lisäksi rehu- ja poikastuotantoprosessit. Kala-Apajalla kalastettavista kaloista noin 80 % tuodaan kalankasvattamolta. (Tommiska 2003, s.34 ja 38).

Kaloille syötettävä rehu aiheuttaa suurimman osan kalan kasvatuksessa syntyvistä ravinnepäästöistä. Ravinteet ovat pääasiassa typpeä ja fosforia. Ravinnekuormitus ja aiheutuvat ympäristövaikutukset riippuvat rehun ravinnepitoisuudesta, ravinteiden käyttökelpoisuudesta leville sekä rehun käyttömäärästä suhteessa kalan kasvuun. (Seppälä ym. 2001, s. 133).

Kalankasvatustiluksilla kirjolohen ruokinnassa käytetään pääosin kuivarehua. Kuivarehujen fosforipitoisuus on keskimäärin 1.18 % ja typpipitoisuus n. 7.5 %. Fosfori on kaloille välttämätön kivennäisaine, joka tulee kalanrehuun pääasiassa kalajauhosta. Fosfori, jota kala ei pysty hyödyntämään joutuu vesistöön joko ulosteissa tai virtsan mukana. Rehujen sisältämä typpi on taas peräisin kalanrehun valkuaisaineista. Rehun valkuaisaineiden sulavuus on yleensä korkea (90 %), minkä vuoksi typpeä joutuu vesistöön erittäin vähän. Kala-Apajalla käytetyn rehun (2250 kg/vuosi) sisältämästä fosforista arvioidaan jäävän veteen n. 7.5 kg ja sitoutuvan lietteeseen 7.5 kg. Tyyppistä puolestaan veteen jää 98 kg ja sitoutuu lietteeseen 22.7 kg. (Tommiska 2003, s. 18-19; Silvenius 2000, s. 14).

Kalan kasvatusta on Kala-Apajalla pienimuotoisempaa ja kasvu hitaampaa kuin kalanviljelylaitosten kalantuotannossa (Kala-Apajalla kalan kasvu noin 4-5 kertaa hitaampaa kuin tehokasvatuksessa). Kasvatustoiminnan voidaan olettaa olevan tehokasvatusta luonnomukaisempaa, sillä esimerkiksi allasvesiä ei lämmitetä missään vaiheessa ja tuotannossa ei käytetä rokotteita eikä antibiootteja. Kala-Apajalla rehua käytetään poikasten kasvatuksessa. Tämän jälkeen kalat elävät veden luontaisilla eliöillä, pohjaeläimillä ja hyönteisillä sekä syöteistä saamallaan ravinnolla. (Tommiska 2003, s. 40)



Kuva 19. Kalan elinkaari –palvelusta aiheutuvat päästöt veteen kalan elinkaari -palvelua kohden.

4.1.3.3 Jätteet

Kalan elinkaari –palvelun elinkaaren aikana syntyvistä jätteistä oli mahdollisuus arvioida ainoastaan varsinaisen pääprosessin osalta syntyvät jätteet. Tuotantopanosten jätteistä ei monin paikoin ollut tietoa saatavilla. Siksi ne päätettiin jättää kokonaan tarkastelun ulko-

puolelle. Pääprosessissa eniten jätettä syntyy altaisiin muodostuvasta lietteestä. Määrä yhtä asiakasta kohden on noin 0.32 kg. Liete sisältää yleensä kala-altaissa muodostunutta biomassaa, kalojen ulostetta ja syömättä jäänyttä rehua. Liete levitetään pelloille tai kukkapenkkiin. Toiseksi eniten palvelun käyttämisestä on arvioitu aiheutuvan perkausjätettä, noin 0.15 kg asiakasta kohden. (Tommiska 2003, s. 38-39).

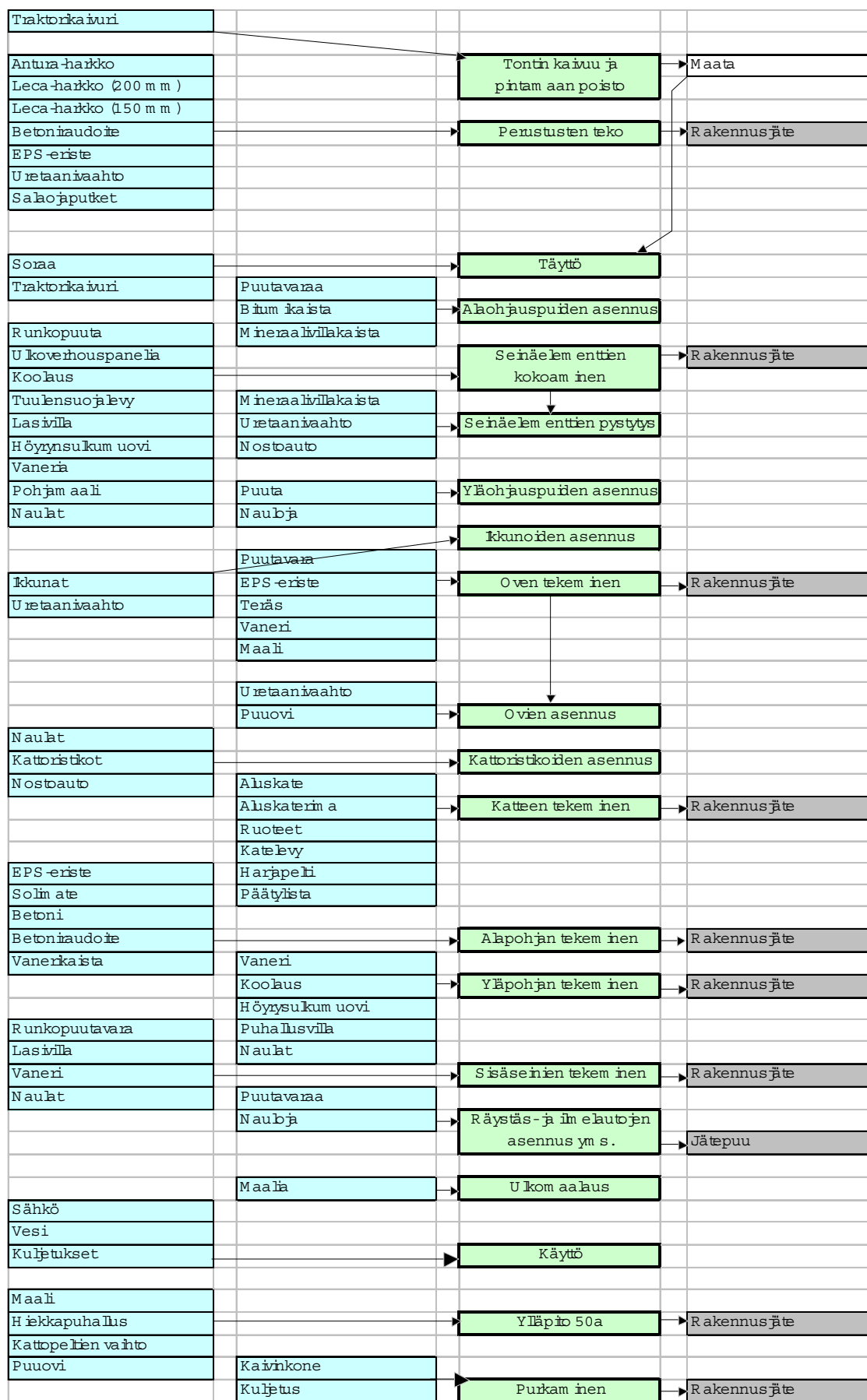
4.1.4 Hevostallirakennus

FM-Haus Oy:ltä tutkittavaksi tuotteeksi valittiin 147 m² –kokoinen puuverhoiltu hevostalli-rakennus, joka on mitoitettu maksimissaan kahdeksalle hevoselle pesutiloineen. Ympäristökuormat määritettiin paitsi rakentamisen myös rakennuksen käytön, ylläpidon sekä purkamisen osalta (ks. kuva 20). Inventaariotiedot kerättiin tutkimuksista, kyselemällä tietoja yrityksiltä itseltään sekä haastattelemalla asiantuntijoita.

Vaikka rakennusteollisuudessa elinkaariarviointi-menetelmää on sovellettu enemmän kuin monilla muilla teollisuuden aloilla, oli inventaariotietojen saaminen eri tuotteista ja materiaaleista vaikeaa. Tehdyt elinkaariselvitykset sisältävät usein tarkkoja tietoja tuotteista ja ovat näin ollen liikesalaisuuksia. Toisaalta osa selvityksen tehneistä asiantuntijayrityksistä ei voinut luovuttaa tietoja julkiseen käyttöön. Siksi varsin monista tuotteista ei ollut saatavilla valmiita ekotasetietoja. Tällöin kuitenkin selvitettiin valmistukseen käytetyt raaka-aineet ja huomioitiin niiden valmistuksesta aiheutuvat ympäristökuormat. Tarkemmat tiedot valinnoista ja rajauksista löytyvät inventaarioselvityksestä Pesonen 2003.

Koska FM-Haus Oy on kokoonpanija yritys ja kaikki rakentamiseen tarvittavat tuotteet ja materiaalit tulevat monista eri yrityksistä, nähtiin työssä tarpeelliseksi kiinnittää huomiota erityisesti tuotantopanosten logistiikkaketjuihin. Kuljetusmatkat tuotantolaitokselta FM-Hausin tehtaalle ja sieltä edelleen rakennuspaikalle sekä ajoneuvotyypit selvitettiin työssä varsin tarkasti. Tämä vei paljon aikaa ja siksi pakkaukset päätettiin jättää tarkastelun ulkopuolelle. Muut rajaukset löytyvät luvuista 4.1.4.1-4.1.2.2 sekä inventaarioselvityksestä (Pesonen 2003).

Rakennuksen käytön, ylläpidon ja purkamisen osalta tarkkoja arvioita oli mahdoton tehdä empiirisen tiedon puuttuessa. Perehtymällä kuitenkin hevostalouden ja puurakentamisen erityispiirteisiin sekä haastattelemalla asiantuntijoita (Jansson 2003, Kivinen 2003), voitiin tehdä arviot esimerkiksi maalien käyttömääristä ja -kerroista sekä veden ja sähkön kulutuksesta. Rakennuksen käyttöäksi arvioitiin 50 vuotta (Sjöman 2003), jota kohden käytön ja ylläpidon ympäristökuormat on laskettu. Tarkasteltavan hevostallirakennuksen sijainniksi valittiin hevosista tunnettu Ypäjän kunta, johon kuljetusmatkat on kohdennettu.



Kuva 20. Hevostallirakennuksen virtauskaavio (Pesonen 2003, s. 15).

4.1.4.1 Päästöt ilmaan

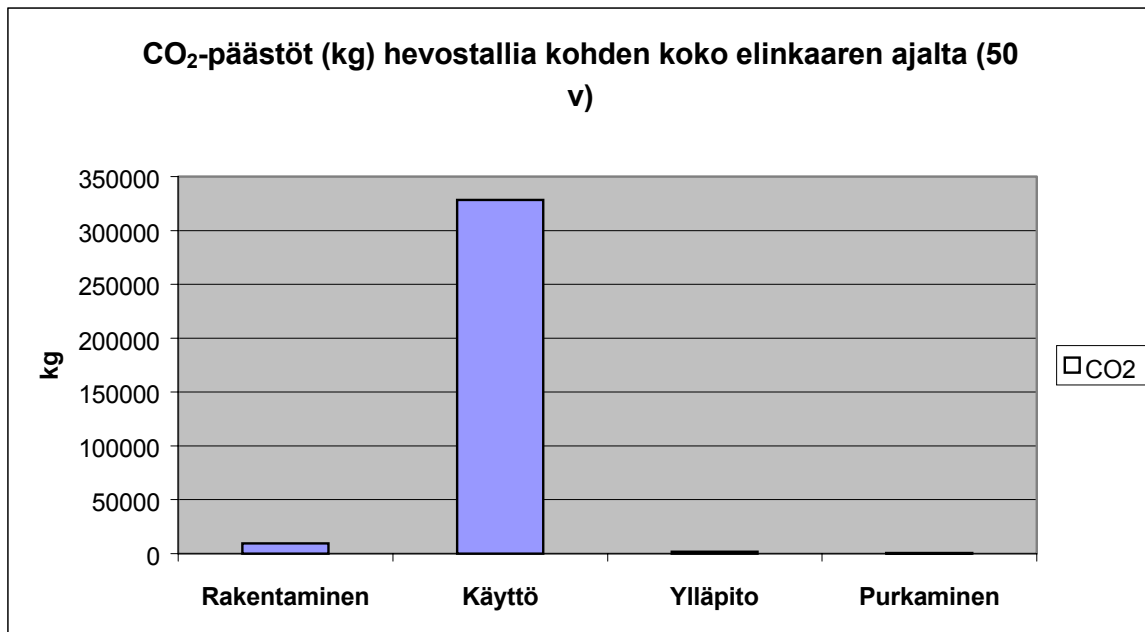
Kuten kuvasta 21 voi havaita suurimmat CO₂-päästöt syntyvät hevostallirakennuksen käytön aikana. Noin 95 % käytön aikaisista CO₂-päästöistä johtuu kuljetuksista. Rakennuksen käytön osalta huomioitiin ainoastaan sähkön ja veden kulutus sekä hevosten hoitajien ja valmentajien matkat. Tallin oletettiin olevan valmennustalli, jossa kahdeksan hevosen hoitamiseen arvioitiin tarvittavan vähintään kaksi hoitajaa ja kaksi valmentajaa. Sekä hoitajien että valmentajien matkaksi valittiin 40 km (edes takaisin) ja kuljetusvälineeksi henkilöauto. Hoitajien matkat laskettiin päivittäisten käyntien perusteella, mutta valmentajien oletettiin käyvän tallilla vain kaksi kertaa viikossa. Hevosten ruokintaan tai valmentamiseen tarvittavien materiaalien tuotantoprosesseja sekä kuljetusmatkoja ei siis selvityksessä huomioitu. (Pesonen 2003, s. 21 ja 27).

Sähköä tallirakennuksessa arvioitiin tarvittavan valaistukseen, veden lämmittämiseen sekä ilmastointiin. Tallin lämmittämiseen ei tässä selvityksessä arvioitu sähköä kuluvan, sillä tutkittavan tallin valmistajan mukaan useimmissa heidän toimittamissaan talleissa ei varsinaiseen tallin lämmittämiseen sähköä tarvita. Hevoset tuottavat lämpöä itse. Normaalioissa lämpötila ei laske alle + 5 asteen, mikä on raja hevostallin lämpötilalle (Sjöman 2003). Päivittäin käytetyksi vesimääräksi arvioitiin 68 l/hevonen. Luku sisältää hevosen päivittäisen juomaveden tarpeen sekä hevosen ja tallipaikan pesun. Arvio on tehty Ypäjän hevosopistolla. (Pesonen 2003, s. 21).

Itse rakentamisen osalta suurimpien CO₂-päästöjen havaittiin aiheutuvan perustusten teko- vaiheessa ja siinä ennen kaikkea leca- ja antura-harkkojen tuotantoprosesseissa. Myös seinäelementtien kokoamis- ja kattopeltien valmistusvaiheissa CO₂-päästöjä syntyy varsin paljon. (Pesonen 2003, s. 25).

Ylläpitovaiheen suurimmaksi CO₂-kuormittajaksi osoittautui katon korjaaminen (n. 73.5 %). Toimenpide joudutaan tekemään keskimäärin kerran 50 vuoden aikana. Hiekkapuhalluksen osuudeksi arvioitiin n. 15 % ja maalien valmistuksen 9 %. Puuverhoiltujen rakennusten maalausvälit vaihtelevat maalaustyypin mukaan. Tutkittuun rakennukseen käytetään maalia, jonka sideaine sisältää akrylaattia. Maalityyppi edellyttää seinäpinnan uudelleenmaalausta keskimäärin 15-20 vuoden välein. Näin maalauskertoja arveltiin kertyvän kolme 50 vuoden aikana. (Pesonen 2003, s. 23).

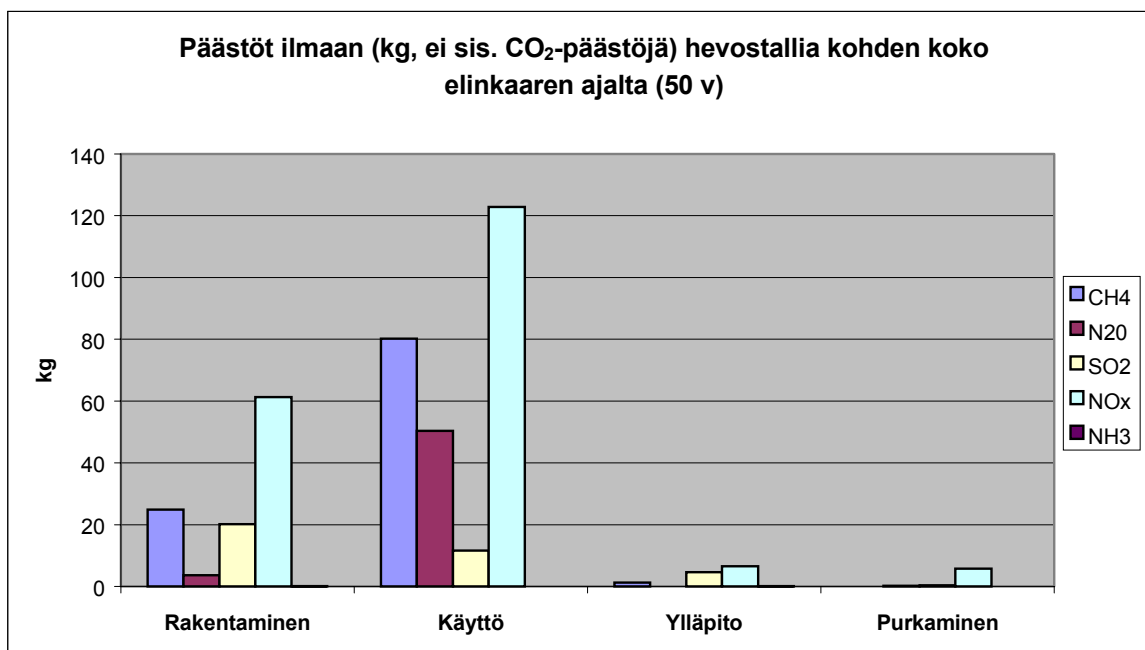
Purkuvaiheen osalta huomioitiin kaivinkoneen käyttö sekä rakennusjätteen kuljetukseen tarvittavan kuorma-auton päästöt. Saatujen tulosten perusteella 63 % CO₂-päästöistä johtuu kaivinkoneen käytöstä. Kaivinkonetta arveltiin tarvittavan kaksi työpäivää eli n. 16 tuntia. Kuorma-auton kuljetuskilometreiksi arvioitiin yhteensä 400 km. Päästöjen arvioimiseksi käytettiin VTT:n LIPASTO-laskentajärjestelmää.



Kuva 21. CO₂-päästöt hevostallirakennusta kohden koko elinkaaren ajalta (50 vuotta).

Muiden ilmanpäästöjen osalta typenoksidien (NO_x) osuus on suurin kaikissa elinkaaren vaiheissa. Käytön aikaisten NO_x-päästöjen osuus on noin 62 % kaikista typenoksidipäästöistä. Päästöt aiheutuvat pääosin kuljetuksista. Rakentamisvaiheessa suurimmat NO_x -päästöt syntyvät perustusten tekovaiheessa leca-harkkojen valmistusprosessista.

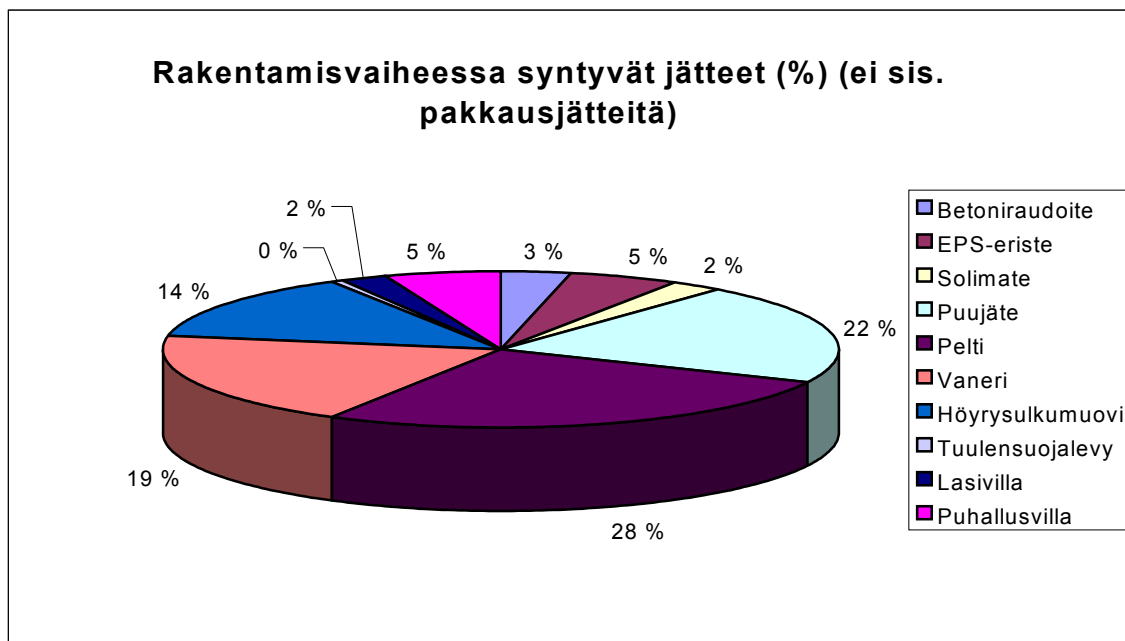
Myös metaani- (CH₄) ja typpioksiduulipäästöistä (N₂O) suurin osa aiheutuu rakennuksen käytön aikana. Suurimmaksi päästölähteeksi havaittiin kuljetukset. Rikkidioksidipäästöjä (SO₂) syntyy eniten rakentamisprosessissa, jossa suurin osa ks. päästöistä aiheutuu perustusten teko -vaiheessa. (Pesonen 2003, s. 24).



Kuva 22. Hevostallirakennuksen elinkaaren aikaiset ilmanpäästöt (ei sisällä CO₂-päästöjä).

4.1.4.2 Jätteet

Tutkimuksessa huomioitiin jätteiden osalta ainoastaan rakentamisvaiheesta syntyvät jätteet. Rakennuksen käytöstä ja ylläpidosta aiheutuvien jätteiden arvioiminen ei puutteellisten tietojen, työn aikataulun ja vähäisten resurssien vuoksi ollut mahdollista selvittää. Myöskään tuotantopanosten valmistuksesta syntyviä jätteitä ei voitu selvittää.



Kuva 23. Syntyvä jätteen määrä rakennusvaiheen osalta.

Rakennusvaiheen arvioitu jätteiden määrä sisältää paitsi itse rakennuspaikalla syntyvät, myös FM-Hausin elementtitehtaalla syntyvät jätteet hevostallirakennusta kohden. Tarkastelussa ei olla huomioitu pakkausjätteitä, koska ne jouduttiin tutkimuksen vähäisten resurssien vuoksi jättämään tarkastelun ulkopuolelle. On selvää, että pakkausjätteen huomioiminen laskelmissa olisi muuttanut tuloksia huomattavasti. Näin ollen tuloksia on tarkasteltava tehtyjen rajausten valossa.

Kuten kuvasta 23 voi havaita suurin jätemäärä syntyy katteen tekemisvaiheessa tarvittavasta kattopelistä (28 %). Toiseksi eniten syntyy puujätettä. Puuta tarvitaan rakentamisen elinkaaren monessa eri vaiheessa. Myös vanerijätettä on arvioitu syntyvän varsin paljon (n. 19 % kaikista jätteistä). Vaneria on seinäelementeissä, sisäseinissä sekä rakennuksen yläpohjassa. (Pesonen 2003, s. 25).

4.2 Vaikutusten arviointi

Vaikutusarviointivaiheen tavoitteena on arvioida inventaarianalyysistä saatujen tulosten avulla varsinaisia ympäristövaikutuksia. Inventaariotiedot jaetaan erilaisiin vaikutusluokkiin (happamoituminen, ilmastonmuutos, rehevöityminen jne.) ja lasketaan yhteisindikaattori kullekin vaikutusluokalle. (Loikkanen ym. 1992, s. 22).

Menetelmiä vaikutusten arvioimiseksi on monenlaisia. Tässä tutkimuksessa ympäristövaikutukset on arvioitu DAIA (decision analysis impact assessment) –vaikutusarviointimenetelmällä. Malli eroaa perinteisestä elinkaariarvioinnissa sovellettavasta menetelmästä siinä, että siinä otetaan huomioon karkealla tasolla päästölähteiden maantieteellisen aseman merkitys vaikutusten syntymiseen. (Seppälä ym. 2001, s. 35).

Tutkimuksessa on huomioitu vaikutusarvioinnin kaksi ensimmäistä vaihetta: luokittelu ja karakterisointi –vaiheet (ks. luku 2.2.3). Normalisointi ja painottamisvaiheita ei arvioitu niihin liittyvien monien epävarmuuksien vuoksi. Normalisoinnissa suhteuttamiseen käytetyn tiedon tulee olla kerättyä samojen menetelmien, rajoitusten ja reunaehtojen puitteissa kuin toteutettu tutkimus vertailukelpoisuuden varmistamiseksi. Tämä ei ollut mahdollista tutkittavien tuotteiden osalta. Painottamisvaihe edellyttää eri vaikutusluokkiin kuuluvan tiedon yhteismitallistamista, mikä on saanut paljon kritiikkiä osakseen. Siksi painottamista ei nähty järkeväksi toteuttaa tässäkään työssä.

4.2.1 Valitut vaikutusluokat

Valtakunnallisen arviointimallin oletusvaikutusluokat ovat ilmastonmuutos, yläilmakehän otsonin väheneminen, aläilmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, vesien rehevöityminen, ekotoksisuus, monimuotoisuuden väheneminen sekä vesistöjen happipajaus.

Tässä selvityksessä valittiin tarkasteltavaksi vain tietyt vaikutusluokat eri tuotteiden osalta. Valitut vaikutusluokat ovat:

Palvikinkku, kurkku ja kalan elinkaari -palvelu

- *ilmastonmuutos*
- *rehevöityminen ja*
- *happamoituminen*

Hevostallirakennus

- *Ilmastonmuutos (ilmaston lämpeneminen)*
- *Happamoituminen*
- *Oksidanttien muodostuminen*

Palvikinkun osalta valittiin vaikutusluokiksi ilmastonmuutos, rehevöityminen ja happamoituminen, sillä maatalouden tiedetään vaikuttavan näihin ympäristöongelmiin merkittäväällä tavalla (ref. Katajajuri ym. 2000, s. 91-92). Kurkun osalta valitut vaikutusluokat

(ilmastonmuutos, rehevöityminen ja happamoituminen) valittiin siksi, että kasvihuonetuotannosta tiedetään aiheutuvan ravinteiden huuhtoutumista, päästöjä lämmityksen yhteydessä sekä jätteitä tuotannosta, joilla on vaikutusta valittuihin vaikutusluokkiin. (Meronen 1993, s. 19-22).

Myös kalan kasvatuksella on huomattavia ympäristövaikutuksia rehevöitymisen, happamoitumisen ja ilmastonmuutoksen kannalta. Nämä vaikutusluokat on huomioitu Suomen ympäristökeskuksen Kirjolohen tuotanto ja ympäristö – tutkimuksessa (Seppälä ym. 2001), jossa on arvioitu kirjolohen tuotannon elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset.

Hevostallin ympäristövaikutusluokat (ilmastonmuutos, happamoituminen ja oksidanttien muodostuminen) noudattavat yleistä ympäristövaikutusten tarkastelutapaa rakennusteollisuudessa. Rehevöitymis -vaikutusluokkaa ei huomioitu, koska talonrakennus ei vaikuta rehevöitymiseen merkittävästi volyyminsä verrattuna. Myöskään otsonikatoa aiheuttavien päästöjen luokittelua ei tehty, koska suomalaisessa rakennusmateriaaliteollisuudessa ei käytetä otsonikatoa aiheuttavia ponnekaasuja. Lisäksi terveydelle haitallisten ja ympäristölle myrkyllisten päästöjen luokittelua tai painottamista ei voitu huomioida, sillä niiden osalta puuttuvat vielä yleisesti hyväksytyt menettelytavat. (Häkkinen ym. 1997, s. 21 ja 110).

4.2.2 Vaikutusluokkien määrittäminen

Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos on yksi merkittävimmistä globaaleista ympäristövaikutuksista. Ilmastonmuutoksen todellisia vaikutuksia ei tarkalleen tiedetä, mutta ilmastonmuutoksesta oletetaan olevan globaalisti enemmän haittaa kuin hyötyä. Merkittävimmät ilmastonmuutokseen vaikuttavat päästöt ovat tämänhetkisen tiedon mukaan hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O) sekä halogeeniyhdisteet (mm. CFC, HCFC ja HFC). (ref. Katajajuuri ym. 2000, s. 42).

Ilmastonmuutosta on tässä tapaustutkimuksessa arvioitu ilmaston lämpenemispotentiaalin eli *GWP:n* (*Global Warming Potential*) avulla. Sen avulla voidaan arvioida kasvihuonekaasujen keskinäistä merkitystä. Kaasujen vaikutus ilmaston lämpenemiseen esitetään hiilidioksidiekvivalenteissa. Huomioimalla eri kaasujen elinikä ilmakehässä, saadaan eri aikatarkasteluväleille eri tulokset. Tässä tutkimuksessa ilmaston lämpenemispotentiaali on esitetty CO_2 -ekvivalenteina 100 vuoden tarkasteluväleille (ks. taulukko 6).

Taulukko 6. Kasvihuoneilmion voimistumiseen vaikuttavat päästöt ja vaikutusarviointikertoimet 100 vuoden tarkastelujaksolle (IPCC 2001).

Kaasu	GWP (100 vuotta)
CO₂	1
CH₄	23
N₂O	296

Happamoituminen

Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon vastustuskyvyn heikkenemistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Kullakin alueella on alueelle ominainen kyky vastustaa happamoittavaa laskeumaa (ts. neutraloida vetyioneja). (Seppälä ym. 2001, s. 36). Tärkeimmät happamoittavat yhdisteet ovat *rikkidioksidi (SO₂)*, *typen oksidit (NO_x)* ja *ammoniakki (NH₃)*. Ilmasta maahan happamoittavia yhdisteitä tulee märkälasseumana sateen mukana sekä ns. kuivalasseumana, jolla tarkoitetaan kaasuna ja hiukkasina tulevia aineksia. Happamoitumisesta voi seurata mm. metsien vaurioita ja lajistomuutoksia vesistöissä. Jotkut lajit voivat jopa hävitä kokonaan. (ref. Katajajuuri ym. 2000, s. 44).

Päästöjen happamoittavaa vaikutusta voidaan kuvata joko protonien määrällä päästökomponttia kohti (H⁺/kg päästökompontti) tai SO₂-ekvivalenteissa (SO₂/kg päästö). Tässä selvityksessä happamoittavia vaikutuksia on tarkasteltua SO₂-ekvivalenteissa.

Taulukko 7. Happamoitumiseen vaikuttavat päästöt ja vaikutusarviointikertoimet, SO₂ ekvivalentteina/kg (Seppälä 1999).

Päästö	Vaikutuskerroin
NO_x	0.2
SO₂	0.52
NH₃	0.85

Rehevöityminen

Rehevöitymisellä tarkoitetaan kasvien perustuotannon kasvua. Vesissä se ilmenee veden samenessena, vesikasvillisuuden lisääntymisenä sekä planktonlevien ja ranta-alueiden rihmalevien liiallisena kasvuna. Vesien rehevyystaso määritellään kasviplanktonin netto-tuotannon avulla: mitä suurempi tuotanto, sitä rehevämpi vesistö. Rehevöitymistä voidaan arvioida myös kasviplankton- ja rihmaleväbiomassojen avulla tai veden ravinnepitoisuuksien perusteella. Rehevöitymisen myötä lajisto muuttuu ja yleensä yksipuolistuu. Vesien rehevöityminen johtaa sinileväkukintojen ja runsaiden leväsiintymien yleistymiseen sekä mm. happikatoon ja kalaston muutoksiin. (ref. Katajajuuri ym. 2000, s. 92).

Rehevöittäviä yhdisteitä ovat *typpi (N)* ja *fosfori (P)* siltä osin kuin ne ovat liukoisessa muodossa. Rehevöitymistä tarkastellaan tässä tutkimuksessa vain vesiekosysteemin kan-

nalta, koska maaekosysteemien rehevöitymisen oletetaan olevan nykyisin Suomessa hyvin vähäinen ongelma. (ref. Katajajuuri ym. 2000, s. 92).

Vesistöjen rehevöitymisen kasvua rajoittaa yleensä joko typpi tai fosfori. Mikäli fosfori on rajoittava tekijä, ei rehevöitymistä tapahdu pelkästään typen määrän lisääntymisenä, vaan siihen tarvitaan myös fosforia. Rehevöitymisen mittayksikkönä käytetään fosfaattikiloa.

Taulukko 8. Rehevöitymiseen vaikuttavat päästöt ja vaikutusarviointikertoimet, kg PO₄⁻³/kg (Sepälä 1999).

Päästö	Vaikutuskerroin
N	0.434
P	3.04

Kurkun tuotannon ympäristövaikutuksia arvioitaessa, on huomioitu nitraattitypen (NO₃) vaikutus, sillä sen tuotannosta tiedetään aiheutuvan paljon nitraattityppipäästöjä. NO₃ :n on arvioitu vaikuttavan rehevöitymiseen alla olevan kertoimen mukaan:

NO₃	0.096
-----------------------	--------------

Tässä tutkimuksessa ei monien käytettyjen ekotasetietojen osalta ollut saatavilla tarkkaa informaatiota siitä, onko kyseessä liukoinen vai muu typpi ja fosfori. Rehevöitymiseen vaikuttavat päästöt on kuitenkin arvioitu liukoisen typen ja fosforin arvoilla (ks. taulukko 8). Tuloksia onkin syytä tarkastella näiden rajausten valossa.

Alailmakehän otsonin muodostuminen

Alailmakehän fotokemiallisten oksidanttien muodostumisella tarkoitetaan troposfäärissä eli alailmakehässä syntyvää otsonia, joka muodostuu auringonvalon ja lämmön vaikutuksesta typenoksidien (N₂O) läsnäollessa metaanin (CH₄), haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen (VOC) ja hiilimonoksidien (CO) hapetusprosessissa. Se on haitallista kasveille ja terveydelle aiheuttaen mm. sadon vähenemistä. (Penttinen ym. 2002, s. 43).

Taulukko 9. Oksidanttien muodostukseen vaikuttavat päästöt ja vaikutusarviointikertoimet. (Virtanen et al. 2002).

Päästö	Vaikutuskerroin
Eteeni (C₂H₄)	1
Metaani (CH₄)	0.007
CO	0.03
NMVOC	0.6

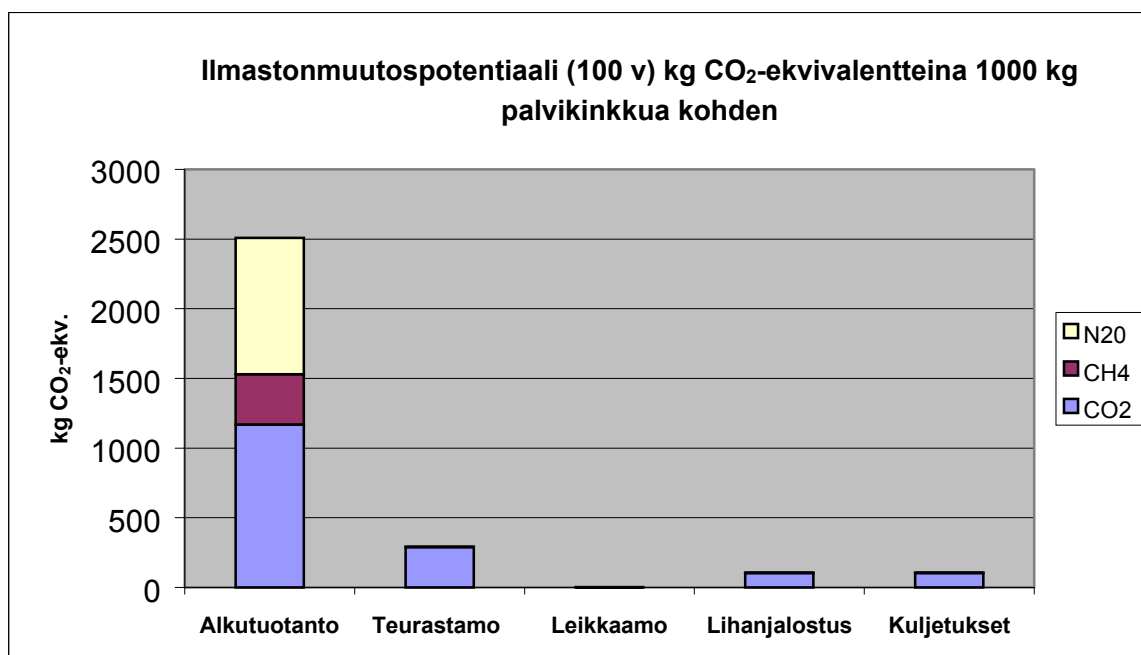
Kaikissa tarkastelluissa vaikutusluokissa on arvioitu vain tiettyjen (taulukoissa esitettyjen) päästöjen vaikutukset mainittuihin ympäristövaikutuksiin. Tämä johtuu siitä, että vain mainittujen päästöjen ympäristövaikutuksista on tutkittua tietoa.

4.2.3 Vaikutusarvioinnin tulokset

4.2.3.1 Palvikinkku

Ilmastonmuutos

Palvikinkun tuotantoprosessissa hiilidioksidilla (CO_2) on suurin vaikutus ilmaston lämpenemispotentiaaliin (ks. kuva 24). CO_2 -päästöjä aiheutuu kaikista elinkaaren vaiheista, mutta eniten alkutuotantoprosessissa. Tehdyn selvityksen mukaan päästöt aiheutuvat (ks. luku 4.1.1) alkutuotannossa pääosin rehuohran valmistusprosessista ja siellä nimenomaan kalkituksen käytöstä.



Kuva 24. Ilmastonmuutospotentiaali 1000 kg palvikinkkua kohden.

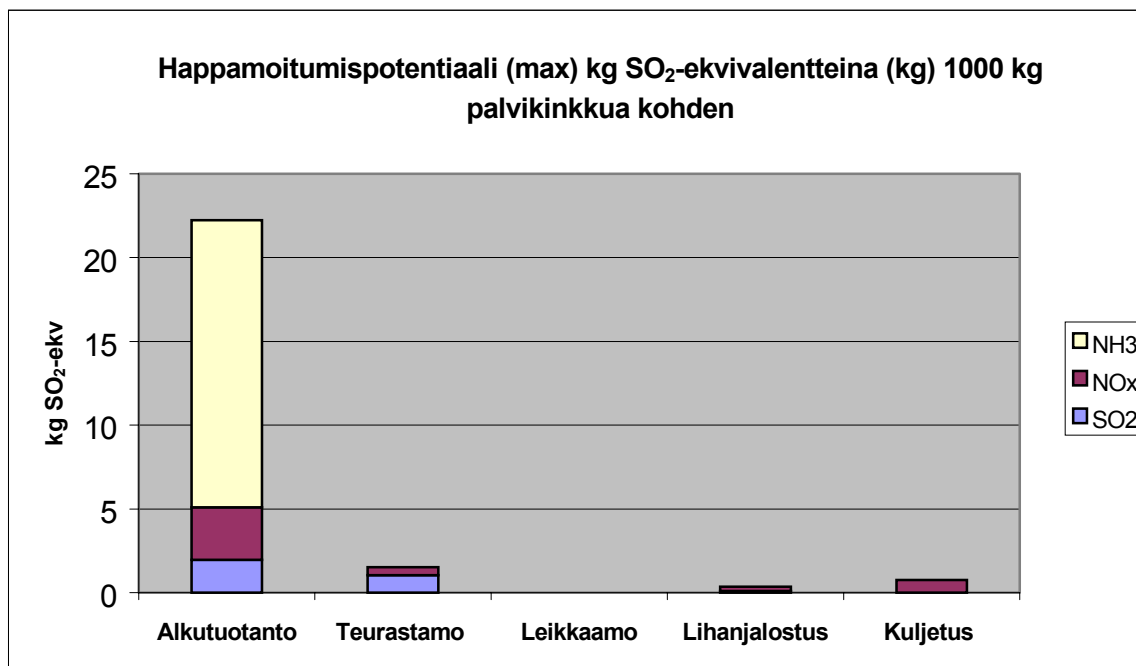
Vaikka typpioksiduuli (N_2O)-päästöjä vapautuu määrällisesti alkutuotantoprosessissa vain noin 1.5 % CO_2 -päästöihin verrattuna, on niiden vaikutus ilmastonmuutokseen 296 -kertainen CO_2 -päästöihin verrattuna. Tämän vuoksi CO_2 -ja N_2O -päästöillä on alkutuotantovaiheessa suunnilleen yhtä suuri vaikutus ilmaston lämpenemispotentiaaliin. N_2O -päästöt aiheutuvat pääosin lannoitteiden valmistuksesta.

Metaanipäästöjen (CH_4) vaikutus ilmastonmuutokseen on arvioitu olevan noin 23 -kertainen CO_2 -päästöihin verrattuna (ks. taulukko 5, s. 42). Siksi niiden osuus ilmastonmuutokseen vaikuttavana päästöinä on myös varsin suuri alkutuotantoprosessissa, vaikka määrällisesti CH_4 -päästöjä pääsee ilmaan vain noin 1.2 % CO_2 -päästöihin verrattuna. CH_4 -päästöistä tietoja saatiin vain karjasuojassa vapautuvien päästöjen osalta, joten niiden osuus on todellisuudessa suurempi (lannan varastoinnin ja levityksen yhteydessä vapautuvat päästöt).

Happamoituminen

Happamoitumisen osalta suurin vaikutuskerroin (0.85) on ammoniakilla (NH₃) (ks. kuva 25).

Ammoniakkipäästöt ovat palvikinkun tuotantoprosessissa suurin happamoitumiseen vaikuttava tekijä (n. 69 % kaikista happamoittavista päästöistä). Suurin osa NH₃-päästöistä syntyy alkutuotantoprosessissa ja siellä nimenomaan sian lietelannasta karjasuojassa sekä varastoinnin ja levityksen yhteydessä.



Kuva 25. Happamoitumispotentiaali 1000 kg palvikinkkua kohden.

Typenoksidipäästöjen (NO_x) vaikutus happamoitumiseen on vajaa 19 % kaikista happamoittavista päästöistä palvikinkun tuotantoprosessissa. Noin 67 % NO_x-päästöistä syntyy alkutuotanto-prosessissa ja päästöt johtuvat pääosin rehuohran tuotannossa käytettävistä työkoneneiden käytöstä. Kuljetukset aiheuttavat noin 17 % kaikista NO_x-päästöistä.

SO₂-päästöjen osuus kaikista ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä on noin 18 %. Alkutuotannossa niitä aiheutuu pääosin lihaskatiivisten tuotantoprosessissa ja teurastamo-vaiheessa käytettävien propanin, kevyen polttoöljyn ja sähkön tuotantoprosesseista. Muista vaiheista SO₂-päästöjä syntyy erittäin vähän koko palvikinkun tuotantoprosessia ajatellen.

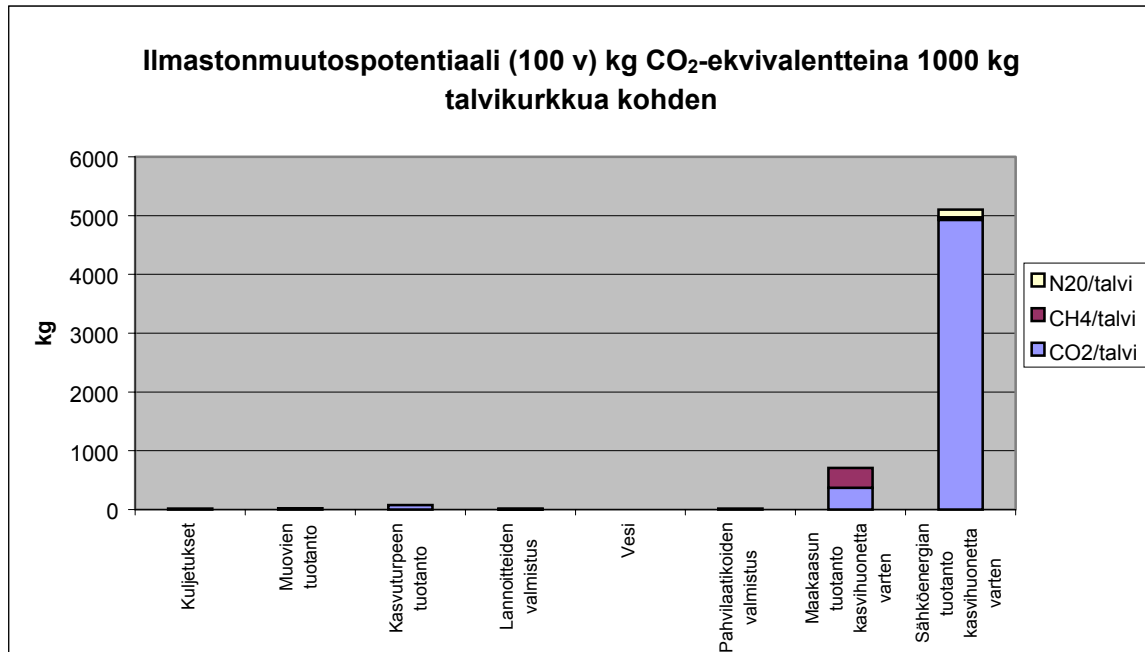
Rehevöityminen

Palvikinkun tuotantoprosessista aiheutuvia rehevöitymisvaikutuksia ei ollut mahdollista arvioida edes suuntaa-antavasti puutteellisten tietojen vuoksi. Alkutuotantoprosessin osalta ei ollut saatavilla luotettavia tietoja sian lietelannan levityksen aiheuttamista päästöistä veteen. Myöskään jätevesipäästötietoja alkutuotannon, leikkaamon ja lihanjalostuksen osalta ei pystytty selvittämään. Näin ollen rehevöittämisvaikutuksia ei voitu analysoida.

4.2.3.2 Kasvihuonekurkku

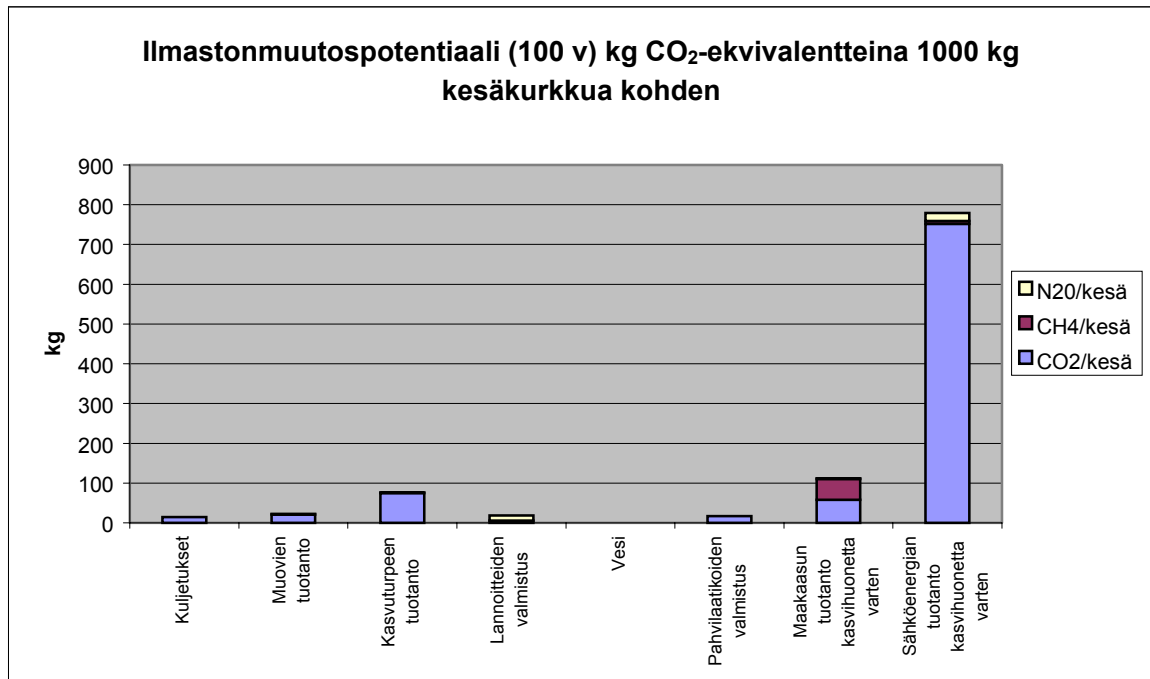
Ilmastonmuutos

Kasvihuonekurkun tuotannossa CO₂-päästöjen osuus on merkittävin ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä (ks. kuvat 26 ja 27).



Kuva 26. Ilmastonmuutospotentiaali CO₂-ekvivalentteina 1000 kg talvella kasvatettua kasvihuonekurkkua kohden.

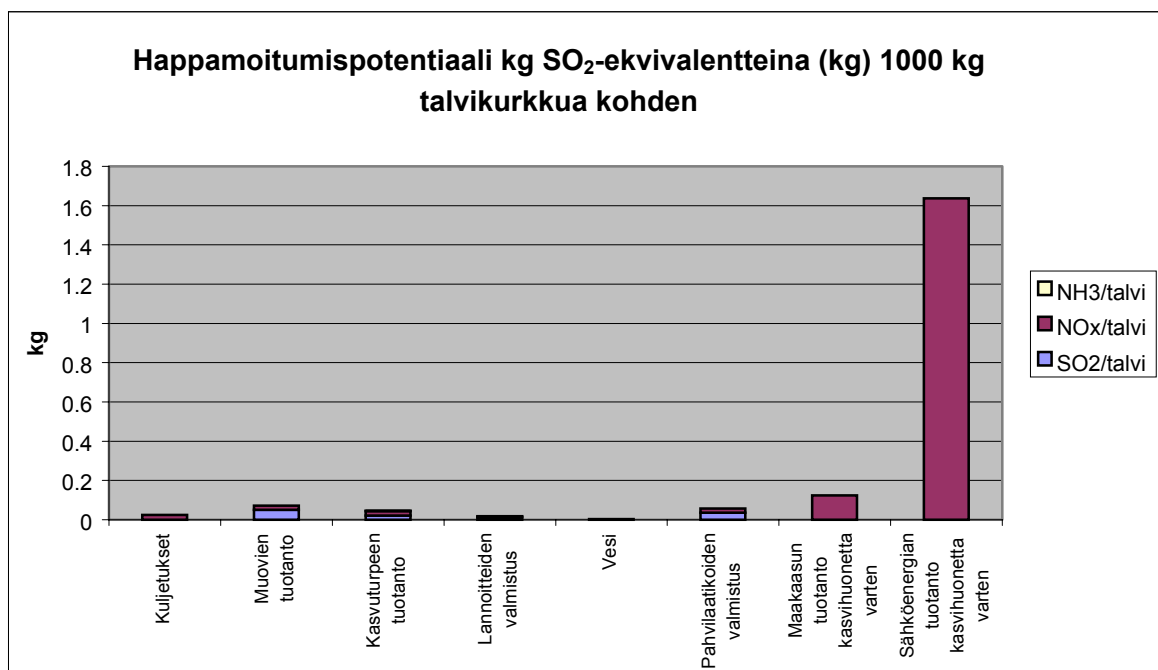
Noin 90 % ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä johtuu CO₂-päästöistä sekä talviettä kesäkurkulla. Päästöt johtuvat pääosin valaistuksessa käytettävän sähkön tuotantoprosessista. Vaikka metaani(CH₄)- ja typpioksiduulipäästöjen (N₂O) vaikutus ilmastonmuutokseen on moninkertainen CO₂-päästöihin verrattuna, jää niiden osuus kokonaispäästöistä vähäiseksi.



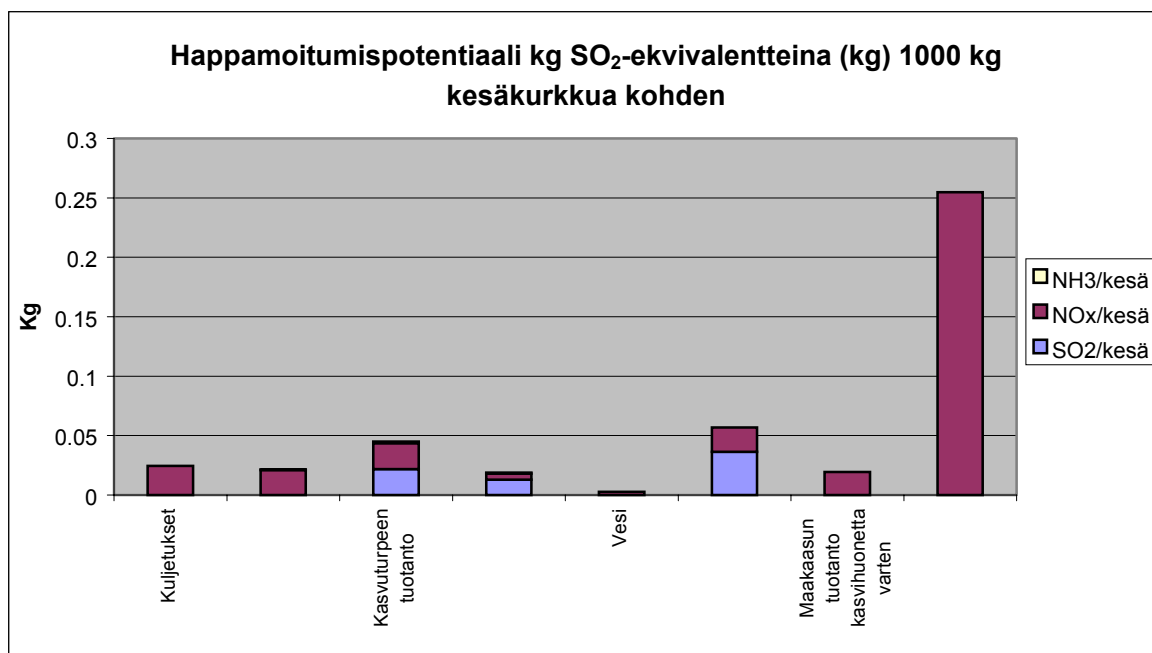
Kuva 27. Ilmastonmuutospotentiaali CO₂-ekvivalentteina 1000 kg kesällä kasvatettua kasvihuonekurkkua kohden.

Happamoituminen

Happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä typen oksidien (NO_x) osuus on selvästi suurin (ks. kuvat 28 ja 29).



Kuva 28. Happamoitumispotentiaali SO₂-ekvivalenttina 1000 kg talvella kasvatettua kasvihuonekurkkua kohden.



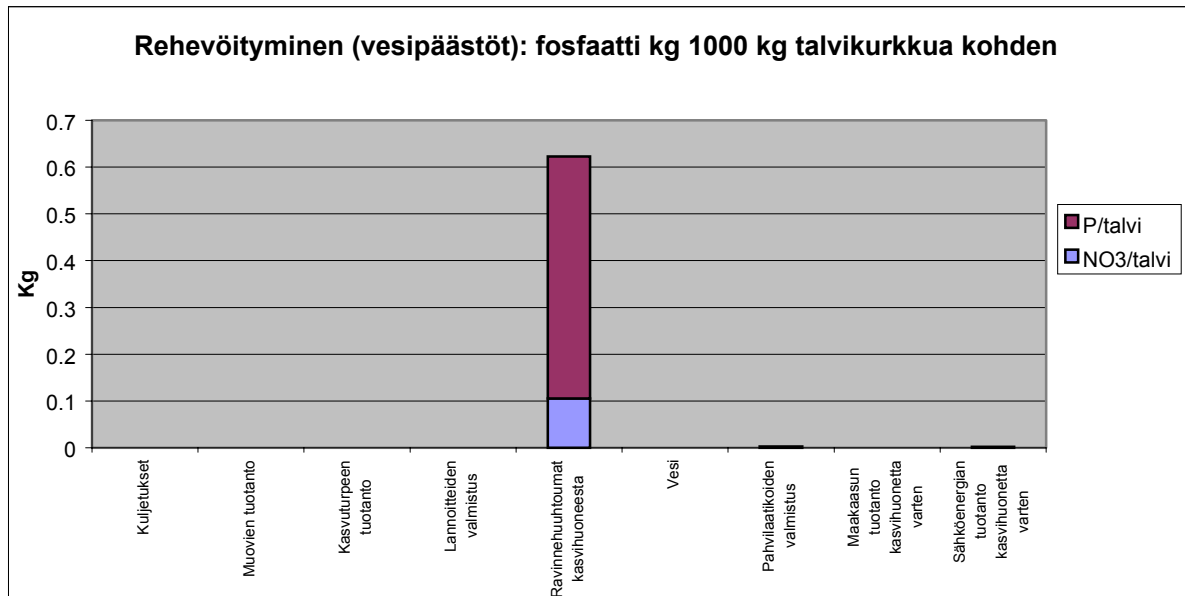
Kuva 29. Happamoitumispotentiaali SO₂-ekvivalenttina 1000 kg kesällä kasvatettua kasviuonekurkkua kohden.

Talvella tuotetun kurkun happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä noin 94 prosenttia aiheutuu nimenomaan NO_x-päästöistä. Vastaava luku kesäkurkulla on noin 83 prosenttia. Päästöt aiheutuvat pääosin valaistukseen tarvittavan sähköenergian tuotantoprosessista (ks. kpl 4.1.2.1).

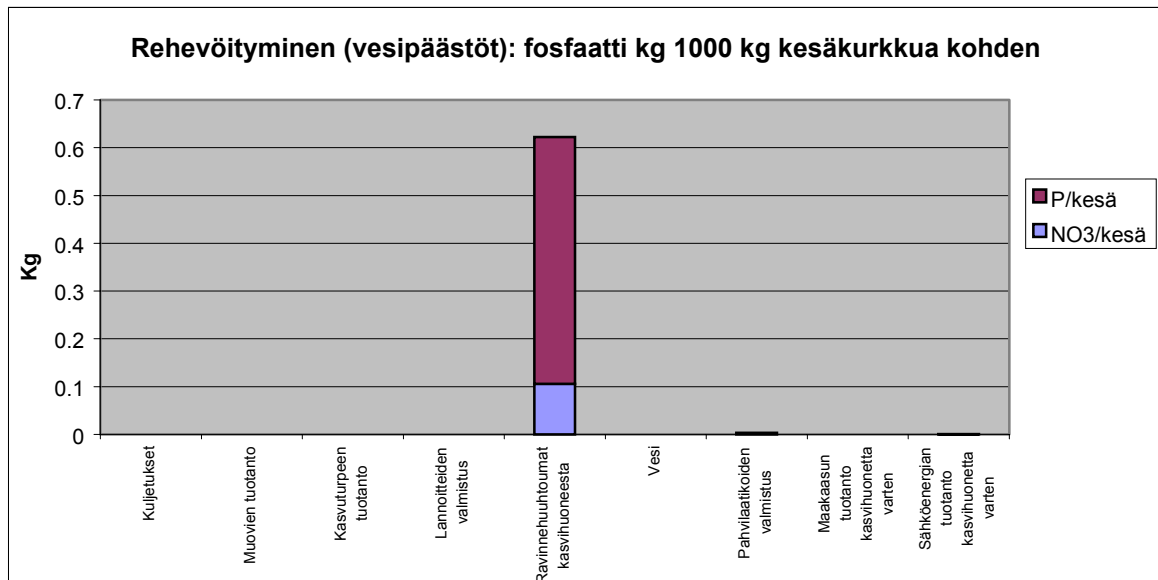
Rehevöityminen

Vaikka kurkun tuotantoprosessissa varsinaisten fosforipäästöjen (P) osuus kaikista ravinnepäästöistä on vain noin 15 prosentin luokkaa (ks. luku 4.1.2.2), on niiden vaikutus rehevöitymisen osalta suuri (ks. kuva 30 ja 31). Tämä johtuu fosforin suuresta vaikutuskertoimesta (3.04), mikä on seitsenkertainen tyypeen (0.434) verrattuna. Nitraattitypellä (NO₃) kerroinluku on vain 0.096.

Kasviuonekurkun tuotantoprosessissa suurin osa rehevöitymisestä (83 %) aiheutuu fosforipäästöistä. Päästöt johtuvat lähes sataprosenttisesti ravinnehuhtoutumista. Talvi- ja kesäkurkun tuotannon rehevöittäville vaikutuksilla ei ole suuria eroja. Ainoastaan valaistukseen ja lämmitykseen tarvittavan sähköenergian tuotantoprosessista aiheutuvat päästöt aiheuttavat pieniä eroja.



Kuva 30. Rehevöityminen (vesipäästöt): fosfaatti kg 1000 kg talvella kasvatettua kasvihuonekurkkua kohden.

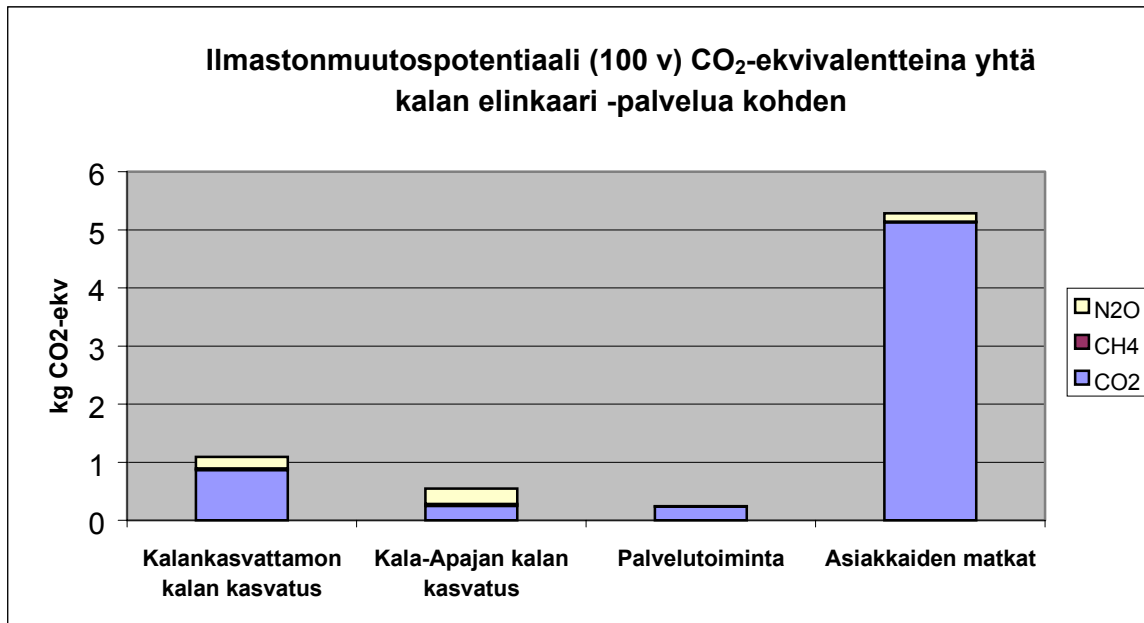


Kuva 31. Rehevöityminen (vesipäästöt): fosfaatti kg 1000 kg kesällä kasvatettua kasvihuonekurkkua kohden.

4.2.3.3 Kalan elinkaari –palvelu

Ilmastonmuutos

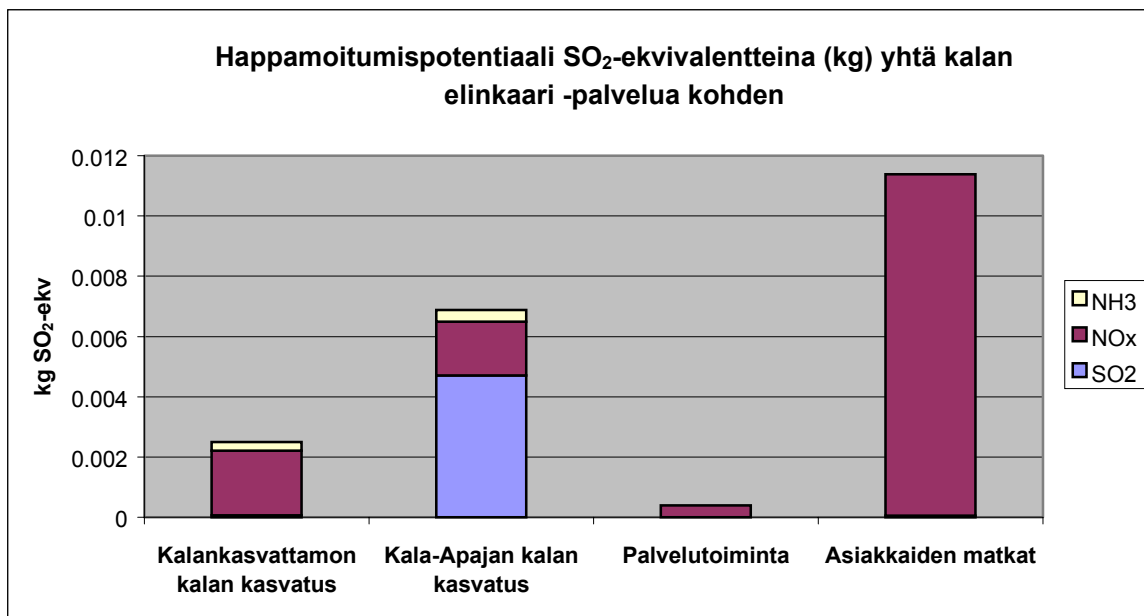
Kalan elinkaari –palvelussa CO₂-päästöjen vaikutus ilmastonmuutokseen on suurin (n. 90 % kaikista ilmastonmuutospäästöistä, ks. kuva 32). Vaikka N₂O-päästöjen vaikutus ilmastonmuutoksen kannalta on 296-kertainen CO₂-päästöihin verrattuna (ks. kpl 4.2.2), on niiden määrä kokonaispäästöistä suhteellisen pieni. Hiilidioksidipäästöjä aiheutuu eniten (n. 80 %) asiakkaiden tekemistä matkoista Kala-Apajalle. N₂O-päästöjen vaikutus ilmastonmuutokseen jää noin yhdeksän prosenttiin. N₂O –päästöt johtuvat pääosin rehun tuotannosta. Metaanipäästöjen osuus kaikista ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä jää alle yhden prosentin.



Kuva 32. Ilmastonmuutospotentialiaali (100 vuotta) CO₂-ekvivalentteina kalan elinkaari -palvelua yhtä asiasta kohden.

Happamoituminen

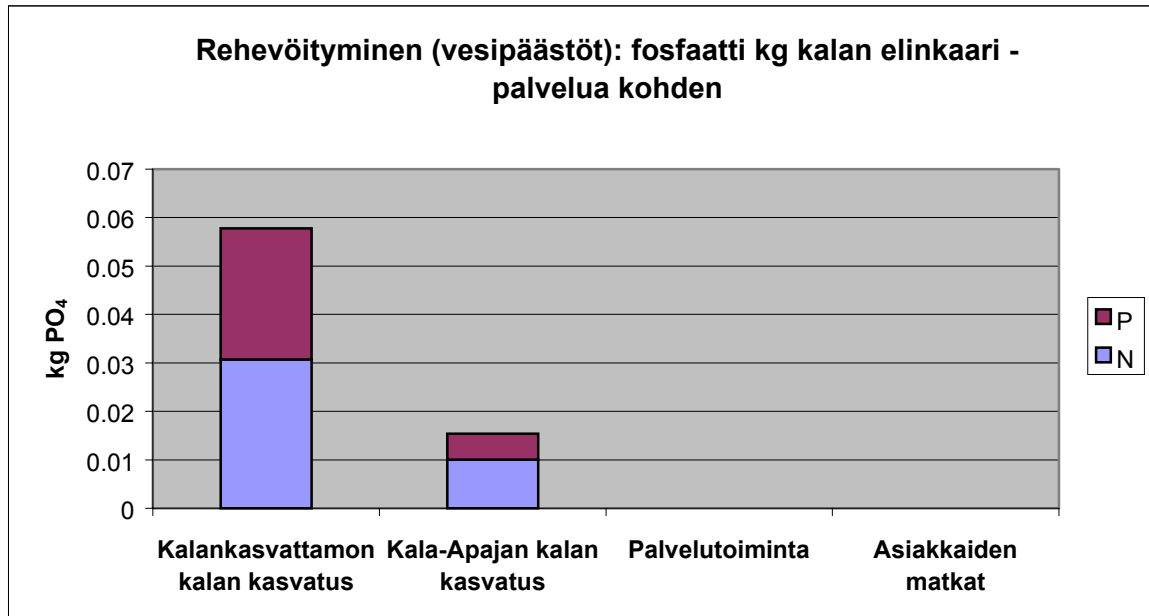
Happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä typen oksidien (NO_x) osuus on suurin (n. 74 % kaikista happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä ks. kuva 33). Päästöt johtuvat pääosin asiakkaiden tekemistä matkoista Kala-Apajalle. Rikkidioksidipäästöjen (SO₂) osuus happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä on noin 22 %. Eniten SO₂-päästöjä syntyy Kala-Apajan kalankasvatus-prosessissa, jossa ks. päästöt aiheutuvat pääosin Kala-Apajalla käytetyn rehun tuotantoprosessista. Rehuntuotannosta johtuvien ammoniakkipäästöjen (NH₃) vaikutus on vähäinen tarkasteltaessa palvelun koko elinkaarta.



Kuva 33. Happamoitumispotentialiaali (maksimiskenaario) SO₂-ekvivalentteina yhtä kalan elinkaari -palvelua kohden.

Rehevöityminen

Rehevöitymiseen vaikuttavia päästöjä syntyy pääasiassa kalan kasvattamon ja Kala-apajan kalankasvatus-prosesseissa. Verrattaessa kuvaa 34 inventaarioanalyysin kuvaan 19 (s. 41), voidaan havaita, että fosforipäästöjen vaikuttavuus korostuu rehevöitymisvaikutusta arvioidaessa. Fosforipäästöjen vaikutus on seitsenkertainen typpi-päästöihin verrattuna. Siksi pienikin määrä vaikuttaa rehevöitymisen kannalta varsin paljon.

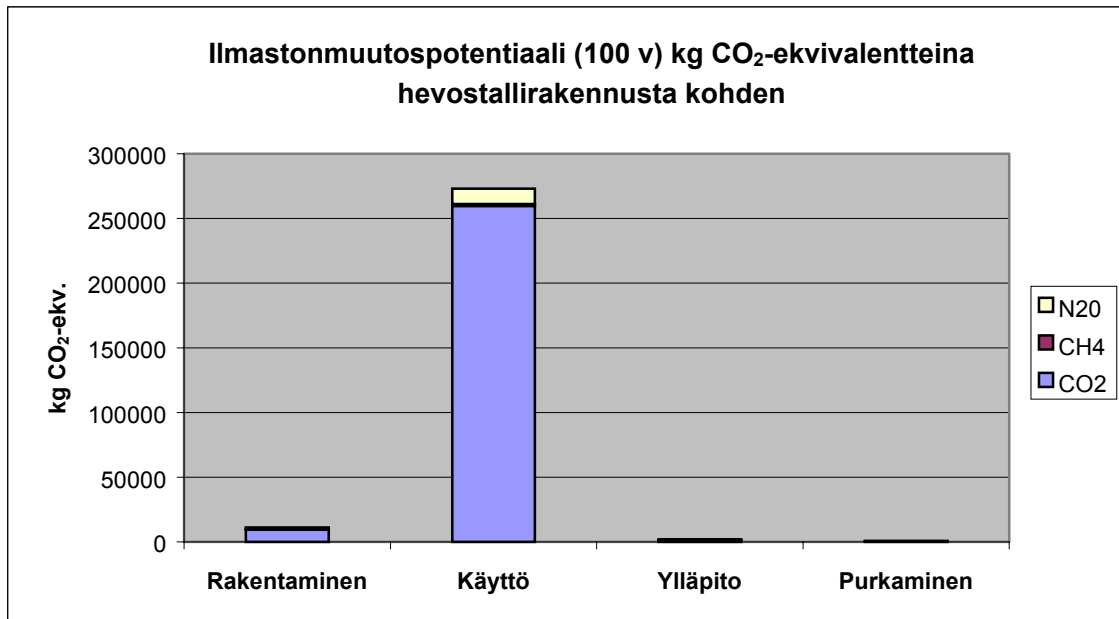


Kuva 34. Rehevöityminen: fosfaatti kg yhtä kalan elinkaari –palvelua kohden.

4.2.3.4 Hevostalli –rakennus

Ilmastonmuutos

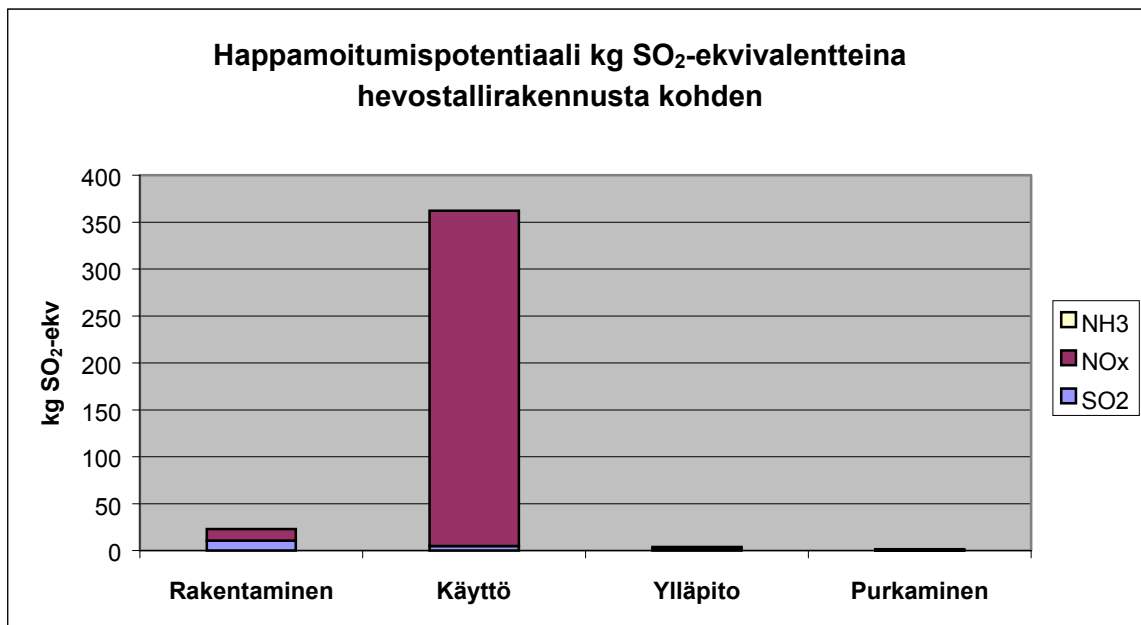
Tarkastellun hevostallirakennuksen elinkaaren aikaisista ilmastonmuutokseen vaikuttavista päästöistä hiilidioksidipäästöjen osuus on suurin (noin 95 %, ks. kuva 35). Valtaosa CO₂-päästöistä (n. 96 %) johtuu rakennuksen käytön aikana tehtävistä kuljetuksista.



Kuva 35. Ilmastomuutospotentiaali (100 v) CO₂-ekvivalentteina hevostallirakennusta kohden.

Happamoituminen

Myös happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä suurin osa johtuu käytön aikana tehdyistä kuljetuksista (ks. kuva 36).



Kuva 36. Happamoitumispotentiaali SO₂-ekvivalenttina hevostallirakennusta kohden.

Typenoksidipäästöt (NO_x) muodostavat valtaosan (noin 95 %) happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä. Rikkidioksidipäästöjä (SO₂) muodostuu eniten rakentamisvaiheessa ja siinä pääosin perustusten teko -vaiheessa.

Alailmakehän otsonin muodostuminen

Alailmakehän otsonin vaikutusten arvioiminen edes suuntaa antavasti osoittautui tässä selvityksessä mahdottomaksi tehtäväksi saatujen ekotasetietojen puutteellisuuden vuoksi. Siksi alailmakehän otsonin vaikutusten tarkastelu päätettiin jättää kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

4.3 Ympäristökustannusten laskenta

Tutkittavien tuotteiden elinkaaren aikaiset kustannukset arvioitiin tässä projektissa tehdyn mallin (Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool) avulla. Laskelmia tehtäessä havaittiin, ettei olemassa olevien tietojen perusteella ympäristökustannuksia ollut kuitenkaan mahdollista arvioida täysin kattavasti koko elinkaaren ajalta. Tuotekohtaisten ympäristökuormitusten määrittämiseksi olisi varsinaisen pääprosessiketjun lisäksi tarvittu saatavissa olevia tietoja tarkemmat tiedot tuotantopanosten energiamuodoista (maakaasu, sähkö, öljy jne.), veden ja raaka-aineiden kulutuksesta sekä niistä syntyvien jätteiden määristä ja kustannuksista.

Inventaarioanalyysissä saadut ekotasetiedot eivät usein muuallakaan sisällä perusteellisia tietoja tuotteen valmistusprosessiin käytetyistä panoksista. Esimerkiksi tuotteen/materiaalin valmistukseen käytetty energia on monissa ekotasetaulukoissa merkitty 'uusiutuva tai uusiutumaton energia', minkä perusteella kustannusarviota ei voida tehdä. Toisaalta merkintöjä valmistukseen käytettyjen raaka-aineiden, veden kulutuksen sekä jätteiden määristä ei osassa ekotaseita ollut lainkaan.

Tietojen kerääminen paitsi käytettyjen tuotantopanosten hinnoista, myös niihin käytettyjen raaka-aineiden, energian, veden käytön sekä jätteiden hinnoista tuotti projektin yhteydessä ongelmia; osittain myös liikesalaisuuksien takia Tietojen etsiminen olisi vaatinut erityisen paljon resurssia niiden tuotantopanoksien osalta, jotka on tuotettu muualla kuin Suomessa. Kuitenkin yrittäjälle itselleen näiden tietojen kerääminen tuskin on ongelma, mikäli yrittäjä vain oivaltaa keräämisen merkityksen. Pitkäikäisten investointien, kuten hevostallirakennuksen koko elinkaaren aikaisten kustannusten laskeminen edellyttää myös perehtymistä hintojen kehittymiseen ja diskonttokorkoihin.

Jätteiden hintojen tarkastelu osoitti, että pelkästään Suomessa jätteiden kustannuksissa voi olla varsin huomattavia paikkakuntaakohtaisia eroja. Jätteiden kustannuksista n. $\frac{3}{4}$ muodostuu kuljetuksista ja näin ollen haja-asutusalueella kuljetusten osuus hinnoista ja kuljetuskustannuksista aiheutuvat hintaerot muodostuvat varsin suuriksi.

Elinkaaren aikaisten kustannusten täsmälliseksi laskemiseksi tarvitaan perusteelliset tiedot käytettyjen tuotantopanosten ympäristökuormituksista ja -kustannuksista, mikä tällä hetkellä on vain harvojen tuotteiden/materiaalien osalta saatavilla. Tuotteen elinkaarikustannusten perusteellinen selvittäminen edellyttääkin tiivistä yhteistyötä ketjun eri sidosryhmien välillä.

Parhaiten kustannustietoja saatiin kasvihuonekurkun osalta, joten siitä saadut tulokset päätettiin julkaista tässä raportissa. Taulukossa 5 (s. 20) on kuvattu kustannukset kuuden indikaattorin avulla kasvihuonekurkun elinkaaren ajalta, mutta se sisältää ainoastaan ns. pääprosessin kustannukset. Toisin sanoen tarkastelussa ei olla huomioitu tuotantopanoksista aiheutuvia elinkaaren aikaisia kustannuksia (esim. energian tuotanto ja lannoitteiden valmistus). Taulukon avulla voidaan kuitenkin edes suuntaa-antavasti hahmottaa, mistä mallin sisällössä on kyse. Työssä saatujen kokemusten perusteella selvää kuitenkin on, että mallia on kehitettävä (mm. metodologian osalta) ja testattava, jotta yritykset voivat arvioida sen avulla kätevästi toimintansa ympäristövaikutuksia -ja kustannuksia.

4.4 Tulosten tulkinta

4.4.1 Palvikinkku

Tehdyn selvityksen perusteella palvikinkun tuotantoprosessissa suurimmat ilmastomuutokseen ja happamoitumiseen vaikuttavat päästöt syntyvät alkutuotantoprosessissa. Hiilidioksidipäästöjen (CO₂) suurimmaksi aiheuttajaksi todettiin rehuohran ja lihasikatiivisteiden valmistusprosessit. Jatkossa olisikin tärkeää saada tutkimustietoa ekotehokkaista sikojen ruokintamenetelmistä, jotta päästöjä voidaan vähentää. MTT:n eläinjalostusyksikössä on parhaillaan meneillään tutkimus (sikojen ruokintastrategioiden taloudellisuuden vertaaminen), jossa arvioidaan ruokintastrategioiden taloudellisuutta. Ympäristöaspektin huomiointi ruokinnan osalta olisi olennaista elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi.

Sikojen liettelanta aiheuttaa saatujen tietojen perusteella varsin suuret metaani- (CH₄) ja ammoniakkipäästöt (NH₃) alkutuotantoprosessissa. Typpioksiduulia (N₂O) vapautuu nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessien seurauksena viljelymaalta sekä lannoitteiden tuotantoprosessissa. Typen oksideista (NO_x) suurin osa aiheutuu työkoneiden käytöstä ja rikkidioksidipäästöjä (SO₂) lihasikatiivisteiden tuotantoprosessissa. Tutkimuksessa kävi kuitenkin ilmi, että saatuihin metaani-, ammoniakki- ja typpioksiduulipäästöihin liittyi paljon epävarmuuksia, sillä mittauksista löytyy vielä niukalti tietoja sekä Suomesta että ulkomailta. Saadut laskelmat olivatkin asiantuntijan tekemiä arvioita IPPC:n ohjeistoista ja ovat näin ollen vain suuntaa-antavia. Jatkossa tilanne päästölaskelmien osalta kuitenkin paranee, sillä MTT:ssä aloitettiin viime vuonna (2002) laaja selvitystyö (Suomen maatalouden kasvihuonepäästöjen laskenta), jossa arvioidaan lannan päästöistä aiheutuvia vaikutuksia ilmaan.

Teurastamovaiheen ilmastomuutokseen vaikuttavista päästöistä suurimman osan todettiin johtuvan teurastamovaiheessa käytettävien propaanin, kevyen polttoöljyn sekä sähkön tuotantoprosesseista. Teurastamon ympäristökuormituksen määrittämiseksi työssä käytettiin kohdeteurastamon antamien tietojen lisäksi Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2002 julkaisemaa BAT –asiantuntijaraporttia suomalaisista teurastamoista ja eläinperäisistä käsitteilylaitoksista (Salminen 2002). BAT –raportissa esitellään menetelmiä, joita käyttä-

mällä voidaan vähentää päästöjä ja energian kulutusta teurastamoilla ja eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyssä.

Leikkaamon ja lihanjalostuslaitoksen toiminnoista ei varsinaista tutkimustietoa ollut saatavilla, vaan tiedot kerättiin tätä selvitystä varten. Tärkeää olisikin saada tutkittua tietoa myös näistä osa-alueista. Sianlihan elinkaaren aikaisten ympäristökuormitusten määrittämiseksi tarvitaan kattavampia, jossa sianlihan eri elinkaaren vaiheisiin ja ympäristökuormitukseen voidaan perehtyä perusteellisesti. Myös eläinten hyvinvointiin ja eettisyyteen liittyvät aspektit olisi tärkeää huomioida, sillä niiden merkitys on erityisesti kuluttajien näkökulmasta on kasvanut. Ylipäänsä näkökulman laajentaminen varsinaisen elinkaariarvioinnin ulkopuolelle (esim. sosioekonomiset vaikutukset) on tärkeää, jotta vaikutuksia voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti.

4.4.2 Kasvihuonekurkku

Kasvihuonekurkun tuotannon ilmastomuutokseen vaikuttavien päästöjen suurimmaksi aiheuttajaksi havaittiin sähköenergian tuotanto. Sähkökulutuksesta valtaosa tarvitaan valotukseen, josta talvikaudella (eli syys- ja maaliskuun välisenä aikana) kuluu noin 90 % kesäkauteen verrattuna. Toiseksi eniten ilmastomuutoksen vaikuttavia päästöjä syntyi maa-kaasun tuotannosta, jota käytetään selvityksessä tutkitun puutarhan lämpöenergian tuotannossa.

Rehevöittävästä päästä suurin kuormitus aiheutuu ravinnehuuhtoutumista. Kasvualustasta huuhtoutuvien ravinteiden määrään voidaan parhaiten vaikuttaa kasvualustan valinnalla. Turvealustalla viljeltäessä ravinnehuuhtoutumien määrä kivivillaan verrattuna on huomattavasti pienempi (ks.4.1.2.2). Kastelu-menetelmien vaihtaminen, kastelujärjestelmän säännöllinen tarkastaminen ja erityisesti kivivillaa käytettäessä kastelueden kierrätys ovat myös keinoja ravinnehuuhtoutumien määrän pienentämiseksi.

Kurkun tuotannossa käytettävien eri torjunta-aineiden (biologinen torjunta mukaan lukien) sekä lannoitteiden elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista on vielä hyvin niukalti tietoa. Kattavat elinkaariarviointit niiden osalta onkin tarpeen kasvihuonekurkun ympäristövaikutusten perusteellista selvittämistä varten. Lisäksi kasvihuonerakennukset olisi myös hyvä huomioida elinkaarilaskelmissa, sillä kasvihuoneen käyttöikä muihin rakennuksiin nähden on varsin lyhyt, noin 15 vuotta. Myös ulkomailta tuotetun kurkun elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset olisi kiinnostavaa selvittää. Ulkomailta tuotettujen kurkkujen tuotannossa kemiallisten torjunta-aineiden käyttömäärä on usein varsin suuri. Ympäristökuormitusta lisää myös kurkkujen pitkä kuljetusmatka. Toisaalta kasvihuoneiden lämmittämiseen ja talvikautena valotukseen kuluu vähemmän energiaa.

4.4.3 Kalan elinkaari –palvelu

Palvelujen elinkaaren aikaisten ympäristökuormien tutkiminen on toistaiseksi ollut harvinaista, sillä useimmissa elinkaariselvityksissä on keskitytty lähinnä tuotteiden ja prosessien

elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten selvittämiseen. Siksi tästä työstä saadut tulokset ja kokemukset ovat ainutlaatuisia.

Selvityksessä saatujen tulosten perusteella palvelua tuottavan yrityksen sijainnilla on olennainen merkitys kalan elinkaari -palvelun ilmastonmuutokseen vaikuttavien päästöjen määrään, sillä valtaosa niistä aiheutuu asiakkaiden tekemistä matkoista kalastus- ja elämysyrittäykseen.

Rehevöittävästä päästöistä suurin osa johtuu kalan kasvatustilasta, jossa rehu aiheuttaa pääosan ravinnepäästöistä. Tiedot perustuvat Suomen ympäristökeskuksen tutkimukseen Kirjolohen tuotanto ja ympäristö (Seppälä ym. 2001, 14 ja 75). Ravinnekasvatus ja aiheutuvat ympäristövaikutukset riippuvat rehun ravinnepitoisuudesta, ravinteiden käytökelpoisuudesta leville sekä rehun käyttömäärästä suhteessa kalan kasvuun. Kalankasvatustilastojen ravinnepäästöjä voidaan vähentää parhaiten kehittämällä rehun koostumusta ja ruokintamenetelmiä. Mm. soijan käyttö rehussa alentaa ravinnekasvatusta merkittävästi, koska se tyydyttää erittäin hyvin lohikalan korkean valkuaisainetarpeen.

MTT on mukana tutkimusprojektissa (PROGRESS), jossa tutkitaan kirjolohen ravinnonkäyttö- ja tehokkuuden parantamista. Projektin tavoitteena on parantaa kirjolohen rehunkäyttökykyä ja lihan laatua jalostuksen avulla. Näiden tekijöiden huomioiminen jalostusohjelmassa tulee parantamaan kalatuotteiden laatua, vähentämään kalankasvatustilastojen rehu- ja ympäristöpäästöjä.

4.4.4 Hevostallirakennus

Hevostallirakennuksen elinkaariselvitys osoitti, että valtaosa ilmastonmuutokseen ja happamoitumiseen vaikuttavista päästöistä syntyy rakennuksen käytön aikana. Tämä johtuu rakennuksen pitkästä käyttöikästä (50 vuotta). Kuitenkin käytön, ylläpidon ja purkamisen osalta tarkkoja tietoja ei ollut mahdollista saada empiirisen tiedon puuttuessa, joten saadut tulokset näin ollen vain suuntaa-antavia.

Elinkaariarviointimenetelmää on sovellettu rakentamisteollisuudessa enemmän kuin muilla teollisuuden aloilla. Mm. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) ja Rakennustietokeskus ovat tehneet varsin paljon alaan liittyvää tutkimusta. Vuonna 2001 ilmestyi Rakennustietokeskuksen julkaisema Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet – kirja, jossa rakennustuotteita voidaan verrata ekologisesti rakennusosatasolla. VTT on tehnyt tutkimuksia mm. eri rakennusmateriaaleihin ja ekologiseen rakentamiseen liittyen. Kuitenkaan tutkimusten sisältämä tieto ei ollut useimmissa julkaisuissa riittävä inventaario- ja kustannusanalyysien tekemiseksi. Monet julkaistut ekotasetiedot sisältävät ainoastaan vaikutusten arvioinnista saadut tulokset, jolloin on mahdotonta päästä selville alkuperäisistä inventaariotiedoista. Näin ollen tehdyistä tutkimuksista ei tiedon luonteen vuoksi ollut apua tätä tutkimusta tehtäessä. Vuoden 2003 lopussa VTT:ltä on kuitenkin tulossa kattavampi elinkaarijulkaisu eri rakennusmateriaaleista. Teos sisältää myös inventaariotiedot. (Vares 2003).

Ympäristöä säästävän rakentamisen toteutumisen käytännön edellytyksenä on tilaajan valmius esittää hankkeelle vaatimuksia, jotka koskevat hankkeen ympäristövaikutuksia, suunnittelijan valmius tehdä vaatimuksia vastaava ratkaisu sekä tuottajien valmius ilmoittaa tuotteiden ympäristöominaisuudet. Tuotekohtaiset ympäristötiedot ovat välttämätön taustaineisto kokonaisratkaisujen ja niihin liittyvien tuotevalintojen onnistuneisuuden arvioinnissa ja perustelussa. Ekologisiin loppuratkaisuihin ei kuitenkaan rakentamisessa päästä vain vaihtoehtoisia tuotteita vertaamalla vaan kehittämällä kokonaisratkaisuja, jotka täyttävät toiminnalliset vaatimukset ympäristötaloudellisesti mahdollisimman tehokkaasti. (Häkkinen & Kaipainen 1996, s. 10).

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää neljän tuotteen elinkaaren aikaiset ympäristö-kuormitukset ja –vaikutukset sekä elinkaaren aikana syntyvät kustannukset. Tutkittavina tuotteina ovat olleet palvikinkku, kurkku, kalan elinkaari –palvelu sekä hevostallirakennus. Lähtökohtana on ollut arvioida elinkaariarviointimenetelmän soveltuvuutta pk-yrityksiin sekä luoda pienyrityksille sopiva, yksinkertaistettu elinkaariarviointi ja -elinkaarikustannusmalli.

Tutkimuksessa havaittiin elinkaariarvioinnin olevan tärkeä menetelmä, jonka avulla voidaan systemaattisesti selvittää tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset aina raaka-aineen hankinnasta tuotteen hylkäämiseen asti. Sen hyviä puolia ovat monipuolisen, jäljitettävän ja koko tuotantoketjun kattavan tiedon tuottaminen. Ympäristöasioiden hoitoa koskeva kiinnostus ei rajoitu vain yritykseen, jonka tuotteita kuluttaja harkitsee ostavansa, vaan ympäristövastuu nähdään laajana käsitteenä kattaen tuotteen koko elinkaaren. Projektin kokonaistavoitetta ajatellen elinkaariarviointi oli välttämätöntä toteuttaa, sillä ympäristömyönteisten tuotteiden kehittämisessä oleellista on keskeisten ympäristökuormien tunnistaminen tuotteen tai palvelun koko elinkaaren ajalta.

Elinkaariarvioinnin toteuttamiseen liittyy kuitenkin monia ongelmakohtia. Esimerkiksi tehtyjen rajausten ja valintojen, laskentaperusteiden sekä vaikutusten arvottamisen yhteydessä tehtävät subjektiiviset valinnat nähdään ja nähtiin tässäkin työssä hyvin ongelmallisina. Myös käytetyn tietoaineiston luotettavuus, läpinäkyvyys ja jäljitettävyyys on herättänyt ja herätti pilot-tuotteiden ympäristökuormia laskettaessa kysymyksiä. Lisäksi elinkaariarviointi menetelmänä arviointi on saanut kritiikkiä osakseen arvioinnin objektiivisuuden, puolueettomuuden, luotettavuuden sekä tulosten ja niiden käytön oikeudenmukaisuuden osalta (Loikkanen ym. 1999, s. 9 ja 51).

Tässä hankkeessa täsmällisten tuotantopanostietojen saatavuus oli ongelmallista. Osa tuotteen tai materiaalin valmistuksen kannalta tärkeiden panosten tietoja jouduttiin korvaamaan eniten tuotetta/materiaalia vastavilla ekotasetiedoilla. Lisäksi osa laskelmista perustui henkilökohtaisiin arvioihin ja näin ollen niiden osalta inhimillisen arviointivirheen mahdollisuus on suuri.

Myös vaikutusten arviointi –vaiheessa törmättiin puutteellisten tietomerkintöjen ongelmaan. Esimerkiksi typpi- ja fosforipäästöjen liukoisuudesta ei monissa ekotasetaulukoissa ollut merkintää, minkä johdosta niiden todellisia vaikutuksia ympäristöön on mahdoton arvioida täsmällisesti. Täydellisen elinkaariarvioinnin normalisointi ja yhteismitallistamisvaiheita ei nähty järkeväksi toteuttaa niihin kohdistuvien epävarmuuksien vuoksi. Työn tulosten kannalta isoksi miinukseksi nähtiin myös se, että herkkyysanalyysia ei ollut mahdollista toteuttaa.

Selvitystä tehdessä tuli esille, että perusteellisesti tehty elinkaariarviointi on työläs, kallis ja aikaavievä menetelmä, jonka toteuttamiseen ei useimmilla pk-yrityksillä ole resursseja. Pk-yritysten käyttöön tarvitaan yksinkertaistettuja elinkaariarvioinnin malleja. Tässä projektissa kehitetyn Life Cycle Management and Eco-efficiency Tool -mallin avulla yritykset voivat keskittyä arvioimaan toiminnastaan syntyviä ympäristökuormia kuuden indikaattorin avulla. Indikaattorit ovat: energian, veden ja raaka-aineiden kulutus, päästöt ilmaan ja veteen sekä jätteet. Mallin avulla yritys voi arvioida energian ja veden kulutuksesta sekä raaka-aineiden käytöstä aiheutuvat ympäristökuormitukset ja –kustannukset sekä määrittää niiden käytöstä aiheutuvien päästöjen (veteen ja ilmaan) sekä jätteiden ympäristövaikutukset ja –kustannukset. Vähentämällä raaka-aineiden, energian ja veden käyttöä (ekotehokkuusindikaattorit) voidaan pienentää myös ilma- ja vesipäästöjä sekä jätemääriä (ympäristöindikaattorit). Mallia sovellettiin pilot-yrityksiin ja tulokset osoittivat, että elinkaaren aikaisten kustannusten laskemiseksi tarvitaan perusteelliset tiedot käytettyjen tuotantopanosten ympäristökuormituksista ja –kustannuksista. Tällä hetkellä yleinen tilanne on se, että vain harvojen tuotantopanoksien ja materiaalien osalta perusteellisia elinkaaritietoja ei ole saatavilla. Myös tässä työssä kehitetyn elinkaarijohtamismallin käytön ongelmana on tuotantopanoselinkaaritietojen huono saatavuus.

Elinkaariarvioinnin käytön lisäämisen kannalta oleellista on, että sen käyttöä rajoittavat keskeiset ongelmat kyetään poistamaan. Arviointia on kehitettävä niin, että sitä voidaan soveltaa nykyistä laajemmin ja käyttömahdollisuuksia lisätä. Arvioinnin edellyttämää työmäärä voitaisiin karsia mm. kehittämällä inventaarioanalyysia ja vaikutusarviointia tukevia valmiita tietopankkeja sekä paremmin toimivia tietojärjestelmiä. Lisäksi ympäristöstandardeissa käytettävien tietojen kriteerejä koskevia suosituksia tulisi kehittää. (Loikkanen ym. 1999, s. 51-53). Esimerkiksi kuljetusten laskemiseksi olisi tässä selvityksessä kaivattu inventaariovaiheessa selkeämpiä ohjeita. Miten kohdentaa kuljetuksista aiheutuvat päästöt, kun kuljetus ei tapahdu tavanomaisena meno-paluu kuljetuksena, vaan rekka jatkaa matkaansa toiselle paikkakunnalle ja hakee sieltä muuta tavaraa?

Yritysten tulisi myös itse koota ja kehittää järjestelmällisesti omien tuotantoprosessien ja –laitosten tuotekohtaisia tietoja, jotta elinkaariarviointien toteuttaminen on helpompaa. Lisäksi tiedon syöttämistä ja dokumentointia tulisi kehittää helpoksi ja joustavaksi. Tärkeä tekijä elinkaariarvioinnin onnistumiselle on sidosryhmäyhteistyö. Tällöin voidaan käsitellä laajemmin rajaus- ja arvostusongelmia sekä näin parantaa arvioinnin tulosten hyväksyttävyyttä päätöksentekonäkökulmasta. Elinkaariarvioinnin menettelytapoja tulisikin kehittää siten, että ne turvaavat riittävän yhteistyön arvioinnin tekijöiden ja tulosten hyödyntäjien

välillä. Nämä menettelyt parantavat sekä tulosten läpinäkyvyyttä että eri tahojen sitoutumista niihin. (Loikkanen ym. 1999, s. 52).

Metodologian kehittämisen lisäksi huomioita tulisi kiinnittää asioihin, jotka motivoivat yrityksiä ympäristökysymyksissä. Tulevaisuudessa yritysten, myös pk-yritysten, on oltava tietoisempia tuotantonsa ympäristövaikutuksista. Tämän selvityksen yhtenä suurimpana hyötynä voidaan pitää pilot-yritysten ympäristötietoisuuden kasvua. Yrittäjät hahmottivat elinkaariarvioinnin kautta, että ekotehokkuuden parantamiseksi tarvitaan toimenpiteitä jokaisessa elinkaarikehityksen vaiheessa. Pk-yritysten käytössä suurta hyötyä olisi myös yksinkertaistetuista malleista, joissa tarkkan kvantitatiivisen tiedon sijaan kiinnitetäisiin ennen kaikkea huomioita kvalitatiivisiin tekijöihin ja prosessien kuvaamiseen. Projektissa yhteistyötahona toiminut Hämeen ammattikorkeakoulun Mustialan yksikkö kiinnostui elinkaariajattelusta projektista saatujen kokemusten perusteella nimenomaan opetusmenetelmänä. Elinkaariajattelu sisällytetään jatkossa yhdeksi keskeiseksi osaksi ympäristöopetusta. Keväällä 2003 koulussa tehtiin oppilasvoimin elinkaariarviointi Mustialan lämpökeskuksen energiantuotannosta.

6 Kirjallisuus

- Ayres, R.U., Life cycle analysis: A critique. *Resources, Conservation and Recycling* 14: 199-223.
- von Bahr, B. & Steen, B. 2003. Reducing epistemological uncertainty in life cycle inventory. *Journal of Cleaner Production*. In Press.
- European Commission 2002. A European Union strategy for sustainable development. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg. 119 s.
- Euroopan Yhteisöjen komissio 2001. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille. Yhdenntetty tuotepolitiikka. Elinkaariajattelu politiikan perustana. KOM (2001) 68. 31 s.
- Euroopan Yhteisöjen komissio 2003. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille. Yhdenntetty tuotepolitiikka. Elinkaariajattelu politiikan perustana. KOM (2003) 302 final. 30 s.
- Grönroos, J., Nikander, A., Syri, S., Rekolainen, S. Ekqvist, M. 1998. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 206. 68 s.
- Grönroos, J. & Seppälä, J. 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Suomen ympäristö 431. 244 s.
- Grönroos, J. & Voutilainen P. 2001. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Inventaarioanalyysin tulokset. 62 s.
- Haagelaar, G.J.L.F & van der Vorst, J.G.A.J. 2002. Environmental supply chain management: using life cycle assessment to structure supply chains. *International Food and Agribusiness Management Review* 4: 399-412.
- Haas, G., Wetterich, F. & Köpke, U. 2001. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 83: 43-53.
- Heikura, P. 1993. Elinkaarianalyysit, Metodologiaa ja kriittisiä huomioita. Suomen luonnonsuojeluliitto. Kestävään tulevaisuuteen –tutkimusprojekti. 100 s.
- Heiskanen, E. 2002. The Institutional Logic of Life Cycle Thinking. *Journal of Cleaner Production* 10: 427-437.
- Heller, M.C, Keoleian, G.A. 2002. Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. *Agricultural Systems* 76: 1007-1041.
- Häkkinen, T. & Kaipainen, M. 1996. Ekologiset kriteerit rakennussuunnittelussa. Rakennustieto Oy, Helsinki. 52 s.
- Häkkinen, T., Vares, S., Vesikari, E., Saarela, K., Tattari, K. & Säteri, J. 1997. Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointiperusteet. VTT:n tiedotteita 1836. 137 s.
- IPPC 2001. Houghton, J., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P., Dai, X, Maskell, K. & Johnson, V. (eds.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of working group I to the third assessment report of IPCC. 786 s.
- Jaakkola, S., & Vänninen, I. 1995. Ravinnehuhtoumat ja kiinteät jätteet. *PU* 47 (1995): 1 s. 10-12.
- Jansson, H. 2003. Tutkija, MTT/hevostalous. Henkilökohtainen tiedonanto. 3.3.2003.
- Jokinen, T. 2003. Ylipuutarhuri, Kiipulan puutarha. Henkilökohtainen tiedonanto. 7.8.2003.
- Jungbluth, N., Tietje, O. & Scholz, R.W. 2000. Food Purchases: Impacts from the Consumers' Point of View Investigated with a Modular LCA. *LCA Case Studies* 5(3): 134-142.

- Kaiser, F.G., Doka, G., Hofstetter, P. & Ranney, M.A. 2003. Journal of Environmental Psychology 23: 11-20.
- Katajajuuri J-M., Loikkanen, T. Pahkala, K. Uusi-Kämppe, 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:n tiedotteita 2034. 134 s.
- Khan, F.I., Sadiq, R. & Veitch, B. 2004. Life cycle iNdeX (LinX): a new indexing procedure for process and product design and decision-making. Journal of Cleaner Production 12: 59-76.
- Kiipulan puutarha 2003. <http://www.kiipula.fi/puutarha/index.phtml?osasto=2>. Viitattu: 2.5.2003.
- Kiipulasäätiö 2003. <http://miina.kiipula.fi/alasivu.phtml?id=111> Viitattu: 2.5.2003.
- Kivinen, T. 2003. Arkkitehti, MTT/Maatalousteknologia. Henkilökohtainen tiedonanto. 28.1.2003.
- KTM, 1998. Ekotehokkuus ja factor –ajattelu. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998. 43 s.
- Kuta, C.C, Koch, D.G., Hildebrandt, C.C., Janzen, D.C. 1995. Improvement of products and packaging through the use of life cycle analysis. 1995. Resources, Conservation and Recycling 14: 185-198.
- Larnimaa, R. & Penttinen, K. 2000. Ympäristöasiat osa pkt-yritystoimintaa. 29 s. http://www.tt.fi/arkisto/getoriginal.pl?ft_cid=2582
- Lindfos, L.-G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntila, V., Hanssen, O.-J., Rønning, A., Ekvall, T. & Finnveden, G. 1995. Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment, Nordic Council of Ministers, Nord 1995:20, Århus. 222 s.
- Linnanen, L., Markkanen, E. & Ilmola, L. 1997. Ympäristöosaaminen, Kestävän kehityksen haaste yritysjohdolle. Otaniemi Consulting Group Oy. 203 s.
- Loikkanen, T. Mälkki, H., Virtanen, Y., Katajajuuri, J-M., Leivonen, J. & Reinikainen, A. 1999. Elin-kaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena. Nykytila ja kehittämistarpeet. Tekes. Teknologia katsaus 68/99. 73 s.
- Lovio, R. 1996. Ympäristöstrategian läpivieminen yrityksessä, suomalaisten yritysten kokemuksia. Suomen Ulkomaankauppaliiton seminaari. Elintarvikeketjun kansainvälinen ekokilpailukyky ja viestintä 10.10.1996. 12 s.
- Meronen, M. 1993. Kasvihuoneviljely ja sen ympäristövaikutukset. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 413. 27 s.
- Mikkola, A. 2003. Kiipulan kasvihuonekurkun elinkaari-inventaario. Hämeen ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. 52 s.
- Mätäsaho, R., Niskala, M. & Tuomala, J. 1999. Ympäristölaskenta johdon apuvälineenä. Ekonomia-sarja. WSOY, Porvoo. 208 s.
- Niskala, M. & Mätäsaho, R. Ympäristölaskentatoimi. 1996. WSOY, Porvoo. 381 s.
- Penttinen, R., Kallio-Mannila, K., Nikander, A. 2002. Ravinnon tuotanto-olosuhteet ja turvallisuus, -ympäristöongelmien vaikutukset Suomessa. Suomen ympäristö, 568. Edita Oy, Helsinki. 75 s.
- Pesonen, H-L., Hämäläinen, K., Teittinen, O. 2001. Yrityksen ympäristöjärjestelmän rakentaminen. Kauppakaari, Helsinki. 132 s.
- Pesonen, I. 2003. FM-Haus Oy:n hevostallirakennuksen elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset – inventaarioanalyysi. MTT/Rural Life Design – projekti. 31 s.

- Pohjola, T. 2003. Johda Ympäristöasioita tehokkaasti. Ympäristöosaaminen menestystekijänä. Talentum, Helsinki. 236 s.
- Poussa, K. 2002. Makuliha Oy:n Perinnepalvin elinkaariset ympäristöpäästöt (elinkaariarvioinnin inventaarianalyysi) ja niiden vähentämismahdollisuuksia. Hämeen ammattikorkeakoulu, opinäytetyö. 55 s.
- Regina, K. 2002. Vanhempi tutkija, MTT/Maaperä ja ympäristö. Henkilökohtainen tiedonanto, kevät 2002.
- Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä. Ympäristöministeriö, Edita Oyj. Helsinki. 208 s.
- Salonen, K. 1995. Jopa puolet ravinteista valuu hukkaan. PU 48 (1996): 6B s.8-9.
- Salminen, E. 2002. Finnish Expert Report on Best Available Techniques in Slaughterhouses and Installations for the Disposal or Recycling of Animal Carcasses and Animal Waste. The Finnish Environment 539. Helsinki.
- Sandars, D.L., Audsley, E., Cañete, C., Cumby, T.R., Scotford, I.M. & Williams, A.G. 2003. Environmental Benefits of Livestock Manure Management Practices and Technology by Life Cycle Assessment. Biosystems Engineering 84(3): 267-281.
- Seppälä, J., Melanen, M., Jouttijärvi, T., Kauppi, L. & Leikola, N. 1998. Resources, Conservation and Recycling 23: 87-105.
- Seppälä, J. 1999b. Vaikutusten laskenta elinkaariarvioinnissa - vertailtavana DAIA- ja Ekoindikaattorit 95 -menetelmät. Suomen ympäristö 172. 38 s.
- Seppälä, J., Silvenius, F., Grönroos, J., Mäkinen, T., Silvo, K. & Storhammar, E.. 2001. Kirjoloihen tuotanto ja ympäristö. Suomen ympäristö 529. 164 s.
- SFS-EN ISO 14001. 1996. Ympäristöjärjestelmät. Spesifikaatio ja ohjeita sen käyttämiseksi. Helsinki, Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 36 s.
- SFS-EN ISO 14040. 1997. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 22 s.
- SFS-EN ISO 14041. 1998. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely sekä inventaarioanalyysi. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 39 s.
- SFS-EN ISO 14042. 2000. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaikutusarviointi. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 30 s.
- SFS-EN ISO 14043. 2000. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Tulosten tulkinta. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 35 s.
- Silvenius, F. 2000. Kalankasvatus ja ympäristö. Kalankasvatuksen prosessikuvaus. Kala- ja riistaportteja nro 198. 80 s.
- Sjöman, J. 2003. Toimitusjohtaja, FM-Haus Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. 10.3.2003.
- Siitonen, E., Pohjonen, M., Gynther, L. & Koski, P. 2001. Taustaselvitys energiatehokkuudesta ympäristölupamenettelyssä. Helsinki, Suomen ympäristö 454. 39 s.
- Tommiska, M. 2003. Palvelutuotteen ympäristöinventaario. Hämeen ammattikorkeakoulu, opinäytetyö. 47 s.
- Tulenheimo, V. Tuotteen ympäristökustannusten arviointi. 1995. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisu 12/1995. 48 s.

- Vares, S. 2003. Tutkija, VTT/Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Henkilökohtainen tiedonanto.12.3.2003.
- Virtanen, Y., Ojaniemi, U., Poikkimäki, S. & Katajajuuri, J-M. 2002. Life cycle assessment of potential environmental impacts of Finnish beverage packaging systems, 0.301-0.501 glass bottles, aluminium cans and PET bottles for beer, cider and carbonated soft drink. Summary report. Appendices. 285 s.
- VTT 2001. Ympäristötietoa teräsrakentamisesta. Luku 1.4 Elinkaarikustannukset. (www.vtt.fi/hot/try/Environ/Ympro/Ympro.14htm). Viitattu: 20.1.2002.

7 Liitteet

LIITE 1

¹ Sähkön hinta perustuu Forssan Energian hintatietoihin, syksy 2002 (0.0661 €/kWh)

² Maakaasun hinta; Energiamarkkinavirasto, Maakaasuenergian hinta (€/MWh) veroton, keskiarvohinta v.2002 (11.95 €/MWh)

³ Bensan hinta Kuluttajahintatilasto 2002. 95 E:n hinta.

⁴ Österman, P.2001. Valokurkun tuotantokustannus ja kannattavuus. Taloustutkimus (MTTL), selvityksiä 21/2001. (hinnat ovat keskiarvotietoja kolmen eri kasvustomallin pohjalta) ja Jokinen, Arja. 2003. Kiipulan puutarha, sähköpostiviesti 29.1.2003.

⁵ Forssa Vesihuoltolaitos Oy, hinta syksy 2002.

⁶ Ilmanpäästöjen osalta saatiin tietoja sähköpostitse johtaja Heikki Niiniseltä Fortumilta sekä perehdyttiin Euroopan Unionin päästökauppadirektiiveihin
http://europa.eu.int/comm/environment/climat/home_en.htm,
<http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/studies2.htm>,
http://europa.eu.int/comm/environment/climate_change/sectoral_objectives.htm,

⁷ Forssa Vesihuoltolaitos Oy, hinta syksy 2002.

⁸ Energijätteen hinta perustuu Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n hintoihin vuonna 2002.

MTT:n selvityksiä -sarjassa ilmestyneitä julkaisuja

Ympäristö

- 51 Elinkaariarvioinnin ja elinkaarikustannusarvioinnin soveltaminen maaseudun pienyrityksiin. *Pesonen ym.* 67 s. Hinta 20 euroa.
- 49 PeltoGIS - MTT:n peltotietojärjestelmän suunnittelu ja toteutus. *Talkkari ym.* 37 s. Hinta 20 euroa.
- 41 Vesistökuormituskartoitus Etelä-Pirkanmaan alueella. *Närvänen, Puronummi & Jansson.* 29 s. Hinta 15 euroa.

Kasvintuotanto

- 48 Viljalajikkeiden taudinalttius virallisissa lajikekokeissa 1996-2003. *Kangas ym.* 29 s. Hinta 15 euroa.
- 47 Luomuvihannesten viljelykiertojen hallinta: Onko viljelykiertosi nousukierre vai syöksykierre? *Nissinen ym.* 39 s. (verkkopublication osoitteessa: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts47.pdf>).

Talous

- 46 Rahoitustukea saaneiden tilojen talous, suunnitelmien toteutuminen ja tulevaisuuden suunnitelmat. *Hirvijoki ym.* 161 s. Hinta 25 euroa.
- 45 Alueellisten tekijöiden merkitys maaseudun yrityskeskittymien syntymiseen - esimerkkinä sikatalouden ja kutoma-alan yrityskeskittymät. *Paavola.* 92 s. Hinta 20 euroa.

Teknologia

- 35 Suurten maatalousrakennusten puurunkoratkaisut: olosuhdemittaukset ja toiminnalliset mallit. *Kivinen.* 61 s. Hinta 20 euroa.
- 18 Sata vuotta tutkittua maataloustekniikkaa. *Kallioniemi, Marja.* 61 s. Hinta 20 euroa.

Verkkopublication osoitteessa <http://www.mtt.fi/mtts>

MTT:n selvityksiä 51

