

# Ostoskassien ilmastovaikutusten vähentäminen

YMPÄRISTÖN-  
SUOJELU

Tuomas Mattila, Marjukka Kujanpää, Tuuli Myllymaa,  
Marja-Riitta Korhonen, Risto Soukka ja Helena Dahlbo





# Ostokassien ilmastovaikutusten vähentäminen

**Tuomas Mattila, Marjukka Kujanpää, Tuuli Myllymaa,  
Marja-Riitta Korhonen, Risto Soukka ja Helena Dahlbo**



S Y K E

SUOMEN YMPÄRISTÖ 2 | 2009  
Suomen ympäristökeskus (SYKE)  
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen  
Kansikuva: Marja Vierimaa

Julkaisu on saatavana ainoastaan internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

ISBN 978-952-11-3350-3 (PDF)

ISSN 1796-1637 (verkkokj.)

## ESIPUHE

Suomen ympäristökeskus toteutti yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa yksivuotisen tutkimushankkeen ”Liiketoiminnan sopeuttaminen ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimuksiin – case ostoskassi, OPTIKASSI-hanke”. Hanke kuului Tekesin Climbus-teknologiaohjelmaan ja siinä keskityttiin ostoskassien elinkaareen ilmastonmuutoksen hillinnän ja liiketoiminnan sopeuttamisen kannalta. Hanketta rahoittivat Tekesin ohella ostoskasseja tai niiden materiaalia Suomessa valmistavat yritykset: Suominen Joustopakkaukset Oy, Plastiroll Oy, UPM-Kymmene Oyj Wisapaper ja Cabassi Oy.

Hankkeen tutkimusryhmään kuuluivat Suomen ympäristökeskuksessa Helena Dahlbo (hankkeen vastuullinen johtaja), Tuomas Mattila (päättökija), Tuuli Myllymaa ja Marja-Riitta Korhonen. Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa hankkeen toteutuksesta vastasi Risto Soukka ja tutkijana toimi Marjukka Kujanpää.

Hankkeen toteuttamista ohjasi johtoryhmä, jonka jäseninä olivat: Riitta Jalkanen, puheenjohtajana (Kuluttajavirasto), Marjatta Aarniala (Tekes), Joonas Henttonen (Cabassi Oy), Jatta Jussila (Climbus-ohjelma), Satu Lähteenoja (Suomen Luonnonsuojeluliitto ry), Marko Mattila (Plastiroll Oy), Tiina Pessi (Suominen Joustopakkaukset Oy), Lea Rankinen (Inex Partners), Marko Siltala (UPM-Kymmene Oyj, Wisapaper), Risto Soukka (Lappeenrannan teknillinen yliopisto) ja Kristian Tammivuori (Työ- ja elinkeinoministeriö).

Tekijät kiittävät Tekesiä ja työtä rahoittaneita yrityksiä hankkeen rahoittamisesta. Yritysten edustajat olivat merkittävässä roolissa hankkeessa käytetyn tietopohjan kokoamisessa, ilman tätä panosta työ ei olisi ollut mahdollinen näin nopeassa aikataulussa. Kiitoksemme kaikille johtoryhmän jäsenille myös rakentavasta keskustelusta ja palautteesta työn kuluessa. Erityisen kiitoksen ansaitsee Suomen ympäristökeskuksen professori Jyri Seppälä, sillä koko hanke käynnistettiin hänen oivalluksensa ja aloitteensa pohjalta.

Tässä raportissa esitettävät tulokset ja johtopäätökset ovat tutkimuksen tekijöiden, eivätkä edusta johtoryhmän jäsenten kantoja.

Helsingissä tammikuussa 2009

Tekijät



## SISÄLLYS

<b>Esipuhe</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Ostokassit muualla maailmassa</b> .....	<b>9</b>
2.1 Yleisesti kassivalikoimasta .....	9
2.2 Kertakäyttöisten ostokassien kiellot ja verot perusteluineen .....	11
2.3 Yhteenvedo ostokassien elinkaaritutkimuksista .....	12
<b>3 Ostokassien elinkaariarviointi</b> .....	<b>14</b>
3.1 Menetelmän kuvaus .....	14
3.2 Tutkimuksen tavoitteet, toiminnallinen yksikkö, rajaus ja skenaariot .....	14
<b>4 Inventaarioanalyysi</b> .....	<b>19</b>
4.1 Yleistä .....	19
4.2 Muovikassi .....	19
4.2.1 Tuotejärjestelmän rajaukset .....	19
4.2.2 Inventaarion lähtötietojen arviointi .....	20
4.3 Kierrätysmuovikassi .....	23
4.3.1 Tuotejärjestelmän rajaukset .....	23
4.3.2 Inventaarion lähtötietojen arviointi .....	24
4.4 Biohajoava muovikassi .....	25
4.4.1 Tuotejärjestelmän rajaukset .....	25
4.4.2 Inventaarion lähtötietojen arviointi .....	25
4.5 Kangaskassi .....	27
4.5.1 Tuotejärjestelmän rajaukset .....	27
4.5.2 Inventaarion lähtötietojen arviointi .....	28
4.6 Paperikassi .....	29
4.6.1 Tuotejärjestelmän rajaukset .....	29
4.6.2 Inventaarion lähtötietojen arviointi .....	30
4.7 Epävarmuus- ja herkkyystarkastelut .....	33
<b>5 Tulokset</b> .....	<b>35</b>
5.1 Ostokassien ilmastovaikutusten vertailu .....	35
5.2 Eri jätehuoltoskenaarioiden vaikutus kassien ilmastomuutos- vaikutuksiin .....	37
5.2.1 Nykytilaskenaario .....	37
5.2.2 Polttoskenaario ilman energiahyvityksiä .....	39
5.2.3 Polttoskenaario energiahyvityksillä .....	40
5.2.4 Tehokkaan lajittelun ja hyödyntämisen skenaario .....	42
<b>6 Tulosten tarkastelua</b> .....	<b>43</b>
6.1 Mahdollisuudet vaikuttaa kotitalouksien ilmastovaikutukseen ostokas- sien käytön kautta .....	43
6.2 Muita ympäristö- ja sosiaalisia vaikutuksia .....	43

<b>7 Johtopäätökset</b> .....	<b>45</b>
7.1 Jätehuoltoskenaarioiden vaikutus ostokassien elinkaaren ilmastonmuutosvaikutuksiin .....	45
7.2 Käytännön neuvoja kuluttajille ostokassien ilmastonmuutosvaikutusten pienentämiseksi .....	47
7.3 Kehitysehdotuksia kaupalle ja teollisuudelle liiketoiminnan sopeuttamiseksi ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimuksiin .....	48
7.4 Valtionhallinnon mahdollisuuksia ohjata liiketoimintaa ja kuluttajien käyttäytymistä ilmastonmuutosta hillitsevään suuntaan .....	49
<b>Lähteet</b> .....	<b>50</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>52</b>
Liite 1. Hankkeessa tarkasteltujen yksikköprosessien kuvaus .....	52
Liite 2. Suomen keskimääräinen sähköntuotanto .....	55
Liite 3. Energiantuotannon päästöt ja hyötysuhteet.....	56
Liite 4. Paperi- ja kangaskassin hajoaminen yhdyskuntajätteen kaatopaikalla ja syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta .....	57
Liite 5. Ruskean ja valkoisen paperikassin vertailu.....	58
Liite 6. Lähtötietojen johdonmukaisuuden tarkistus.....	60
<b>Kuvailulehdet</b> .....	<b>61</b>



# 1 Johdanto

Ostokassien valmistuksen, käytön ja hävityksen ympäristövaikutukset eivät ole merkittäviä koko muun kulutuksen rinnalla. Tämän tuloksen johtamiseen ei tarvita syvällistä tutkimusta, riittää kun vertaa ostokassin painoa (12-20 g) ostokassin tyyppilliseen sisältöön (10-20 kg elintarvikkeita, pattereita, pakkauksia, jne.). Ostokassit kattavat noin 0,2-0,3 % kotitalouksien vuosittaisista jätevirroista (490 kg yhdyskuntajätettä, josta 290 kg sekajätettä). Vähäisestä kokonaisvaikutuksestaan huolimatta ostokassilla on suuri symboliarvo kertakäyttökulttuurin ilmentäjänä<sup>1</sup>. Ostokassin valinta on viikoittain toistuva tilanne, jonka ympäristövaikutuksista kuluttaja on epävarma. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on vähentää ostokassin valintatilanteeseen liittyvää epävarmuutta ja tuottaa kuluttajan käyttöön vertailukelpoista tietoa kassivalinnan tueksi. Tutkimus on toteutettu järjestelmänalyttisesti elinkaariarviointimenetelmää (LCA, *life cycle assessment*) soveltaen, eli käymällä läpi kaikki ostokassien raaka-ainehankinnan, valmistuksen ja hävityksen prosessivaiheet ja niiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt.

Kansainvälisesti useissa maissa on otettu käyttöön tai harkittu kertakäyttökassien täyskieltoa tai haittaverotusta. Perusteina kassien käytön kieltämiselle ovat olleet roskaantumisen välttäminen, öljyriippuvuuden vähentäminen sekä ilmastonmuutoksen hillintä. Joissain tapauksissa rajoituksia on perusteltu myös muoviroskien kertymisellä valtameriin ja merieläimille aiheutuvilla vahingoilla.

Ostokassien elinkaarisia ympäristövaikutuksia on vertailtu vuosien mittaan useissa tutkimuksissa. Näiden tutkimusten tuloksia ei voida kuitenkaan soveltaa suoraan Suomen tilanteeseen johtuen eroista kolmessa päätekijässä: kuluttajatottumuksissa, jätehuollossa sekä energiantuotannossa. Esimerkiksi paperikassin elinkaareen liittyen suomalainen paperiteollisuus käyttää vähemmän fossiilisia polttoaineita kuin keskieuropalainen.

Maissa, joissa kassien käyttöä on rajoitettu voimakkaasti (esimerkiksi Kiina sekä useat Afrikan valtiot), muovikassien käyttö on poikennut suomalaisesta tilanteesta: suomalaisia kauppakasseja ohuempia pusseja on jaettu ilmaiseksi ostosten yhteydessä. Ilmaisuuksien ja rikkoutumisherkkyys on johtanut kuluttajakäyttäytymiseen, jossa pusseja otetaan varmuuden vuoksi useita ja ne heitetään välittömästi käytön jälkeen pois. Seurauksena on ollut roskaantumista, viemäritukoksia ja vaaratilanteita luonnonvaraisille eläimille. Suomessa sen sijaan suurin osa muovipusseista päättyy uusiokäyttöön jättepusseiksi ja sitä kautta kaatopaikoille.

<sup>1</sup> Osittain tämä voi johtua siitä, että ostokasseja uudelleenkäytetään jättepusseina. Muoviset ostokassit yhdistetään kotitalouksien sekajätteen tuottoon.

Ostokassit palvelevat ostosten kuljetuksen lisäksi myös muita tarkoituksia (jätetepusseina, uusiopaperin raaka-aineena, energianlähteenä, ym.), minkä vuoksi niiden elinkaarta ei voi tarkastella erillään muusta yhteiskunnasta. Tässä tutkimuksessa vertailtiin suomalaista ostokassien käyttöä huomioiden käytön muutosten vaikutukset jätehuoltoon ja energiantuotantoon. Tutkimuksen tavoitteena oli koota elinkaari pohjainen tieto Suomessa päivittäistavaroiden kantamiseen tyypillisimmin käytettyjen kauppakassien kasvihuonekaasupäästöistä ja niiden aiheuttamista ilmastomuutosvaikutuksista. Vertailtavina tuotteina olivat neitseellisestä raaka-aineesta valmistettu muovikassi, kierrätysraaka-aineesta valmistettu muovikassi, paperikassi, kangaskassi sekä biohajoavasta muovista valmistettu kassi.

Lisäksi hankkeen tavoitteena oli löytää erilaisista materiaaleista valmistetuille ostokasseille kasvihuonekaasupäästöjen kannalta parhaiten soveltuvat käyttö- ja jätehuptomallit. Näin mahdollistettaisiin erilaisten materiaalien olo markkinoilla yhtä aikaa, eri käyttökohteissa ja kasvihuonekaasupäästöt minimoiden.

## 2 Ostokassit muualla maailmassa

### 2.1











#### **Yleisesti kassivalikoimasta**

Suomalainen kassivalikoima on vain pieni osajoukko Euroopassa ostosten kuljetukseen käytettävistä tuotteista. Vastaavanlaisia paperikasseja ja ohuita puuvillakasseja käytetään useissa maissa (Ecobilan 2004), mutta Suomessa yleisimmin käytettyjä raskaita muovikasseja ei. Esimerkiksi Australiassa yli 85% kaupan muovikasseista on ohuita ja pieniä HDPE-muovikasseja (*high density polyethylene*), jotka painavat 4-6 g (Environment Australia 2002), kun taas suomalaiset LDPE-muoviset (*low density polyethylene*) kassit painavat 22 g, ovat paksumpia, kestävämpiä ja myös vetoisuudeltaan suurempia (Suominen Joustopakkauskset Oy).

Perinteisten muovi-, paperi- ja puuvillakassien rinnalle on kehitetty myös muita vaihtoehtoja. Biohajoavat muovikassit ovat vasta yleistymässä sekä Suomessa että muualla Euroopassa. Lisäksi joissain maissa on käytössä kestumuovisia kasseja (polypropeenikuitukangasta tai HDPE-punosta) sekä erilaisia kuljetuslaatikoita (Environment Australia 2002, Taulukko 1), mutta näiden käyttömäärät ovat edelleen vähäisiä. Kestomuovisten kassien käyttö poikkeaa joissain maissa myös suomalaisesta tavasta: kassit ovat pantillisia ja rikkoutuneen kassin saa vaihtaa uuteen ilmaiseksi (*bag for life*).

Useissa maissa ohuet HDPE-muovikassit ovat kuluttajalle ilmaisia, eli niiden hinta on sisällytetty muihin ostoksiin. Tämän johdosta muovikassien kulutus on ollut huomattavasti suurempaa kuin Suomessa (Taulukko 2). Kassinkulutuksen suora vertailu ei tosin ole mielekäästä, sillä suomalaisten kassien paino on 4-5 kertainen kevyisiin pusseihin verrattuna, joten suomalainen vuotuinen kassinkulutus vastaa materiaalinkulutukseltaan 200-250 ohutta kassia.

Taulukko 1. Australiassa käytettyjä erilaisia ostosten kuljetuskeinoja (Environment Australia 2002).

Kertakäyttö HDPE (6 g)		Paperikassi (43 g)	
50% kierrätys HDPE (6 g)		Kantokori PP (250 g)	
LDPE erikois- myymäläkassi (18 g)		Monikäyttö LDPE (36 g)	
Kangaskassi (125 g)		Biohajoava tärkkelyskassi (13 g)	
HDPE punoskassi (131 g)		PP kuitukan- gaskassi (116 g))	

PP = polypropeeni, HDPE = korkeatiheyksinen polyeteeni,  
LDPE = matalatiheyksinen polyeteeni

Taulukko 2. Ostoskassien kulutuksen vertailu eri maiden välillä (tiedot ovat ajalta ennen maiden asettamia rajoituksia)(Environment Australia 2002, Suomen tiedot koottu kauppaketuilta ks. kapale 3.2, Kiinan tiedot Li 2007).

Maa (vuosi)	Ostoskasseja/ henkilö/vuosi	Suhde*) suomalaiseen kulutukseen
Suomi (2007)	50	1
Skotlanti (2005)	160	3
Irlanti (2001)	330	7
Australia (2001)	350	7
Kiina (2007)	840	17
Hong Kong (2000)	1 460	29

\*) Huom. Suhdeluku ei huomioi eroja kassien painoissa ja siten materiaalinkulutuksessa.

## **Kertakäyttöisten ostokassien kiellot ja verot perusteluineen**

Suurin osa käyttöön otetuista kertakäyttöisten kassien haittaverosta ja rajoituksista on toimeenpantu ympäristön roskaantumisen hillitsemiseksi (Taulukko 3). Ainoastaan Tanskassa rajoitukset koskevat kaikkia kertakäyttöisiä kasseja, muissa maissa rajoitukset on kohdennettu muovikasseihin. Rajoitukset ja täyskiellot kohdistuvat ennen kaikkea ohuisiin ilmaisjakelukasseihin, jotka aiheuttavat suurimman osan roskaantumis- ja viemäritukoshaitoista. Esimerkiksi Etelä-Afrikassa, Kiinassa ja Hong Kongissa paksujen muovikassien myynti on edelleen laillista toimintaa, mutta ohuiden kassien ilmaisjakelu on rikollista.

Muovikassien myynnin ja käytön rajoituksia on perusteltu myös haitoilla merieläimille (ks. esim. valtiopäivien kirjallinen kysymys KK 431/2008- Sumuvuori ja lakialoite LA 18/2006 -Tynkkynen). Tämä perustelu pohjautuu Australian ympäristöministeriön raporttiin (Environment Australia 2002), jossa viitattiin virheellisesti Newfoundlandissa tehtyyn kalastustutkimukseen (Piatt ja Nettleship, 1989). Raportissa kalastusverkkojen aiheuttamat hukkumiset laitettiin muoviroskan ja -kassien syyksi. Virhe oikaistiin vuonna 2006 (Environment Australia 2002), mutta myynti 100 000 vuosittain muovipusseihin kuolevasta merinisäkkästä ja -linnusta levisi tästä huolimatta (myytin leviämisestä ks. esim. The Times 8.3.2008).

Skotlanti on tähän mennessä ainoa maa, jossa esitys muovikassien haittaveroja koskevasta lakialoitteesta vedettiin pois tutkimusten jälkeen. Selvitysten perusteella muovikasseihin kohdistuva haittaverot ei vähentäisi merkittävästi roskaantumista ja voisi jopa johtaa jätemäärien kasvuun, mikäli veroa ei kohdistettaisi myös paperikasseihin (Cadman ym. 2005).

Taulukko 3. Eri maissa käyttöön otetut ostokassien rajoitukset ja verot perusteluineen.

Vuosi	Maa	Rajoitus	Seuraukset	Perustelut
1994	Tanska	Vero kertakäyttökassien jälleenmyyjille	66% vähennys paperi- ja muovikassien kulutuksessa	Ekologinen verouudistus
2000	Intia	Muovikassien valmistuksen ja käytön kriminalisointi Bombayssa		Roskaantuminen ja viemäritukokset
2001	Hong Kong	Kassien ilmaisjakelun kieltö		Roskaantuminen
2002	Bangladesh	Muovikassien valmistuksen ja käytön kieltö		Roskaantuminen ja viemäritukokset
2002	Irlanti	Suora haittavero kuluttajille muovikasseista	Yli 90% vähennys muovikassien myynnissä. Veron nosto 2007 hillitsemään kassien oston kasvua. Jätepussien myynnin kasvu.	Roskaantuminen
2003	Etelä-Afrikka	Ohuiden muovikassien kieltö sekä vero kaikille muovikasseille		Roskaantuminen
2004	Belgia	Suunniteltu muovikassien haittavero	Haittavero vaihdettiin kuluttajaneuvontaan, sillä muovikassien haitat eivät olleet selvästi suurempia kuin hyödyt	Roskaantuminen ja jätehuolto
2004	Skotlanti	Lakialoite muovikassien haittaveros- ta 2004. Aloite vedettiin pois 2006 valtion tutkimusten tuloksena.		
2006	Zanzibar	Muovikassien tuonnin ja käytön kieltö		Roskaantuminen
2007	Ranska	Pariisissa kertakäyttömuovikassien kieltö, kauppaketjujen omia rajoit- uskampanjoja, kieltö koko maassa vuonna 2010		Roskaantuminen ja jätteenpolton päästöt
2007	Iso-Britannia	Yksittäisten kauppaketjujen ja kun- tien toteuttamia rajoituksia, suun- nitteilla haittavero ilmaisille kasseille 2009		Ilmastonmuutos, jätehuolto ja ros- kaantuminen
2007	Yhdysvallat	Yksittäisten kaupunkien toteuttamia täyskieltoja (San Francisco ja Oak- land), Kaliforniassa myyjillä on kierrä- tysvelvoite.		Roskaantuminen ja jätehuolto
2008	Kiina	Ilmaisten kassien jakokieltö, haittave- ro muovikasseille		Roskaantuminen
2008	Israel	Vero muovikasseille		
2008	Australia	Haittavero muovikasseille suunnit- teilla vuodelle 2009. Kauppaketjujen kampanjoita 2002-2004.	Kampanjointi vähensi muovikassien käyttöä 20% vuosina 2002-2004.	Roskaantuminen ja merieläimet

## 2.3

**Yhteenveto ostokassien elinkaaritutkimuksista**

Ostokassien suuren symboliarvon ja näkyvyyden vuoksi niiden elinkaarta on tutkittu useaan otteeseen. Taulukossa 4 on esitetty viimeaikaiset tutkimukset päätuloksineen ja oletuksineen. Suurimmassa osassa tutkimuksia muovikassien päästöt todetaan pienemmiksi kuin paperikassien ja useissa tutkimuksissa biohajoavien muovikassien päästöt ovat pienempiä kuin tavanomaisesta muovista valmistettujen. Ainoastaan yhdessä tutkimuksessa paperikassin elinkaariset päästöt todettiin pienemmiksi kuin muovikassin (Ryberg ym. 2000). Tutkimuksissa on kuitenkin joitain kyseenalaisia taustaoletuksia, jotka vaikuttavat lopputuloksiin. Esimerkiksi biohajoavan muovikassin parhaimmaksi vaihtoehdoksi todenneissa tutkimuksissa (JRC 2005, Patel ym. 2003) jätteenkäsittelyvaihtoehtona oli poltto ilman lämmön talteenottoa, jolloin ei huomioitu fossiilisten muovien suurta energiasisältöä, mutta huomioitiin

polton suuret päästöt. Vastaavasti tutkimuksessa, jossa paperikassi todettiin muovikassia paremmaksi (Ryberg ym. 2000), muovin oletettiin kierrätyksessä korvaavan suurelta osin muita kierrätysraaka-aineita, jolloin ei syntynyt nettohyötyä. Samoin jätteenpolton oletettiin korvaavan suurelta osin maakaasua, joka on huomattavasti vähäpäästöisempi kuin öljy- tai kivihiihilämpö.

Taulukko 4. Viime aikoina julkaistuja elinkaariarviointeja eri ostokassimateriaalien ilmastonmuutosvaikutuksista sekä käytetyistä toiminnallisista yksiköistä.

Tutkimus	Toiminnallinen yksikkö	Yksikön soveltuvuus Suomeen	Tutkimuksen tulos	Huomioita
Franklin Associates 1990	10 000 paperikassiekvivalenttia	Soveltuu, mutta olettaa 100% täyttöasteen.	Muovikassit ovat paperikasseja parempia energiankulutukseltaan, ilmapäästöiltään, vesipäästöiltään ja jätteen tuotannoltaan.	Tulokset riippuvat kierrätysasteesta, mutta alle 100% kierrätysasteella muovikassi on parempi vaihtoehto kuin paperikassi.
Fenton 1991 "Winnipeg"	1 kassi	Ei huomioi eroja täytössä.	Muovi- ja paperikassien energiankulutus on lähes sama. Muovikasseilla on pienemmät päästöt kuin paperikasseilla.	
Patel ym. 2003	1 kg raaka-ainetta	Ei huomioi eroja kassien painossa tai tilavuudessa.	Biomuovit aiheuttavat huomattavia päästösäästöjä PE -muoviin verrattuna	Jätehuolto: poltto ilman energian talteenottoa.
Ryberg ym. 2000 "Cepi-EuroKraft"	1000 kg pakattua tavaraa	Soveltuu, mutta olettaa 100% täyttöasteen.	Paperikassi on parempi kuin muovikassi, jos kassit poltetaan. Kierrätyskenaarioissa tilanne on tasan tai päinvastainen riippuen siitä mitä kierrätys korvaa.	Peruslaskelmissa oletettu muovin kierrätyksen korvaavan 83% kierrätysmuovia, 17% uutta muovia. Poltto korvaa maakaasua (40%) ja öljyä (60%) -lämpöseosta ja EU:n keskimääräistä sähköä.
Dinkel ym. 1996	100 m <sup>2</sup> kalvoa	Ei huomioi kassien tilavuus ja kantavuuseroja.	Biomuovin päästöt 38% PE vastaavista	Jätehuolto: poltto ilman energian talteenottoa.
JRC 2005	1 kg muovia	Ei huomioi eroja kassien painossa tai tilavuudessa.	Biomuovi (tärkkelys) johtaa 2-4 kg päästösäästöihin PE verrattuna.	Jätehuolto: poltto ilman energian talteenottoa.
Environment Australia 2002	Kotitalous kuljettaa 70 esinettä viikossa, 52 viikkoa	Huomioitu suuret kertaostokset. Kassien kokonaistarve huomattavan suuri (10 kassia viikossa).	Kestomuovikassit 2 kertaa parempia kuin puuvillakassit, 6 kertaa parempia kuin HDPE ja biomuovikassit, 10 kertaa parempia kuin paperikassit sekä 30 kertaa parempia kuin LDPE kassit	Jätehuolto: kaatopaikka. Kassien tarve huomattavasti suurempi kuin Suomessa.
Ecobilan 2004. "Carrefour"	9000 litraa päivittäistavaroiden pakkausta	Kertaostosten määrä oletettu vakioksi. Pelkkä kassin tilavuus ei huomioi kantavuutta.	Kestokassi paras, paperi huonoin. Biohajoava muovikassi huonompi kuin kerta-PE.	Jätehuolto: kassikohtainen. Valittu kevyitä muovikasseja. Paperintuotannossa korkea fossiilisen energian osuus.
Chaffee and Yaros 2007. "Boustead"	1000 paperikassin kantokykyekvivalentti	Kantavuus huomioitu. Toiminnallinen yksikkö ei ole helposti suhteutettavissa kotitalouksiin.	Muovikassi 2 kertaa parempi kuin paperi, 4 kertaa parempi kuin biomuovi	Biomuoviksi valittu "vähemmistömuovi" PBAT, jolla korkeat päästöt. Paperintuotannossa 60% energiasta on puuta.

## 3 Ostokassien elinkaariarviointi

### 3.1

#### Menetelmän kuvaus

Elinkaariarvioinnin johtajatuksena on kartoittaa tuotteen ympäristövaikutukset tuotteen ”kehdosta hautaan”, ts. raaka-aineiden hankinnasta jätteenkäsittelyyn. Perusmuodossaan menetelmä on kuvattu standardeissa ISO 14040 ja 14044 sekä elinkaariarvioinnin käsikirjassa (Guinee ym. 2002). Menetelmässä käydään vaiheittain läpi yksittäiset prosessit joita tarvitaan tuotteen valmistuksessa, käytössä ja hävityksessä. Yksikköprosessien päästöt ja raaka-aineen käytöt koostetaan tuotekohtaiseksi päästöinventaariksi, jonka ympäristönsuojelullista merkitsevyyttä arvioidaan vaikutusarvioinnin keinoin (esimerkiksi metaani- ja dityppioksidipäästöt muunnetaan ilmastomuutosta lisäävää säteilypakotetta kuvaaviin hiilidioksiekvivalenteihin). Lopuksi tulokset suhteutetaan johonkin ulkoiseen mittariin (esimerkiksi alueelliset päästöt tai kotitalouksien vuotuiset päästöt) tai toisiinsa vertailua varten.

Tässä tutkimuksessa keskityttiin ympäristövaikutuksista ainoastaan ilmastomuutokseen, uusiutumattomien energialähteiden kulutukseen, sekä veden- ja maankäyttöön. Tuotejärjestelmien aiheuttamat vaikutukset uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymiseen, ympäristön kemikalisoitumiseen, rehevöitymiseen ja luonnon monimuotoisuuteen jätettiin huomiotta.

### 3.2

#### Tutkimuksen tavoitteet, toiminnallinen yksikkö, rajaus ja skenaarit

OPTIKASSI-hankkeen tavoitteena oli selvittää eri materiaaleista valmistettujen ostokassien elinkaarien aikaiset ilmastovaikutukset. Lisäksi hankkeessa etsittiin ostokassin käyttö- ja jätehuoltovaiheen yhdistäviä toimintaketjuja, joilla kokonaisuutena voitaisiin vähentää. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää eri kassivaihtoehtojen vertailuun ja tuotantojärjestelmien kehittämiseen. Tutkimuksen tavoitteet vaihtelevat kohdeyleisön mukaan: kuluttajien ympäristökasvatus, kehityskohteiden tunnistus teollisuudelle ja perusteluja mahdollisille rajoituksille valtionhallinnolle. Tulosten vertailtavuuden vuoksi tutkimuksessa panostettiin merkittävästi läpinäkyvyyteen ja epävarmuuden kartoittamiseen sekä ISO 14040 standardin täyttymiseen.

Työssä vertailtiin viittä ostokassivaihtoehtoa: muovi-, kierrätysmuovi-, paperi- ja kangaskassia sekä biohajoavaa muovikassia. Nämä vaihtoehdot kattavat päivittäistavarakauppojen kassoilla tällä hetkellä yleisesti myytävät ostokassit. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin sellaiset ostosten kuljetuskeinot, joita ei myydä päivittäistavarakauפוissa (esimerkiksi korit, laatikot, reput ja kahvipusseista valmistetut kassit sekä kestopuovikassit).



Tuloksia tulkittaessa on huomattava, että tutkimus kattaa ainoastaan ostoskassin valinnan vaikutukset, jotka ovat vain osa päivittäistavaroiden ostamisen ympäristövaikutuksista. Ostosten kuljetus rajattiin pois tutkimuksesta, sillä kuljetusmatkat ja muodot vaihtelevat runsaasti ja aiempien tutkimusten mukaan aiheuttavat myös huomattavasti kassivalintaa suuremmat ympäristövaikutukset (Ryberg ym. 2000). Tämän vuoksi tutkimustulokset eivät sisällä kassivalinnan mahdollisia vaikutuksia ostokertojen lukumäärään (pieni kassi ja useita matkoja vai suuri reppu ja harvoja matkoja).

Ostoskassien ilmastovaikutuksia tutkittiin seuraavien (tutkimus)kysymysten kautta:

- (1) Mitkä ovat eri materiaaleista valmistettujen yksittäisten kassien elinkaaren aikaiset vaikutukset ilmastonmuutokseen?
- (2) Onko materiaalien välillä merkittävää eroa päästöjen osalta?
- (3) Miten ostoskasseista aiheutuvia haittoja voidaan vähentää tuotannossa, kotitalouksien toiminnassa ja kansantalouden tasolla?
- (4) Miten ostoskassien ympäristövaikutukset suhteutuvat muuhun kotitalouksien kulutukseen?

Ensimmäiset kaksi kysymystä on suunnattu kuluttajien valistukseen, jälkimmäiset kaksi yhteiskunnallisen päätöksenteon tueksi.

Vastaukset edellisiin kysymyksiin riippuvat ostoskassijärjestelmien rajauksesta ja siitä, minkä perusteella vertailu tehdään. Elinkaariarvioinnissa vertailupohjaa kutsutaan toiminnalliseksi yksiköksi (functional unit), joka kuvaa sitä hyötyä, jonka kassit elinkaaren aikana tuottavat kuluttajalle ja yhteiskunnalle. Ostoskassien osalta tilannetta monimutkaistaa se, että eri materiaaleista valmistetut kassit tuottavat erilaisia hyödykkeitä ostosten kuljetuksen lisäksi. Suurin osa muovikasseista uusiokäytetään jätepusseina, biohajoavat muovikassit biojätepusseina ja paperikassit uusiopaperin raaka-aineena. Lisäksi mahdolliset jätteenpolttoratkaisut vaikuttavat sähkön ja lämmön tuotantoon käytettäviin polttoaineisiin.

Jotta kassien vertailu olisi tasapuolinen, kassien tuottamat erilaiset hyödyt on sisällytettävä vertailuun. Tämä voidaan toteuttaa joko laajentamalla toiminnallista yksikköä sisältämään kaikki sivutuotteet, jakamalla päästöt sivu- ja päätuotteiden välille (massan tai taloudellisen arvon perusteella), tai käyttämällä hyvityksiä. Hyvitysmenettelyssä järjestelmästä vähennetään päästöt, jotka jäävät syntymättä, kun tarkasteltavan järjestelmän sivutuotteella voidaan korvata jotain muuta tuotetta (esimerkiksi muovikassin käyttö jätépussina korvaa jätépussien valmistusta). Nollatasoksi on siis asetettu nykytilanne, ja muutokset kuvataan kuormituksina (positiivisina päästöinä) tai vältettyinä eli negatiivisina päästöinä. Tätä hyvityspohjaista allokoinnin välttämismenettelyä sovellettiin kaikkialla, missä se oli mahdollista. Elinkaariarvioinnin tietokannoista poimitun aineiston osalta noudatettiin alkuperäisten arviointien allokointimenettelyjä (esimerkiksi polyeteenin valmistuksen erottamiseksi muusta öljynjalostuksesta).

Aiemmissa elinkaariarvioinneissa on päädytty hyvin erilaisiin toiminnallisiin yksiköihin (Taulukko 3). Sinänsä tämä on ymmärrettävää, sillä toiminnallisen yksikön valinta riippuu siitä, mitkä ovat tutkimukselta toivottavat vastaukset. Jokaisella käytetyllä toiminnallisella yksiköllä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, ja ne samalla suosivat tiettyjä kassityyppejä: materiaalipohjainen vertailu (kg raaka-ainetta) piilottaa erot kassien paksuudessa ( $g/m^2$ ), pinta-alapohjainen huomioi tämän, mutta ei ota kantaa tilavuuteen (litraa ostoksia). Tilavuuspohjaiset tarkastelut eivät huomioi kassien eri kantokykyä, mutta toisaalta painopohjaiset tarkastelut olettavat kassien täyttöasteen täydelliseksi ja kuorman tasaiseksi (ts. ei huomioida suuria kertaostoksia). Toisaalta kassien täyttöasteet ja kertaostosten määrät vaihtelevat voimakkaasti eri kuluttajien ja ajankohtien välillä, joten täyttöasteesta tehdyt oletukset (esimerkiksi 75 % täyttöaste) vaikuttivat epävarmoilta ja vaikeilta perustella. Tarkastelluista

elinkaariarvioinneista ainoastaan australialainen tutkimus (Environment Australia 2002) huomioi suuret kertaostokset. Sen mukaan yhden kerran ostosten kuljettamiseen tarvitaan 10 kestokassia kerralla. Muissa tutkimuksissa on oletettu, että yksi kestokassi riittää vuodeksi.

OPTIKASSI-hankkeessa lähdettiin aluksi liikkeelle siitä, että kassien vertailu pohjautuisi kotitalouden vuodessa kotiin kantamaan tavaramäärään ja keskimääräiseen kassien täyttöasteeseen. Kotitalouksien vuodessa kotiin kantaman tavaramäärän määrittäminen osoittautui kuitenkin ongelmalliseksi, sillä esimerkiksi elintarvikkeiden käyttö tilastoidaan ilman kuoria ja pakkauksia. Lisäksi suurin osa ostoksista tehdään suurissa super- ja hypermarketeissa (Päivittäistavarakauppa, 2007), joissa kertaostosten koko vaihtelee, joten vuoden keskimääräinen ostostilanne ei kuvaa hyvin tilannetta, jossa mukana olevat kestokassit eivät riitä kaikkien ostosten kuljettamiseen.

Edellä mainittujen ongelmien välttämiseksi tutkimukseen valittiin kaksi erilaista toiminnallista yksikköä, joiden avulla voidaan vastata hankkeen neljään tutkimuskysymykseen. Toinen toiminnallisista yksiköistä on 1 kpl eri materiaalista valmistettua kassia ja se vastaa yksittäiseen kassivalintaan liittyvään kysymykseen (1) "Mitkä ovat eri materiaaleista valmistettujen yksittäisten kassien elinkaaren aikaiset vaikutukset ilmastonmuutokseen?" Tällöin kysymykset kassien tilavuuden ja kantavuuden eroista jätettiin kuluttajan valintatilanteessa huomioitavaksi. Tällä vältettiin keinotekoiset oletukset keskiostoksesta ja ostokassien täyttöasteesta. (Ts. kuluttaja kassalla osaa arvioida hetkellisen kertakäyttökassien tarpeensa itse.)

Eri kassimateriaalien elinkaaren aikaisten päästöjen välisen erotuksen avulla voidaan puolestaan vastata kysymykseen (2) "Onko kassimateriaalien elinkaaren aikaisten päästöjen välillä merkittävää eroa?"

Toinen toiminnallinen yksikkö on kotitalouksien keskimääräinen kassien kulutus vuoden aikana. Sen avulla voidaan vastata kysymykseen (3) "Miten ostokasseista aiheutuvia haittoja voidaan vähentää tuotannossa, kotitalouksien toiminnassa ja kansantalouden tasolla?". Kotitalouksien keskimääräisen kassien kulutuksen jakamaa vaihtelemalla voidaan mallintaa vaikutuksia koko kansantalouden kannalta. Neljänteen tutkimuskysymykseen "(4) Miten ostokassien ympäristövaikutukset suhteutuvat muuhun kotitalouksien kulutukseen?" saadaan vastaus vertaamalla kotitalouksien keskimääräisen kassien kulutuksen päästöjä muuhun kotitalouden kulutukseen.

Kassien kulutus selvitettiin tiedustelemalla kolmelta suurimmalta kauppaketjulta (S-ryhmä, Kesko ja Tradeka) näissä vuoden 2007 aikana myytyjen kassien määrä ja raaka-aine. Vuonna 2007 kasseja myytiin yhteensä 223 600 000 kappaletta eli 91 kassia jokaista asuntokuntaa kohden (Suomen tilastokeskuksen mukaan Suomessa oli 2 453 800 asuntokuntaa vuoden 2006 lopussa). Näistä kasseista yli 95 % oli muovikasseja (joista pieni osa kierrätysmuovikasseja). Päivittäistavarakauppa ry:n tilastojen (Päivittäistavarakauppa 2007) perusteella selvitettyt kauppaketjut kattavat 85 % kaupan liikevaihdosta, joten olettaen että muissa kauppaketjuissa (Lidl ja Stockmann) myydään liikevaihtoon suhteutettuna yhtä paljon kasseja, asuntokuntaa kohden myytiin 107 kassia vuodessa.

Kuljetus keskusvarastosta kuluttajalle, kassin käyttö ja jätehuollon nouto- ja siirtokuljetukset on jätetty järjestelmän ulkopuolelle kaikissa kassivaihtoehdoissa. Lisäksi valmistuksen infrastruktuuria (tehtaat, tiet, satamat, jne.) ei ole huomioitu muovin, paperin eikä kassien valmistuksessa. Sen sijaan infrastruktuuri sisältyy useimpien lisäaineiden valmistukseen johtuen käytetyistä inventaariotietolähteistä.

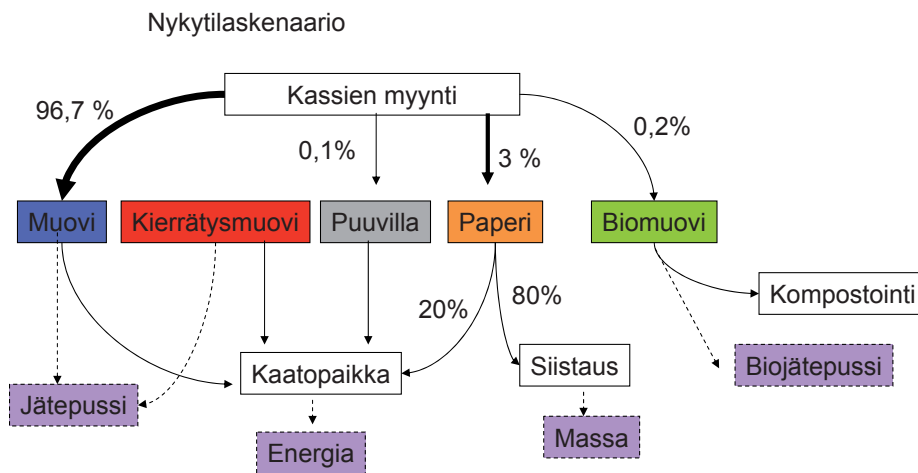
Eri ostokassivaihtoehtojen keskinäinen paremmuus riippuu suurelta osin jätteenkäsittelyratkaisuista. Kuluttajat tai ostokassiteollisuus eivät voi vaikuttaa jätteenkäsittelyn infrastruktuuriin, mutta se vaikuttaa silti ostokassien aiheuttamiin ympäris-

tövaikutuksiin. Tässä tutkimuksessa erilaisia mahdollisia jätteenkäsittelyvaihtoehtoja tarkasteltiin kolmen skenaarion avulla:

(1) Nykytilaskenaario. Sekajäte päätyy kaatopaikalle, lajiteltu biojäte kompostointiin ja paperijäte kierrätykseen. (Kuva 1)

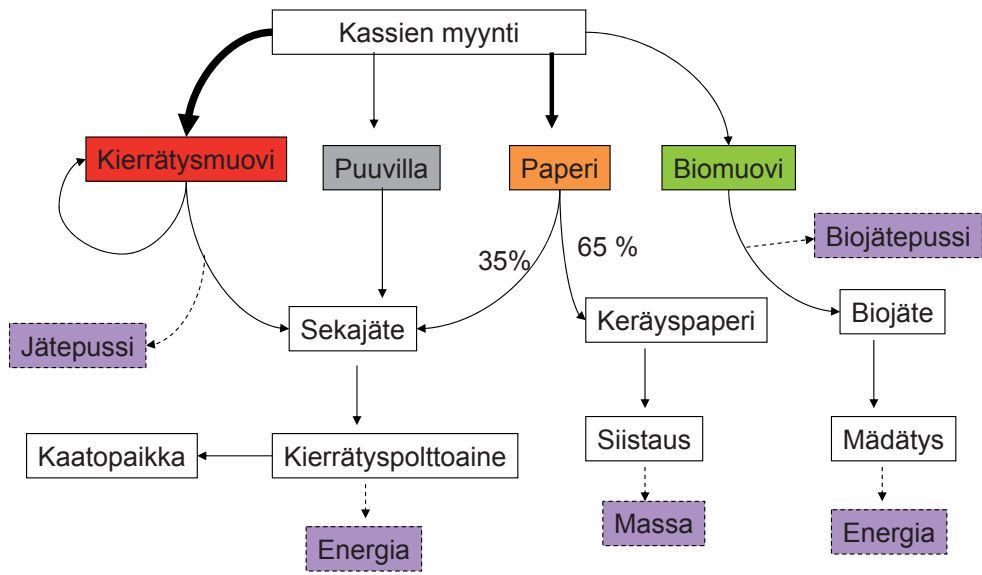
(2) Jätteenpoltto -skenaario. Kassit päätyvät energiajätteen joukossa jätteenpolttolaitokselle (arina-, REF- tai RDF-polttolaitokselle). Hyötysuhteen ja korvattavan energiamuodon merkityksen selvittämiseksi tehtiin useita vertailevia laskentoja. (Kuva 2)

(2) Tehokkaan lajittelun ja hyödyntämisen skenaario. Biojäte mädätetään biokaasuksi, muovi ja paperi kierrätetään suurelta osin, ja kierrätyksen ulkopuolelle jäljelle jäävästä sekajätteestä valmistetaan RDF-kierrätyspolttoainetta. Kaikki muovikassit ja jätepussit ovat kierrätysmuovia. (Kuva 3)



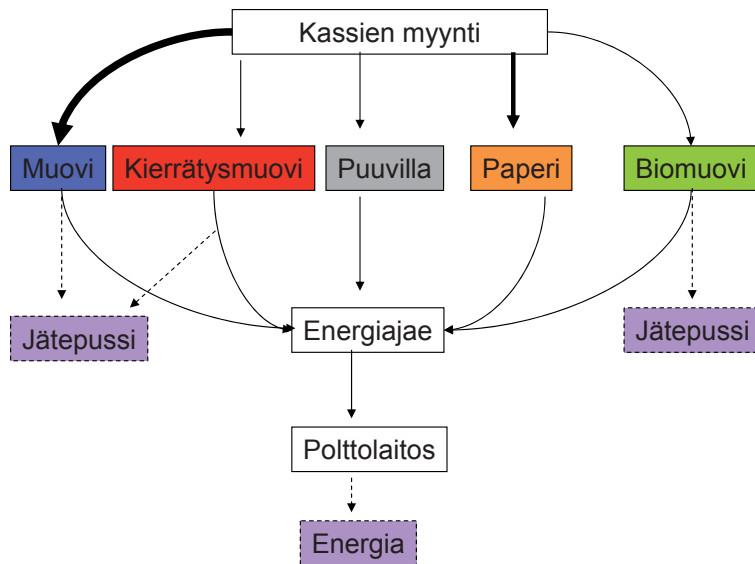
Kuva 1. Kassien elinkaari nykyisellä jätteenkäsittelyllä. Katkoviivoilla merkityt kaavion osat kuvaavat ostokassien käsittelyn tuottamia sivutuotteita.

"Tehokas jätteen lajittelu ja hyödyntäminen" -skenaario



Kuva 2. Energijätteen keräystä ja polttoa kuvaava skenaario.

"Jätteenpoltto" -skenaario



Kuva 3. Tehokasta jätteen lajittelua ja hyödyntämistä kuvaava skenaario.

## 4 Inventaarioanalyysi

### 4.1

#### Yleistä

Inventaarioanalyysissa koottiin yhteen tiedot eri ostoskassien raaka-aineista sekä tuotanto-, jalostus- ja jätteenkäsittelyprosesseista. Kaikki tässä tarkastelussa mukana olevat kassit edustavat kooltaan ja koostumukseltaan tyypillisiä, päivittäistavara-kauppojen kassojen yhteydessä myytäviä ostoskasseja.

Elinkaaritutkimusten tulosten laadun takaamiseksi standardissa ISO 14044 määritellään, että vertailuväitteitä esittävässä tutkimuksessa on arvioitava lähtötietojen:

- ajallinen, maantieteellinen ja teknologinen kattavuus
- tarkkuus, täydellisyys ja edustavuus
- johdonmukaisuus, toistettavuus, tiedon lähteet, informaation epävarmuus

Lisäksi sidosryhmien tulisi arvioida järjestelmien rajausta ja hyväksyä nämä rajaukset vertailukohdaksi. Tässä tutkimuksessa järjestelmien rajaukset ja niiden perusteella lasketut massataseet esitettiin sidosryhmien edustajista kootulle hankkeen johtoryhmälle.

### 4.2

#### Muovikassi

##### 4.2.1

##### Tuotejärjestelmän rajaukset

Muovikassin järjestelmän alkupää kattaa polyeteenin valmistusketjun, raaka-aineiden kuljetukset tehtaallesi (Tampere), muovikassin valmistuksen ekstruuderilla, värjäyksen, painatuksen, sekä kuljetuksen kaupan keskusvarastoon (pääkaupunkiseutu).

Kassin valmistusprosessi on yksinkertainen. Muovigranulaatit sekoitetaan ja sulatetaan ekstruuderissa (170 °C). Ekstruuderin ruuvi työntää sulan raaka-aineen rengasmaiseen suuttimeen, josta tuleva kalvo venytetään, jäädytetään ja ohjataan painokoneeseen. Painokoneen koronointilaitte poistaa sähköisesti pintajännityksen, jotta painoväri saataisiin tarttumaan muovikalvoon. Painon jälkeen värit kuivataan ja kuivausilma kerätään talteen ja poltetaan liuotinjäämien käsittelyä varten. Poltossa syntynyt lämpö otetaan talteen ja käytetään kiinteistön lämmittämisessä sekä painokoneiden kuivausprosessissa. Painokoneen jälkeen saumauskone leikkaa kalvoletkuun pitkittäisaumat 450 °C lämpöterillä, jolloin yhdestä rullasta saadaan kolme erillistä kassilettoa. Letkut katkotaan nippuihin ja niihin stanssataan kantoaukot ("henkselit"). Lopuksi kassit pakataan kuljetusta varten. (Juvonen 2008)

Käytön jälkeisen elinkaaren jätehuoltovaihtoehtona on nykytilanteessa sijoitus kaatopaikalle, mutta skenaarioissa tarkastellaan myös polton ja kierrätyksen ympäristövaikutuksia. Polttoprosessille tarkasteltiin useita vaihtoehtoja polton hyötysuhteen ja korvattavien energiamuotojen kannalta (yksityiskohtaisempi kuvaus muovikassin

inventaarioneiston arvioinnissa luvussa 4.2.2). Muovin kierrätys uusiksi muovikasseiksi on uuden muovin käyttöä vastaava sulatusprosessi, joten ylimääräinen energiankulutus aiheutuu ainoastaan kuljetuksesta keräyspaikalta tehtaalte. Jätehuollon ja kierrätyksen kuljetukset jätettiin kuitenkin tutkimuksen ulkopuolelle niiden vähäisen merkityksen vuoksi. Esimerkiksi 1 kg kuljettaminen 500 km etäisyydelle täydessä kuorma-autossa aiheuttaa vain 0,02 kg CO<sub>2</sub> eq. kasvihuonekaasupäästöt (VTT Lipasto -tietokanta), mutta 1 kg polyeteenin valmistus aiheuttaa yli 2 kg CO<sub>2</sub> eq. päästöt (Boustead 1999).

Muovikassin tuotantojärjestelmässä polyeteenin valmistusta ei seurattu luonnosta poistettavien raaka-aineiden tasolle. Sen sijaan hyödynnettiin Euroopan muovijärjestön elinkaariarviointeja (Boustead 1999) eri muovien valmistuksen päästöistä. Polyeteenin valmistus tapahtuu öljynjalostuksen yhteydessä ja hyödyntää suurelta osin muiden prosessien sivuvirtoja, joten ketjun palauttaminen raakaöljyn käytön tasolle olisi vaatinut järjestelmän kohtuutonta laajentamista useisiin rinnakkaisiin öljynjalostustuotteisiin.

Muovikassin tuotantojärjestelmää laajennettiin siten, että se kattoi myös HDPE-jätepussien valmistuksen. Muovikassin uusiokäyttö jättepusseina korvaa jättepuskien valmistusta, joten käytettäessä muita kassityyppisiä jättepusseja on hankittava erikseen. YTV:n selvityksen (Jokinen 2004) mukaan keskimääräinen pääkaupunkiseudun kotitalous tuottaa sekajätettä noin 360 kg vuodessa, kun koko valtakunnan tasolla sekajätettä syntyy noin 300 kg/hlö/vuosi (Tilastokeskus 2007), eli noin 636 kg/kotitalous. Yhden kotitalouden sekajätteiden kuljettamiseen tarvittaisiin siis pääkaupunkiseudulla noin 150 ostokassia vuodessa (jätteen tiheys 100 kg/m<sup>3</sup>, kassin tehollinen tilavuus 24 litraa). Ostokassien tarve riippuu kuitenkin paljon todellisesta täyttöasteesta, kasseja voidaan tarvita jopa 360, jos ne täytetään vain jäteämpärin tilavuuteen (10 litraa). Toisaalta Tilastokeskuksen mukaan sekajätteitä viedään jäteastiaan Suomessa keskimäärin noin 3,3 pussillista/kotitalous viikossa, mikä tarkoittaa noin 172 kassillista taloutta kohden ja 81 kassillista henkilöä kohden vuodessa (Vahvelainen 2008).

Keskimääräinen päivittäistavarakaupoista ostettu ostokassien ostomäärä, 107 kassia jokaista asuntokuntaa kohden, ei siis vastaa jätteenkäsittelytarvetta, joka on 1,4-3,4-kertainen. Tässä tutkimuksessa oletettiin, että mikäli jättepusseiksi kelpaavien ostokassien käyttömäärä vähenee, kotitaloudet ostavat jätteen kuljetukseen erityisiä jättepusseja. Tällä oletuksella saatiin huomioitua kertakäyttöisten ostokassien käytön vähentämisen vaikutukset jättepuskien kysyntään. (Esimerkiksi Irlannissa muovisen ostokassin kieltö lisäsi muovin kulutusta jättepuskien käytön kautta.) Jos jättepusseille ei ole kotitaloudessa tarvetta (esimerkiksi huomattavan alhainen sekajätteen määrä), tuloksista on vähennettävä jättepuskien korvaavuuden aiheuttamat hyvitykset.

#### 4.2.2

### Inventaarion lähtötietojen arviointi

Muovikassin valmistuksen prosessitiedot (raaka-aineiden ja energian kulutus) kerättiin haastatteluna ja tehdaskäynnillä Suominen Joustopakkauskset Oy:ltä (Pessi 2008). Tiedot kuvaavat Tampereen muovikassitehtaan tuotantoa vuodelta 2007. Tehtaan vuosituotanto vastaa noin 90 % kaikista Suomessa myydyistä muovikasseista, joten aineiston maantieteellinen, teknologinen ja ajallinen edustavuus on erinomainen.

Tuhatta muovikassikiloa kohti valmistuksessa käytetään 918 kg polyeteenigranulaatteja, 46 kg pigmenttiä ja 36 kg painoväriä. Sähkön kulutus prosessissa on 1 256 kWh/t tuotetta. Muovikassin valmistusvaiheessa ei aiheudu suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Tuotteen valmistusvaiheen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt tulevat epäsuorasti prosessissa käytetyn sähkön tuottamisesta. Suomen käyttämä sähkö on oletettu tuotettavan keskimääräisellä Suomen sähköntuotantoprofiililla, joka esi-

tetään tarkemmin liitteessä 2. Suomen keskimääräisen sähköntuotannon päästöt perustuvat tuoreisiin arvioihin, joskin vuosien välillä on vaihtelua johtuen lähinnä vesivoiman tarjonnasta. Työssä käytettiin keskimääräistä sähköntuotannon jakaumaa tehtaan ostaman sähkön jakauman sijaan, sillä nykytilanteessa sähkön kysynnän kasvu johtaa keskimääräisen tuotannon kasvuun.

Muovikassin pääraaka-aine, pienitiheyksinen polyeteeni (LDPE), valmistetaan öljynjalostuksen kevyistä jakeista ja maakaasusta. Valmistusketjun alkupäässä öljy ja maakaasu pumpataan maasta tai merestä ja kuljetetaan jalostamolle, jossa öljyn jakeet tislataan erilleen ja eteeni polymeroidaan polyeteeniksi. Suurin osa Suomessa Joustopakkaus Oy:n käyttämästä polyeteenistä tulee Nesteen Porvoon öljynjalostamolta (90 %) ja loput tuodaan Saudi-Arabiasta (Pessi 2008). Kuljetusetäisyydet Porvoosta ovat 214 km rekalla ja Saudi-Arabiasta 9000 km laivalla ja 310 km rekalla. LDPE muovin valmistuksen elinkaaritiedot on otettu Ecoinvent v2.0 -tietopankista (2007). Tiedot perustuvat Euroopan muovintuottajien yhteisön *Plastics Europe*:n keräämiin tehdaskohtaisiin (*cradle to gate*) keskiarvotietoihin (Boustead 1999), joihin Ecoinvent on lisännyt tietoa jätteiden käsittelystä. Polyeteenin valmistuksen tiedot ovat osin melko vanhoja (1990), lisäksi tiedot on julkaistu ainoastaan koosteina, joten tietojen purkamisen laskennan oikeellisuuden ja allokointien tarkistamiseksi on mahdotonta. Tästä huolimatta *Plastics Europe* -tietokanta (Boustead 1999) on yleisesti käytetty lähde elinkaariarvioinneissa (ks. esim. Ryberg ym. 2000; Chaffee ja Yaros 2007). Muovin valmistuksen ajallinen ja maantieteellinen edustavuus ovat heikohkoja, sillä keskimääräinen eurooppalainen öljynjalostamo ei kuvaa hyvin Porvoon laitosta. Lisäksi aineiston toistettavuus on heikko ja epävarmuus lähes mahdoton arvioida. Tietyn vertailupohjan saa muista itsenäisistä tutkimuksista. Esimerkiksi Patel (2003) sai Saksassa valmistettujen muovien hiilidioksidipäästöille noin 25 % pienempiä päästöjä kuin Boustead (1999) tietokannassa. Tämän epävarmuuden kuvaamiseksi tässä tutkimuksessa polyeteenin päästöt mallinnettiin sellaisella jakaumalla, joka kattoi sekä Boustead (1999) että Patel (2003) esittämät päästöarviot. (Toisin sanoen oletettiin Porvoon jalostamon olevan jotain keskimääräisen länsieurooppalaisen ja saksalaisen suurjalostamon väliltä.)

Polyeteenin lisäksi muovikassin raaka-aineita ovat titaanioksidi -pigmentti ja painoväri. Pigmenttiä käytetään koko kassin värjäämiseen ja painovärejä kassin kuviointiin. Suomisen käyttämä titaanioksidi tuli Belgiasta ja sen elinkaari mallinnettiin Ecoinvent v2.0 tietokannan avulla. Aineisto kuvaa keskimääräistä eurooppalaista tuotantoa vuodelta 1997, joten sen ajallista ja teknologista edustavuutta ei voida pitää erityisen hyvänä (tieto ei heijasta energiatehokkuuden ja energiatuotannon muutoksia). Pigmentin kuljetusmatkat Belgiasta Suomisen tehtaalle Tampereelle olivat 1 805 km rekkakuljetusta ja 204 km laivakuljetusta (Via Michelin 2008; Google Earth 2008).

Myös Suomisen käyttämä painoväri oli peräisin Belgiasta ja koostui pigmenteistä (15 %), nitroselluloosasta (10 %), sideaineista (10 %), liuottimista (65 %) sekä lisäaineista (1-2 %) (Pessi 2008). Painoväriin tuotannon kasvihuonekaasupäästöt mallinnettiin yksinkertaistaen olettamalla painoväri kokonaan liuottimeksi, joka oli etanolia. Muovikassin painossa käytetty etanoli oli bioperäistä ja valmistettu Altian tehtailla. Etanolille käytetty elinkaaritieto kuvasi keskimääräistä tilannetta Euroopassa vuonna 1986 (Ecoinvent 2.0), joten liuottimen elinkaariarviointia ei voi pitää ajallisesti eikä teknologisesti edustavana, eikä tehtyjen oletusten vuoksi edes tarkkana. Suurimmat epävarmuudet liittyvät kuitenkin väriaineiden valmistuksen haitta-ainepäästöihin, jotka eivät kuuluneet tämän elinkaariarvioinnin soveltamisalaan (ilmastonmuutos, energiankulutus ja luonnonvarat). Tehtyjen yksinkertaistusten vuoksi painoväriin päästöjä pidettiin hyvin epävarmoina.

Kassien kuljetukset tehtaalta keskusvarastolle sisällytettiin järjestelmään. Etäisyys oli 160 km (Google Earth 2008) ja se oletettiin tehtäväksi 40 tonnin rekalla.



Sekajätteisiin joutuessaan sekä kierrätysmuovista että neitseellisestä muovista valmistetut kassit korvaavat jätepusseja. Jätépussin tiedot saatiin Plastiroll Oy:ltä (Mattila 2008). Jätépussin paksuus oli 11 µm, paino 4,18 g ja tilavuus 20 litraa. Pelkästään tilavuuden perusteella ostokassien voisi ajatella korvaavan kahta jätépussia (ostokassin tilavuus on 40 litraa, mutta jätépussin vain 20 litraa), mutta myös jätéastian tilavuus vaikuttaa asiaan. Käytännön kokeiden perusteella päädyttiin 1:1 korvaavuuteen kauppakassien ja jätépussien välillä. Raaka-aineena oli 87 % HDPE ja 10 % LDPE, lisäksi 3 % sinistä väriainetta. Kaupoissa myydään kuitenkin muitakin kuin Plastiroll Oy:n valmistamia pusseja, joten lisäksi tehtiin pienimuotoista empiiristä tutkimusta: punnittiin kaupassa myytävät jätépussit. Pienen otannan perusteella pussien painossa (paksuudessa) oli vaihtelua. Raskaimmat jätépussit painoivat 14,5 g, eli yli kolminkertaisesti keveimpään verrattuna. Lisäksi osassa pusseista käytettiin kierrätysraaka-aineita. Koska Plastiroll Oy:n tietoja ei voinut pitää edustavina kuvaamaan koko jätépussivalikoimaa, tulokset mallinnettiin usealla eri painoisella jätépussilla. Seuraavissa ainevirtakaavioissa käytettiin lognormaalia keskiarvoa pussin painolle: 7,8 g/pussi (4,18 g alempi ja 14,5 g ylempi 95 % luottamusväli).

Perusskenaariossa muovikassi joutuu sekajätteen joukossa kaatopaikalle, jolloin sen sisältämä fossiilinen hiili ei vapaudu ilmakehään vuosisadan aikajänteellä. Tutkimuksessa tehdyissä skenaarioissa tarkasteltiin myös jätteenpolton vaikutuksia elinkaariin päästöihin. Muovin polton kokonaisympäristövaikutus koostuu kahdesta tekijästä: polton päästöistä ja tuotetun energian aiheuttamasta hyödystä, jos tuotetun energian voidaan olettaa korvaavan muiden polttoaineiden käyttöä. Tilastokeskuksen päästökertoimien perusteella muovin polton CO<sub>2</sub>-päästökerroin on 74,1 kg CO<sub>2</sub>/GJ ja keskimääräinen todellinen lämpöarvo 33 MJ/kg (Tilastokeskus 2006), eli päästöjä muodostuisi noin 2,4 kg CO<sub>2</sub>/kg. Tilastokeskuksen käyttämä energiasisältö on kuitenkin huomattavan alhainen LDPE-muoville, joten tässä käytettiin muovin lämpöarvolle lukua 43,3 MJ/kg (Patel ym. 2003) ja päästökertoimelle 3,15 kg CO<sub>2</sub>/kg (Chaffee ja Yaros 2007).

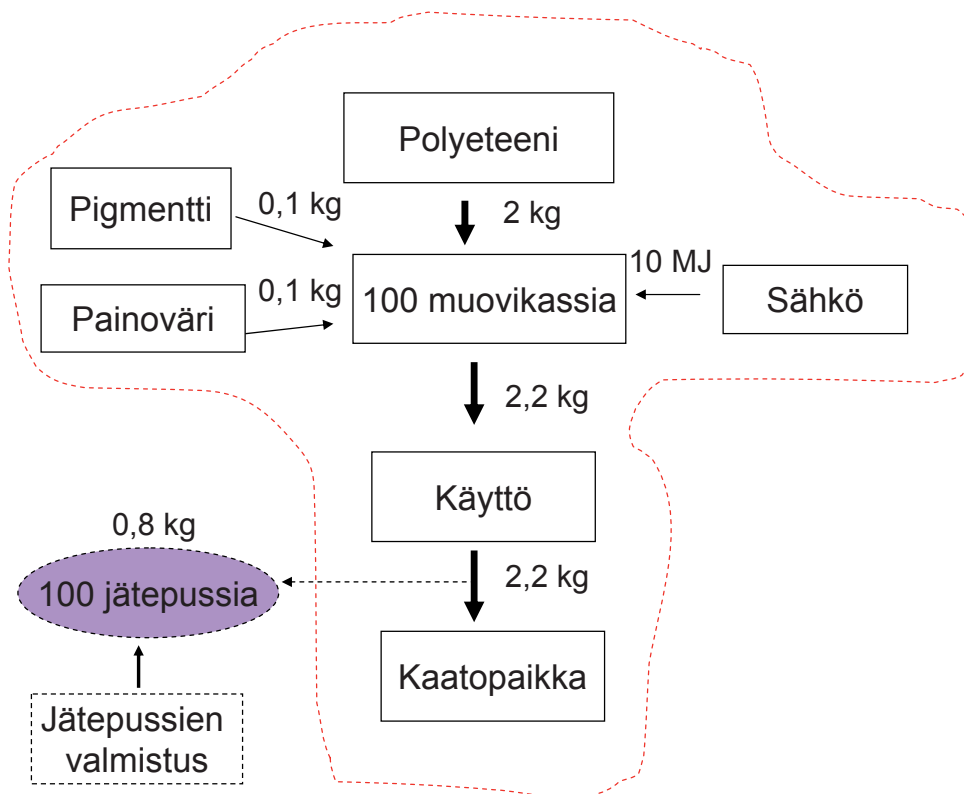
Kaikkea muovin sisältämää kemiallista energiaa ei saada talteen. Jos muovijäte poltetaan kierrätyspolttoaineeksi prosessoituna, vähäisinä määrinä rinnakkain pääpolttoaineen (kivihiili) kanssa, energiasta voidaan saada talteen jopa noin 88 % (Myllymaa ym. 2008). Jos taas muovijäte poltetaan jätteen polttoon suunnitellussa RDF- tai REF-jätteen polttolaitoksessa, energian saanto (eli hyötykäyttöön päätyvän energian osuus energiasisällöstä) on alhaisempi, noin 75 – 77 % (Myllymaa ym. 2008). Arinapolttolaitoksessa poltetun muovijätteen energian saanto riippuu siitä, löytyykö laitoksen tuottamalle lämmölle käyttöä. Esim. prosessihöyryä tarvitsevan teollisuuslaitoksen yhteydessä saanto voi olla jopa 83 %, kun taas taajamaratkaisussa ehkä vain noin 40 %.

Polttoprosesseissa syntyy typpioksiduulia merkityksettömän pieniä määriä - noin 1/5000 CO<sub>2</sub>-päästöistä - ja vielä vähemmän metaania, joten hiilidioksidipäästöjen kertoimella arvioituja laitoskohtaisia päästöjä voidaan pitää edustavina arvioina myös CO<sub>2</sub>-ekv-päästöistä. Muovin poltolla tuotetun energian hyödyt riippuvat sillä korvattavista laitoksista, niissä käytetyistä polttoaineista ja hyötysuhteista (Kappale 8.4).

Koska muovin polton päästökertoimet ja hyötysuhteet pohjautuivat uusiin Suomen olosuhteisiin sovitettuihin elinkaariarviointeihin (Myllymaa ym. 2008), niiden ajallinen, maantieteellinen ja teknologinen edustavuus olivat erinomaisia. Toisaalta tutkimusta tehdessä ei ollut käytettävissä todellisen mittakaavan aineistoa jätettä polttavista laitoksista, sillä laitosratkaisut olivat suunnitteluasteella. Lisäksi ei ole varmaa, mikä suunnitelluista laitoksista toteutuu, eli millä teknologialla muovinpolto käytännössä toteutettaisiin. Sen sijaan korvattavien laitosten tiedot pohjautuvat olemassa oleviin laitostietoihin, joten tietojen edustavuutta voidaan pitää hyvänä.

Inventaariotietojen perusteella lasketut massataseet muovikassin tuotejärjestelmälle on esitetty kuvassa 4.





Kuva 4. Muovikassin tuotejärjestelmän materiaali- ja energiavirrat 100 ostoskassia kohden nykytilaa kuvaavassa perusskenaariossa. Ostoskassien käyttö jätepusseina korvaa 100 erillisen jätepussin tarpeen (katkoviivalla merkityt prosessit vältetään).

#### 4.3

### Kierrätysmuovikassi

#### 4.3.1

##### Tuotejärjestelmän rajaukset

Kierrätysmuovikassia tarkasteltiin erillisenä tuotteena, vaikka sitä tuotetaan muiden muovikassien ohessa. Nykyisellään kaupoissa myytävissä kierrätysmuovikasseissa on 60 % kierrätettyä ja 40 % neitseellistä polyeteeniä. Uutta polyeteeniä käytetään muovikassin pinnoitukseen, jotta elintarvikkeita vasten saadaan puhdas pinta. Kierrätysmuovista 15 % on peräisin muovikassilinjan leikkuujätteistä ja 70 % hygienia- ja elintarvikepakkaustuotteista. Loput 15 % on ostettu Suomen Oy:n ulkopuolisista lähteistä.

Kierrätysraaka-aineiden käytön päästöjen mallintaminen vaatii metodologisen valinnan siitä, kuuluvatko kierrätyksen edut kierrätysraaka-aineen tuottajalle vai käyttäjälle. Muovikassin tuotannon voidaan ajatella tuottavan raaka-ainetta kierrätysmuovikasseihin ikään kuin sivutuotteena, mutta toisaalta kierrätysmuovijärjestelmä aiheuttaa sen, että muovijätettä ei tarvitse käsitellä muulla tavoin (kaatopaikkasijoitus, energiahyödynnys tai kierrätys muiksi tuotteiksi). Se, kumman tavan valitsee hyötyjen jakoon, on pitkälti arvovalinta (Boustead, 2001). Kierrätysmuovi- ja muovikassijärjestelmien yhdistäminen ei ratkaisisi ongelmaa, sillä pääosa raaka-aineesta tulee muista tuotejärjestelmistä. Tässä tutkimuksessa päädyttiin pitämään järjestelmät erillisinä seuraavien oletuksien avulla:

- kaikki hyödyt kohdistuvat kierrätystuotteelle (ts. raaka-aineena päästövapaa jäte, ks. esim. Korhonen ja Dahlbo 2007)
- kierrätyskassien kysyntä ei kasva niin suureksi, että kierrätysraaka-aine loppuu

Ensimmäinen oletus oli pitkälti arvovalinta, joka kuvasi useissa elinkaariarvioinneissa valittua vaihtoehtoa (päästövapaa jäte). Toisen oletuksen pätevyyttä selvitettiin kysymällä kierrätysmuovikasseja valmistavalta Suominen Joustopakkaukset Oy:ltä. Yhtiön edustajan mukaan jo nykyinen kierrätysmuovikassien tuotanto käyttää kaiken tehtailla tuotetun muovijätteen, mutta että keräilyketjua laajennetaan kauppakettun muihin osiin (Pessi, 30.5.2008). Teoriassa kierrätysmuovikasseilla voitaisiin kattaa koko suomalainen muovikassien tarve ja kierrätysraaka-aineen saatavuus ei muodosta ongelmaa muille kierrätystuotteiden valmistajille (Kärhä, 2008).

Vältettyjen jätehuoltoprosessien kannalta kierrätysraaka-aineen käsittely päästövapaana kuvaa tilannetta, jossa muovijäte olisi sijoitettu kaatopaikalle, jos sitä ei olisi käytetty kierrätysmuovikassin valmistukseen. Mikäli muovijätteen vaihtoehtoinen hyödyntämistapa olisi ollut poltto eli hyödyntäminen energiana, muovijätteen kierrätys vähentäisi päästöjä, mikä laskettaisiin ylimääräisenä hyvityksenä (negatiiviset päästöt raaka-aineelle). Jos taas voitaisiin olettaa muovijätteen vaihtoehtoiseksi hyödyntämistavaksi kierrätys johonkin toiseen tuotteeseen, muodostuisi kierrätysmuovikassin tuotejärjestelmä identtiseksi neitseellisen muovikassin järjestelmän kanssa. Viimeksi mainitun tarkastelutavan valinta edellyttäisi, että muovijätteen käyttö kierrätysmuovikassin valmistukseen vähentäisi muiden tuotteiden valmistajien mahdollisuuksia muovijätteen hyödyntämiseen, eli muovijätettä ei olisi mahdollista saada tuottajien käyttöön lisää muista lähteistä. Muovijätteen markkinamekanismeja (kysynnän, tarjonnan, hinnan ja käytön suhde) ei kuitenkaan pystytty tässä hankkeessa selvittämään ja siksi pitäydettiin tarkasteluun, jossa jäte tulee järjestelmään päästövapaana.

Kierrätysmuovikassien elinkaaren loppuosa valmistuksen jälkeen on sama kuin neitseellisestä muovista valmistetuilla kasseilla. Koska kierrätysmuovikassi saa hyödyt jo kierrätysraaka-aineen käytöstä, muovin kierrätyksestä ei saada hyvityksiä enää jätehuoltovaihtoehtona. Hyöty jätepussien korvaamisesta sisällytettiin kierrätysmuovikasseille samalla tavalla kuin neitseellisestä muovista valmistetuille kasseille.

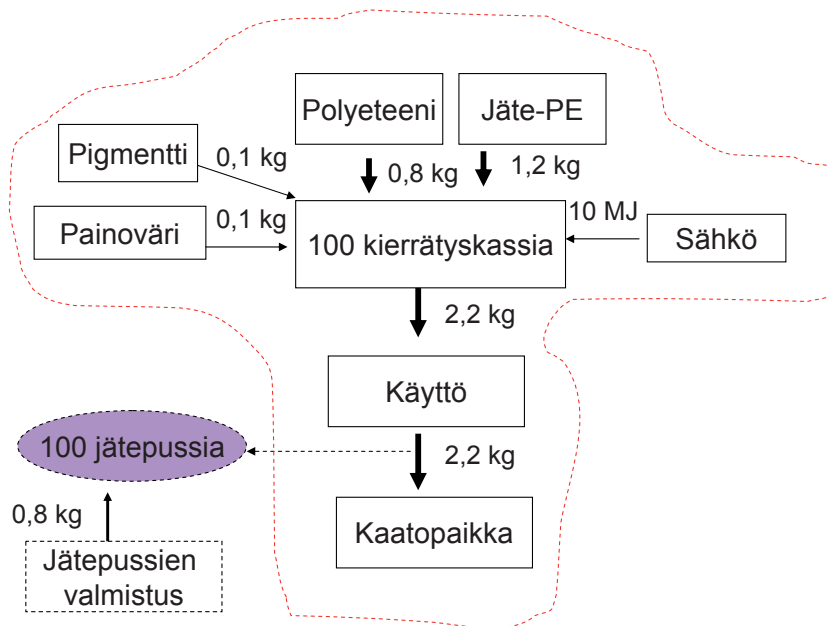
#### 4.3.2

### Inventaarion lähtötietojen arviointi

Uusiomuovikassien valmistuksessa neitseellisen muovin kulutus on 60 % alhaisempi kuin neitseellisen muovin valmistuksessa, mutta muiden raaka-aineiden käyttömäärät ovat samoja. Prosessissa aiheutuva hävikki kierrätetään takaisin raaka-aineeksi, joten sitä ei ole huomioitu laskelmissa.

Kierrätysmuovista valmistetun kassin kierrätysraaka-aine tulee suurimmaksi osaksi Suomesta, mutta myös vähäisissä määrissä paluukuljetuksina Puolan ja Ruotsin tehtailla. Kuljetusetäisyydet Puolasta ovat 1202 km rekalla ja 76 km laivalla (Via Michelin 2008; Google Earth 2008).

Neitseellisen muovin kulutusta lukuun ottamatta neitseellisen ja kierrätysmuovista valmistetun ostokassin elinkaaret, jätepussien korvaamista myöten, vastaavat toisiansa, joten luvussa 4.2.2 esitetyt arviot lähtötiedolle soveltuvat myös kierrätysmuovikassille. Inventaariotietojen perusteella lasketut massataseet kierrätysmuovikassille nykytilaa kuvaavassa perusskenaariossa on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Kierrätysmuovikassin tuotantojärjestelmän materiaali- ja energiavirrat 100 ostoskassia kohden nykytilaa kuvaavassa skenaariossa. Ostoskassien käyttö jätöpusseina korvaa 100 erillisen jätepussin tarpeen (katkoviivalla merkityt prosessit vältetään).

#### 4.4

### Biohajoava muovikassi

#### 4.4.1

##### Tuotejärjestelmän rajaukset

Biohajoavan muovikassin elinkaari kattaa termoplastisen tärkkelyksen valmistuksen ja lisäaineistuksen Italiassa, kuljetuksen Suomeen, kassin valmistuksen (ekstruusio) ja kuljetuksen kaupan keskusvarastolle. Ensisijaisena jätteenkäsittelyvaihtoehtona pidettiin kompostointia biojätteen seassa (korvaa biojätöpusseja). Vaihtoehtoisissa skenaarioissa myös jätteenpolto ja kaatopaikkasijoitus ovat vaihtoehtoja. Biohajoavaa muovikassia ei voida kierrättää ja tärkkelyksen joutuminen muovin kierrätysketjuun voi kontaminoida suuria eriä polyeteeniä. Biohajoavan muovikassin muovinkierrätysjärjestelmälle mahdollisesti aiheuttamia vahinkoja ei kuitenkaan mallinnettu lähtötietojen epävarmuuden vuoksi.

Biohajoavien muovikassien järjestelmässä tärkkelyksen tuotantoa ei seurattu maissin viljelyyn saakka. Sen sijaan maissitärkkelyksen valmistuksen päästöt mallinnettiin valmistajan tuottamien elinkaariarviointien ja kirjallisuuden perusteella. Menettely on sama kuin polyeteenin osalta muovikassijärjestelmässä.

#### 4.4.2

##### Inventaarion lähtötietojen arviointi

Biohajoava muovikassi on valmistettu Italiassa tärkkelyksestä ja fossiilipohjaisista lisäaineista (Novamont 2004). Kuljetusmatka Milanosta on 2 382 km rekalla ja 204 km laivalla. Novamont tuotti vuonna 2003 kolmasosan EU:n alueella valmistetusta modifioidusta tärkkelyksestä (JRC 2005), joten aineiston alueellinen edustavuus on hyvä. Ecoinventin tekemä elinkaariarviointi pohjautuu Novamont- yhtiön sisäisiin ympäristötuoteselosteisiin, joiden läpinäkyvyys ei ole hyvä ja epävarmuus on jos-

sain määrin suurta (liittyen lähinnä maakaasun ja öljyn käyttöön laitoksella). Suuren vaihtelun vuoksi biohajoavien muovien tuotannon päästöt laskettiin usealla elinkaariarviointituloksella (vaihteluväli kattaa kaikki julkaistut arvot, Patel ym. 2003).

Biohajoavan muovikassin valmistusprosessi on samanlainen kuin perinteistenkin muovikassien. Prosessin sähkön- ja painovärien kulutus saatiin Plastiroll Oy:ltä (Matti 2008), joka valmistaa tällä hetkellä lähes kaikki Suomessa myytävät biohajoavat muovikassit. Laskennassa oletettiin, että pigmentit ja painovärit ovat samoja kuin polyeteenikassien valmistuksessa käytetyt. Kuljetusetäisyydet poikkesivat kuitenkin hieman: 1 823 km laivalla ja 204 km rekalla. Samoin kuljetus keskusvarastolle oli hieman pidempi, 178 km rekalla.

Biohajoavan muovikassin valmistuksen tietojen teknologinen, ajallinen ja maantieteellinen edustavuus olivat erinomaisia. Painovärit muodostavat vain hyvin pienen osan kokonaismassasta, joten niissä tehdyt oletukset eivät todennäköisesti muuta merkittävästi arvioinnin tuloksia. Lisäksi oletukset ovat samat sekä biohajoaville että polyeteenisille muovikasseille.

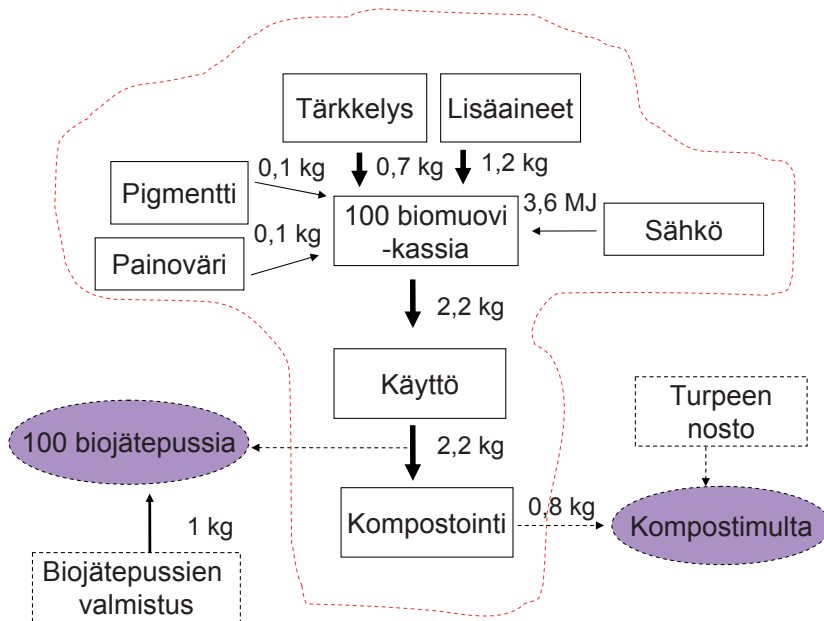
Jätteenkäsittelyssä biohajoavien muovikassien ajateltiin korvaavan biojätepusseja. Biojätepussien valmistuksen oletettiin olevan samankaltainen kuin biohajoavien ostokassien, ainoastaan painovärit ja pigmentti jätettiin pois (toisinsanoen energiankulutus painokiloa kohden on sama kuin ostokasseilla). Biojätepussissa on kuitenkin vähemmän fossiilisia lisäaineita kuin ostokassissa, mutta tarkkaa koostumusta ei ollut saatavilla. Tämän johdosta oletettiin biojätepussin olevan samaa raaka-ainetta kuin ostokassin, minkä seurauksena biohajoavan muovikassin päästöt ovat hieman pienempiä kuin todellisuudessa (bioperäisen materiaalin suurempi osuus biojätepussissa tuottaisi biohajoavalle muovikassille pienemmän hyvityksen biojätepussien korvaamisesta). Tarkastelluissa vaihtoehtoisissa skenaarioissa (jätteenpolto ja kierätysohjelmaan valmistus) energiajätteisiin päätyvien biohajoavien muovikassien oletettiin korvaavan muovisia jättepusseja.

Vaikka biohajoava muovikassi on osin eloperäistä tärkkelystä, se sisältää kuitenkin merkittäviä määriä fossiilista hiiltä (fossiiliset polyesterit). Biohajoavassa muodossa oleva fossiilinen hiili vapautuu ilmakehään sekä kompostoinnissa että jätteenpoltossa voimistaen ilmastonmuutosta. Valmistaja vahvisti kirjallisuudessa esiintyneen tiedon, jonka mukaan fossiilisen muovin osuus on noin 60 % tuotteen massasta (Degli Innocenti, 2008). Tässä työssä oletettiin, että fossiilinen biohajoava polyesteri on polybutyryli adipaatti tereftalaattia (PBAT), jota käytetään runsaasti seosaineena ostokasseissa (JRC 2005). Tällöin biomuoviseos sisältää noin 410 g fossiilista hiiltä/kg muovia (eli kompostointi tai poltto vapauttaa 1,5 kg fossiilista hiilidioksidia ilmaan käsiteltyä muovikassikiloa kohden).

Tuloksia tulkitessa on syytä huomioida, että fossiilisten komponenttien käyttö kuvaa nykytilannetta. Biohajoavan muovin valmistaja on ilmoittanut aikovansa lähivuosina korvata fossiilisperäisen polyesterin bioperäisellä (Degli Innocenti, 2008). Tämän vaikutusta tuloksiin ei kuitenkaan voitu arvioida, sillä bioperäisen polyesterin elinkaariarviointeja tai tarkempaa arvioita teknologian käyttöönottoajasta ei ollut tutkimusta tehdessä saatavilla.

Kompostoinnissa noin 36 % biohajoavasta muovikassista jää mineralisoitumatta ja muodostaa humusyhdisteitä (Degli Innocenti, 2008). Nykytilanteessa biojätekompostia käytetään viherrakentamisessa kasvatusalustoissa turpeen korvaajana. Täten kompostin käytöllä vältetään turpeen noston aiheuttama energian kulutus, sekä turpeen hajoaminen. Kompostin hiili on osin biogeenista, mutta turpeen hajotessa vapautuva hiili luetaan fossiiliseksi, joten kompostin käyttö vähentää kasvihuonekaasuja turpeen noston ja hajoamisen päästöjen verran.

Biohajoavan muovikassin tuotejärjestelmä nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Biohajoavan muovikassin tuotantojärjestelmän materiaali- ja energiavirrat nykytilaa kuvaavassa skenaariossa 100 ostokassia kohden. Ostokassien käyttö biojätepusseina korvaa 100 erillisen biojätepussin tarpeen ja kompostimulta korvaa kasvuturpeen nostoa (katkoviivalla merkityt prosessit vältetään).

#### 4.5

### Kangaskassi

#### 4.5.1

#### Tuotejärjestelmän rajaukset

Kangaskassiksi valittiin nykyisen tarjonnan perusteella puuvillainen kassi ja puuvillan oletettiin olevan peräisin suurimmilta puuvillan vientimailta (Kiina ja USA). Ketju sisältää prosessit puuvillan viljelystä, käsittelystä ja kankaan kudonnasta. Itse kassin ompelu (leikkaus, saumaus ja kahvojen kiinnitys) jätettiin tarkastelun ulkopuolelle sillä sen vaikutukset oletettiin vähäisiksi (pieni määrä sähköä, hyvin pieni määrä puuvillalankaa). Kassi oletettiin valmistettavaksi Kiinassa ja kuljetettavaksi Suomeen rahtilaivalla. Kassin käyttöikä oli hyvin epävarma tekijä, joten tulokset ilmoitettiin yhtä kassia kohden ja lisäksi laskettiin takaisinmaksuaika (ts. käyttökertamäärä, jolloin kassin kumulatiivinen haitta ohittaa kertakäyttökassien jatkuvan käytön haitan).

Käyttövaihetta ei sisällytetty minkään kassin elinkaareen, minkä vuoksi myös kangaskassien pesun aiheuttama kuormitus jätettiin huomiotta. Aiemman, kotitalouksien elinkaarisia ympäristövaikutuksia tutkineen, Mittatikka-hankkeen perusteella tämän rajauksen aiheuttama virhe ei ole kovin merkittävä (kangaskassin pesu 10 kertaa vuodessa aiheuttaa 1 kg pyykkiä, mikä vastaa ympäristövaikutuksiltaan noin kolmasosaa ruisleivän palasesta).

Käytön jälkeen kassin oletettiin päätyvän sekajätteisiin (kaatopaikka tai poltto riippuen skenaariosta). Kangaskasseja voidaan käyttää uudelleen jopa useiden vuosien ajan materiaalin paksuudesta riippuen. Kuitenkin jossain vaiheessa se rispautuu tai jostain muusta syystä tulee elinkaarensa päähän. Loppuun käytetty kangaskassi oletettiin heitettäväksi sekajätteisiin. Kassin toimittamista kokonaisuutena biojätteisiin ei

huomioitu, sillä tällöin se poistuisi kompostointilaitoksen ensimmäisessä rumpuseulonnassa – ja päätyisi lopulta kaatopaikalle. Kassin silppuamista ennen biojätteeseen toimittamista ei pidetty realistisena vaihtoehtona kotitalouksille. Yksi vaihtoehto kangaskassin jätehuollolle olisi ollut kierrätys lumpun seassa (esimerkiksi öljynkeräysmatoiksi), mutta tätä vaihtoehtoa pidettiin epätodennäköisenä, eikä sitä sisällytetty jätehuoltovaihtoehtoihin. Kotitalouksille ei ole toistaiseksi järjestetty tekstiilijätteen erilliskeräysmahdollisuutta, vaan palauttaminen uusiokäyttöön järjestöjen keräyspisteiden kautta on toistaiseksi ainoa vaihtoehto. Kangaskassin lopullinen kohtalo (kaatopaikka vai polttolaitos) riippuu käytetystä jätehuoltoskenaariosta.

#### 4.5.2

### Inventaarion lähtötietojen arviointi

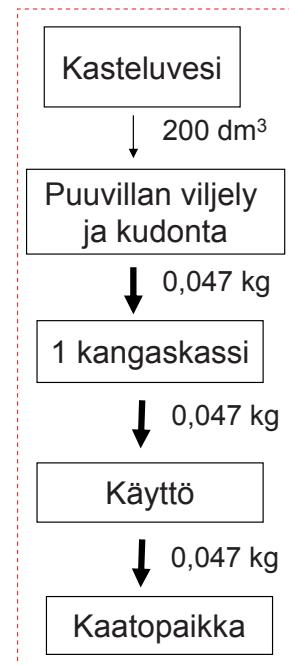
Suomessa myytävien kangaskassien valmistukseen käytetyn puuvillan alkuperämaa ei ollut selvitetävissä, eikä myöskään kankaan kutomisen ja kassin ompelun sijaintimaa. Tämän takia puuvillan valmistuksen elinkaaritietoina käytettiin puuvillan tuotannon globaalia keskiarvoa: lanka oletettiin 60 %:sti kiinalaiseksi ja 40 %:sti yhdysvaltalaiseksi puuvillaksi (Ecoinvent 2.0 tietokanta). Ecoinvent -tietokannasta haettu elinkaariarviointi sisältää prosessit puuvillan viljelystä kankaan kutomiseen. Itse kassin ompelu puuvillakankaasta (saumojen ompelu, kahvojen kiinnitys, ym.) jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Kangas ja ompelu oletettiin tapahtuviksi Kiinassa, josta kuljetus Suomeen tapahtui valtamerilaivalla (22 000 km).

Valmistustietojen maantieteellinen ja teknologinen edustavuus on huono, sillä ei ole varmuutta, että ne kuvaisivat Suomeen tuotujen kassien elinkaarta. Myöskään tietojen kattavuus ei ole kovin suuri, sillä vuonna 2005 Kiinan ja Yhdysvaltojen puuvillantuotanto kattoi vain 43 % maailman tuotannosta (Kooistra ja Termorhuizen 2006). Lisäksi tuotantojärjestelmiä on useita (luonnonmukainen, integroitu viljely ja suorakylvö), joista tässä tutkimuksessa tarkastellaan lähinnä tavanomaista ja sertifiomatonta puuvillantuotantoa. Luonnonmukaisen ja integroidun viljelyn tuotantopinta-alat ovat kuitenkin vähäisiä (Kooistra ja Termorhuizen 2006), joten tässä tutkimuksessa tarkasteltava mallikassi kuvanee useimpia Suomessa myytyjä puuvillakasseja.

Elinkaaren lopussa kangaskassien oletettiin päätyvän sekajätejakeeseen, joka päätyy nykytilassa kaatopaikalle. Tekstiilin hajotessa hapettomissa olosuhteissa muodostuu metaania, jonka määrä arvioitiin IPCC:n (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) päästökertoimilla (IPCC 2000). Laskentamenettely esitetään liitteessä 3. Polttoprosesseissa oletettiin, että bioperäisen hiilen osuus tekstiilijätteessä oli 100 %. Puuvillan hajoamisdynamiikka on huomattavan epävarmaa ja lisäksi hajoamisnopeus riippuu kaatopaikan olosuhteista, joten kaatopaikan maantieteellinen, teknologinen ja alueellinen edustavuus ei vastaa Suomen olosuhteita.

Kassien elinkaariarvioinnin kannalta kangaskassien suuri vaihtelevuus on ongelmallista. Pienen otannan perusteella kangaskassien paino vaihtelee välillä 47-125 g (keskimäärin noin 75 g). Toinen ongelma liittyy kassien käyttöön. On vaikeaa määrittää, montako kangaskassia tarvitaan vuodessa muutoin käytettävien noin 100 muovikassin korvaamiseen. Perusoletuksena yhden kangaskassin oletettiin korvaavan noin 100 muovikassia, mutta tämän oletuksen vaikutuksia koko vertailuun tarkasteltiin tekemällä laskelmat välillä "0,7 – 2 kangaskassia korvaa 100 muovikassia".

Kangaskassin tuotejärjestelmä on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Kangaskassin tuotantojärjestelmän materiaali- ja energia-  
virrat nykytilaa kuvaavassa skenaariossa 1 ostoskassia kohden.

4.6

## Paperikassi

4.6.1

### Tuotejärjestelmän rajaukset

Tutkimuksessa tutkittiin ensisijaisesti valkaistusta paperista valmistetun paperikassin elinkaarta. Paperikassin mallinnettu tuotantojärjestelmä kattaa metsien hakkuun, paperin valmistuksen ja valkaisun, paperin valmistuksessa käytettävien kemikaalien ja polttoaineiden valmistuksen, paperikassin ja painovärin valmistuksen, kierrätyksen ja kaatopaikkaläjäytyksen käytön jälkeen sekä kuljetukset metsästä tehtaalle, tehtaalta paperikassinvalmistukseen Ruotsiin, takaisin Suomeen kaupan keskusvarastolle ja kuljetuspoltoaineiden valmistuksen. Tarkan tiedon puuttuessa paperikasseista oletetaan 80 % menevän kotikeräyspaperin joukossa kierrätykseen ja lopun kaatopaikalle. Kierrätysprosessista saatava kierrätyscellu korvaa termomekaanista massaa sanomalehtipaperin valmistuksessa.

Lisäksi tutkittiin, kuinka valkaistun ja ruskean kassin elinkaaren aikaiset vaikutukset poikkeavat toisistaan. Ruskean kassin valmistuksesta ei kerätty inventaariotietoa, vaan tutkimuksessa käytettiin valkaistun kassin inventaariotietoa niin, että paperin valkaisu poistettiin ja että ruskeat paperikassit ohjautuivat kotikeräyspaperin kierrätyksen sijasta kartonkikierrätykseen. Ruskeaa paperikassia ei saa kierrättää keräyspaperin seassa, vaan se tulee laittaa keräyskartongin joukkoon. Tosiasiasa ruskean kassipaperin valmistus on hieman erilainen muutenkin kuin valkaisun osalta: Ruskean kassin paperi tehdään täysin havupuusellusta, jolloin puun kulutus on hieman korkeampi kuin valkoisen kassin tapauksessa, mutta toisaalta valkaisun saantohäviötä ei ole, minkä takia puun kulutuksen on oletettu olevan yhtä suuri molemmissa tapauksissa. Ruskean kassipaperin valmistuksen sähkönkulutus on hieman suurempi, koska havupuusellu vaatii enemmän jauhatusta kuin valkoisen kassin tapauksessa käytetty lehtipuusellu. Toisaalta taas höyrynkulutus on alhaisempi, koska valkaisu ei tapahdu. Nämä seikat on kuitenkin jätetty huomiotta tässä tutkimuksessa, sillä energia paperikassipaperin valmistukseen tulee pääosin biopolt-

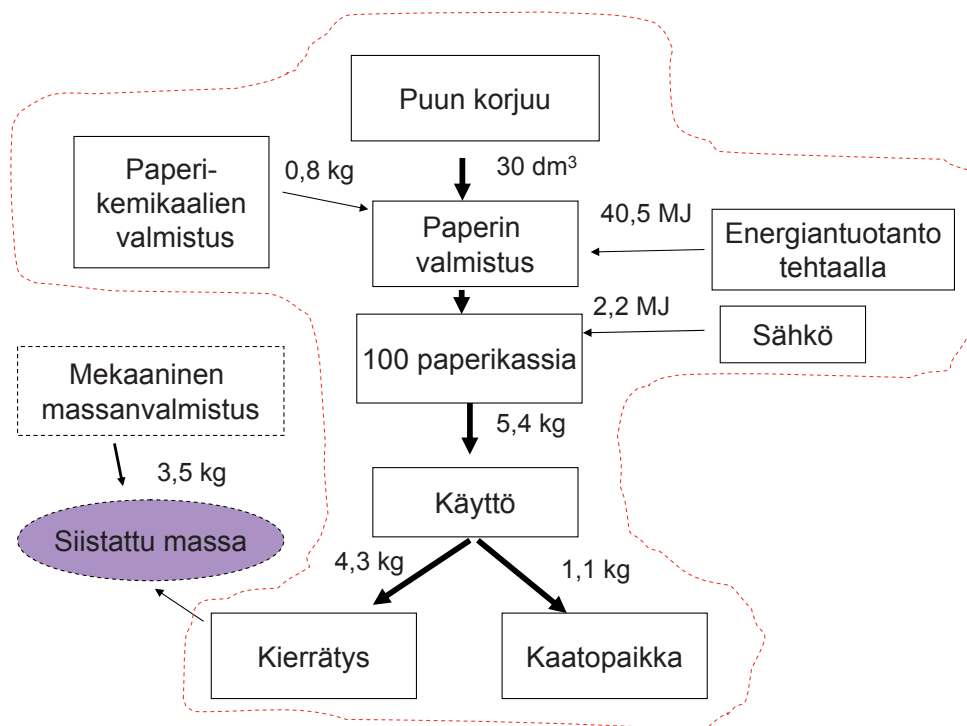


toaineista, jolloin päästöjen muutokset eivät vaikuta kassin hiilidioksiditaseeseen. Fossiilisia polttoaineita tehtaalla käytetään ainoastaan meesauunissa, ja sen päästöjen on oletettu pysyvän samalla tasolla niin valkoisen kuin ruskean paperikassipaperin tapauksessa. (Siltala 2008)

#### 4.6.2

### Inventaarion lähtötietojen arviointi

Paperikassin tuotejärjestelmä nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Paperikassin elinkaaren aikaiset materiaali- ja energiavirrat nykytilannetta kuvaavassa perusskenaariossa ilmoitettuna 100 ostoskassia kohden. Ostoskassien kierrätys korvaa mekaanista massanvalmistusta (katkoviivalla merkityt prosessit vältetään).

Paperin valmistuksen inventaariotiedot kerättiin UPM-Kymmene Oyj:n Pietarsaaren tehtailta ja ne ovat valkoiselle paperikassille. Kassi valmistetaan pääasiassa havupuusellusta, mutta myös lehtisellua on käytetty jonkin verran paino-ominaisuuksien parantamiseksi. Puut tehtaalle tulevat lähinnä Suomesta ja Baltiasta. (Siltala 2008). Tehtaan tiedot perustuvat vuoden 2007 toimintaan, joten niiden ajallinen ja teknologinen kattavuus on erinomaista. Suomessa myytävien valkoisten paperikassien materiaalista yli puolet on peräisin UPM-Kymmene Oyj:n Pietarsaaren tehtaalla, joten tiedon maantieteellinen kattavuus on hyvä. Puun korjuu mallinnettiin Ecoinvent-tietokannan (Ecoinvent v 2.0, 2007) tiedoilla ja puukuljetuksille käytettiin elinkaariohjelmaa GaBi:n (PE International 2004) valmiita tietokantoja. Puun korjuun tiedot ovat vuodelta 2002 ja puukuljetukset perustuvat vuoden 2005 tietoihin. Puun korjuun ja kuljetusten tietojen teknologinen ja ajallinen kattavuus ovat hyvää, alueellisesti tiedot perustuvat yleiseurooppalaisiin tietoihin ja näin ollen tiedot ovat myös alueellisesti kattavia, sillä osa puusta tulee Suomen ulkopuolelta.



Puun lisäksi paperinvalmistuksessa käytetään kemikaaleja sellunkeitossa, valkaisuissa ja paperinvalmistuksessa (Taulukko 5). Massakemikaaleista eniten käytetään natriumhydroksidia, rikkihappoa ja natriumkloraattia. Paperikemikaaleista hartsiliima ja tärkkelys ovat eniten käytetyt kemikaalit. Kemikaaleista noin puolet valmistetaan Suomessa, tärkkelys Thaimaassa ja loput Euroopassa. (Siltala 2008.) Kemikaalien valmistuksen elinkaariset päästöt mallinnettiin Ecoinvent-tietokannan avulla. Kemikaalien tiedoista suurin osa oli vuosilta 2000–2002 ja tiedot kuvasivat keskimääräistä eurooppalaista kemikaalinvalmistusta. Joidenkin kemikaalien osalta tiedot olivat vuodelta 1995, ja lisäksi muutamat kuvasivat globaalia tilannetta. Yleisesti ottaen kemikaalien valmistuksen tietojen alueellinen, teknologinen ja ajallinen kattavuus olivat kuitenkin hyviä tämän tutkimuksen tarpeisiin.

Taulukko 5. Paperin ja sellun valmistuksessa käytetyt kemikaalit, jotka sisällytettiin tutkimukseen.

<b>Paperin valmistuksen kemikaalit</b>	Tärkkelys (88 % kuiva-aine) Alumiinisulfaatti Hartsiliima (35 %) Silika-mikropartikkeli (15 %) Kationinen polymeeri Peretikkahappo (15 %)
<b>Sellun keiton kemikaalit</b>	Rikkihappo, valk. (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 93% Lipeä (NaOH) 50%
<b>Valkaisun kemikaalit</b>	Natriumkloraatti (NaClO <sub>3</sub> ) Vetyperoksidi (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) 50% Magnesiumsulfaatti (MgSO <sub>4</sub> ) Talkki Metanoli Happi Lipeä (50% NaOH) Rikkihappo (93% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )

Paperikassin valmistuksessa puu haketetaan ja kuoritaan, minkä jälkeen puuhakkeeseen lisätään valkolipeää (natriumhydroksidia ja natriumsulfidia) ja seosta keitetään ligniiniin ja puun uuteainien poistamiseksi. Keiton jälkeen sellu pestään ja se ohjataan valkaisuun, jossa keiton aikana puun ruskeaksi muuttuneet kuidut valkaistaan valkaisu-kemikaalien avulla. Keitossa reagoinut valkolipeä ja siihen liuenneet puun yhdisteet muodostavat osaltaan mustalipeää, josta ensin haihdutetaan ylimääräinen vesi pois, ja joka sen jälkeen poltetaan soodakattilassa. Sen lisäksi, että soodakattilassa mustalipeästä saadaan energiaa, sen rooli kemikaalikierron keittokemikaalien talteenotossa on myös tärkeä. Valkaisu-vaiheen jälkeen sellu pumpataan jauhatukseen, ja sieltä paperikoneelle. Valkaistuun selluun lisätään mahdolliset täyteaineet ja kemikaalit, jonka jälkeen se levitetään paperikoneen viiralle, jossa siitä suodatetaan vettä pois. Suodatuksen jälkeen rainaa puristetaan ja kuivataan, jonka jälkeen kuiva tuote kalanteroidaan paksuuden, karheuden ja kiillon säätämiseksi. Lopuksi paperi kierretään hylsyjen ympärille ja leikataan tarvittavan kokoisiksi rulliksi. (VTT 2007) Paperin valmistuksen elinkaaritiedot kuvaavat Suomessa myytyjen paperikassien järjestelmää. Kaikkia paperikassipapereita ei kalanteroida, mutta tutkimuksen paperikassipaperi kalanteroidaan, eli sen pinta käsitellään telojen läpi ajamalla.

Yhdistetyn sellu- ja paperitehtaan tarvitsema energia tulee kokonaan mustalipeän poltosta. Soodakattilan huoltoseisokin aikana tarvitaan kuitenkin ulkopuolista energiaa, joka Pietarsaaren tehtaalla ostetaan Alholmens Kraftin biovoimalalta (pääosin turvepoltoainetta). Paperikassin paperin valmistuksessa käytetty energia on lähes kokonaan bioenergiaa, ainoastaan meesauunissa (jossa käytetty kalsiumkarbonaatti poltetaan takaisin kalsiumoksidiksi) käytetään raskasta ja kevyttä polttoöljyä sekä nestekaasua, sillä meesan poltto ei tuota energiaa. Tehtaalla suunnitellaan meesauunin polttoaineiden vaihtoa biopoltoaineisiin lähitulevaisuudessa. (Siltala 2008). Tutkittavan tuotejärjestelmän polttoaineiden valmistuksen tiedot on poimittu Ecoin-

vent-tietokannasta ja ne kuvaavat vuoden 2000 tilannetta Euroopassa. Polttoaineen valmistuksen tietojen kattavuus on hyvää. Järjestelmä ei kuvaa kaikkia paperitehtaita, termomekaanista massaa tuottavissa järjestelmissä (esimerkiksi Kaipolan tehdas) joudutaan ostamaan polttoaineita ja sähköä järjestelmän pyörittämiseen. Tässä mielessä tutkimuksessa mallinnettu järjestelmä kuvasi Suomessa myyjiä paperikasseja, mutta tuloksia ei voida suoraan soveltaa muissa tehtaissa valmistettuihin kasseihin.

Paperirullat kuljetetaan paperitehtaalta paperikassin valmistukseen Ruotsiin, jossa rulla leikataan, painetaan ja liimataan. Painoväriä käytetään liuotinpohjaista väriä (Saraya 2008). Tiedot painoväreille ja painatuksessa käytetyille sähköille otettiin Ecoinvent –tietokannasta, olettaen, että painovärit ovat *offset*-painovärejä (*flexoprint* -painovärien elinkaaritietoa ei ollut saatavilla). Painatuksessa oletettiin käytettävän Ruotsin keskimääräistä sähköä, jonka tiedot perustuivat vuoden 2000 tietoihin. Sähköntuotannon päästöissä voi olla suuretkin vuosittaiset vaihtelut, mutta painatuksen sähkönkulutuksen päästöjen merkityksen ollessa vähäinen, myös tietojen kattavuus on riittävän hyvä tässä tapauksessa. Paperikassin liimauksessa tiedetään käytettävän dispersio- ja granulaattiliimaa (Tamminen S-T, 2008), mutta tarkemman tiedon puuttuessa liimojen valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Valmiit paperikassit kuljetetaan takaisin Suomeen kaupan keskusvarastoon, josta kassien jakelu päivittäistavarakauppoihin hoituu muiden tuotteiden kanssa yhdessä.

Kuljetusten pituudet on saatu UPM-Kymmene Oyj:n Pietarsaaren tehtailta (Siltala 2008) sekä puuttuvien etäisyyksien osalta Internetissä toimivasta Via Michelin -karttapalvelusta. Rekkakuljetusten on kaikkien oletettu tehdyn EURO 3 -luokituksen omaavilla rekoilla. Kuljetuksia kaupan keskusvarastolta eteenpäin ei ole huomioitu tutkimuksessa niiden monimutkaisuuden ja etäisyyksien suuren vaihtelun takia. Taulukko 6. esittää kuljetusten massalla painotetut keskimääräiset pituudet.

Taulukko 6. Keskimääräinen kuljetusvälineistö ja kuljetusmatkojen pituus. Kemikaalikuljetukset on painotettu eri kemikaalien massalla.

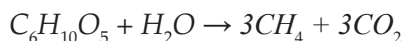
	<b>Rekka [km]</b>	<b>Laiva [km]</b>	<b>Juna [km]</b>
<b>Puukuljetus</b>	140	985	343
<b>Kemikaalikuljetus</b>	231	2 271	500
<b>Paperikuljetus</b>	905	304	-
<b>Paperikassikuljetus</b>	660	304	-

Kassien käytön jälkeisestä kohtalosta ei ole tilastoja, joten Paperinkeräys Oy:ltä saatujen, kotikeräyspaperia koskevien tietojen perusteella (Dahlbo ym. 2005) oletettiin, että 80 % kasseista päätyy kotikeräyspaperin kierrätykseen ja loput 20 % kaatopaikalle, jossa kaatopaikkakaasu kerätään talteen ja hyödynnetään osin lämpöenergiana. Lisäksi paperikassien pienpoltto jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, vaikkakin osa kasseista päätyy pienpoltoon saunoissa ja omakotitalojen uuneissa. Optimaalisen jätteenkäsittelyn ja yleisen jätteenpolton skenaarioissa tutkittiin myös paperikassien polton ympäristövaikutuksia.

Kotikeräyspaperista saatavan kierrätyskuidun oletettiin tässä tutkimuksessa ohjautuvan sanomalehtipaperin valmistukseen ja korvaavan siistauksen jälkeen termomekaanisesti valmistettua massaa. Aineisto pohjautuu LCA-WASTE tutkimuksen aikana tehtyyn Kaipolan tehtaan prosessimalliin, jonka avulla tarkasteltiin sanomalehden kierrätysasteen vaihtelun ympäristövaikutuksia. Kaipolan prosessitietoja päivitettiin vastaamaan vuoden 2007 tilannetta kysymällä tehtaalla käytettyjen polttoaineiden jakauma tehtaalta ja siistauksen ja termomekaanisen prosessin aine- ja energiataseet UPM-Kymmene Oyj:ltä (Rissanen 2008). Sekä siistaus että termomekaaninen prosessi saivat hyvityksiä tuottamastaan hukkalämmöstä sekä sivutuotteista (kuori, sahanpuru ja siistausliete) saatavasta energiasta. Lämmön oletettiin korvaavan ostopolttoaineita tehtaalla ja sähkön korvaavan ostosähköä. Kierrätysprosessin alueellinen

ja ajallinen edustavuus on erinomainen. (Ecoinvent tietokannan kierrätysprosessit kuvaavat keskieurooppalaisia laitoksia, jotka käyttävät runsaasti fossiilisia polttoaineita energiantuotantoon.) Kaipolan aineisto ei sisältänyt siistauskemikaaleja, joiden käyttömäärät otettiin Ecoinvent –tietokannasta.

Käytetyistä paperikasseista 20 % ohjautuu kaatopaikalle, jossa osa paperista jää 100 vuoden tarkasteluajanjaksolla hajoamatta, jolloin bioperäinen hiili sitoutuu kaatopaikkarakenteisiin. Tällöin paperikassi muodostaa lyhytaikaisen hiilinielun. Paperikassin kuivapainosta 44 % on orgaanista hiiltä (selluloosan kemiallisen rakenteen perusteella), josta arviolta 38-95 % hajoaa kaatopaikkaolosuhteissa (Barlaz, 2006, Micales ja Skog, 1997). Hapettomissa olosuhteissa selluloosa hajoaa veden vaikutuksesta metaaniksi ja hiilidioksidiksi (Chaffee ja Yaros 2007):



Metaania ja hiilidioksidia muodostuu siis yhtä paljon, mikäli vettä on saatavilla riittävästi. Nykyisistä käytössä olevista kaatopaikoista kaatopaikkakaasusta saadaan talteen noin 55 %, kaatopaikasta riippuen vaihtelu on välillä 40-75 % (Petäjä 2008). Kerätyistä kaasusta 56 % ohjautuu energiantuotantoon ja loput 44 % poltetaan soihduissa. Soihdupoltossa energiaa ei saada talteen, mutta metaani palaa hiilidioksidiksi, joka ei ole yhtä haitallinen kasvihuonekaasu kuin metaani. Lisäksi mikrobitoiminta kaatopaikan pintakerroksissa hapettaa keräyksen ulkopuolelle jäävästä metaanista arviolta 10 % (Monni ym. 2006, 25). Tässä tutkimuksessa oletettiin saadun lämmön korvaavan keskimääräistä suomalaista lämmöntuotantoa.

4.7

## Epävarmuus- ja herkkyystarkastelut

Epävarmuus- ja herkkyystarkasteluiden<sup>2</sup> tavoitteena oli tunnistaa johtopäätösten kannalta keskeisimmät epävarmuuslähteet ja kriittiset oletukset. Aiempien elinkaariarviointien perusteella ostokassien keskinäinen paremmuus riippuu voimakkaasti siitä, mitkä lähtöarvot on valittu keskeisille muuttujille (mm. energiantuotanto ja jätteenkäsittely), joten analyysistä voi saada hyvinkin poikkeavia tuloksia erilaisella lähtöarvojen valinnalla. Epävarmuustarkastelulla varmistettiin, etteivät tulokset johdu siitä, että on tahallisesti tai tahattomasti valittu sellaiset muuttujat, jotka suosivat yhtä vaihtoehtoa muiden kustannuksella<sup>3</sup>.

Ostokassien epävarmuudet ovat erilaisia: esimerkiksi muovikassien tuotantoketjun tiedot perustuvat valmistajan ilmoitukseen (yhden tuotantolaitoksen tiedot), mutta kangaskassien tiedot perustuvat kirjallisuuteen ja edustavat sekä Kiinan että USAn tuotannon keskiarvoa (eli sisältää suurta sisäistä vaihtelua). Koska ketjuilla on erisuuruiset epävarmuudet, niiden keskinäistä paremmuutta ei voida määrittää ilman epävarmuuden tarkastelua.

Herkkyys- ja epävarmuustarkastelussa muuttuja voi olla keskeinen joko suuren herkkyyden tai suuren epävarmuuden vuoksi (Saltelli ym. 2008). Herkät muuttujat tunnistettiin differentiaalimenetelmällä (lukuarvoja poikkeutettiin hieman ja tarkkailtiin suhteellista muutosta päästöissä). Epävarmat muuttujat tunnistettiin edellisen luvun inventaarioaineiston arvioinnin avulla. Epävarmuusanalyysiin valittu muuttujajoukko on esitetty Taulukossa 7.

<sup>2</sup> Epävarmuus kuvaa tarkastellun muuttujan vaihtelevuutta ja herkkyys kuvaa tutkimuksen johtopäätösten riippuvuutta tämän muuttujan vaihtelusta (ts. vipuvarsi). Tutkimuksen päätulokset eivät siis ole herkkiä kaikille epävarmoille muuttujille.

<sup>3</sup> Toisaalta epävarmuusanalyysi ei voi osoittaa, puuttuuko elinkaariarvioinnista jokin merkittävä tekijä, joka voisi vaikuttaa tuloksiin. Se osoittaa ainoastaan arvioinnissa huomioitujen tekijöiden keskinäisen merkityksen ja aiheuttaman epävarmuuden tuloksiin.

Taulukko 7. Kooste herkkyyssanalyysiin valituista muuttujista. Muuttujat valittiin niiden laskennallisen herkkyyden, oletetun epävarmuuden tai havaitun vaihtelun perusteella. Harmaa väri tarkoittaa, että muuttujalla on ollut merkitystä kyseisessä tuoteketjussa.

		Minimi ja maksimi	Muovi- ja kierrätysmuovikassi	Biohajoava muovikassi	Paperikassi	Kangaskassi
1-3	Sähkötuotannon CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O -päästöt	256-418 kg CO <sub>2</sub> ekv./MWh				
4	Kompostoinnin metaanipäästöt	0,9-1,1 kg/t				
5	Biohajoavan muovin metaanipäästöt kaatopaikalta	20-28 kg/t				
6-8	Lämmöntuotannon CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O päästöt	1,1-140 kg CO <sub>2</sub> ekv./GJ				
9-10	Maissitärkkelyksen CO <sub>2</sub> ja N <sub>2</sub> O päästöt	1,2-3,0 kg CO <sub>2</sub> ekv./kg				
11	Muovinvalmistuksen CO <sub>2</sub> päästöt	1,2-1,7 kg CO <sub>2</sub> /kg				
12	Paperinkierrätyslaitoksen lämmöntuotannon CO <sub>2</sub> päästöt	61-74 kg CO <sub>2</sub> /GJ				
13	Montaako kertakassia kestopaketti korvaa?	50-140				
14	Kaatopaikan pintakerroksissa hapettuvan metaanin osuus	9-16 %				
15	Kaatopaikkakaasun keräysaste	40-75 %				
16	Kaatopaikkakaasun energiahyödynnysaste	50-60 %				
17	Poltettavan energijätteen osuus polttoskenaariossa	80-100 %				
18	Paperikassien kierrätysosuus nykytilanteessa	78-90 %				
19	Paperista ja puuvillasta 100 vuoden aikana hajoava osuus	38-95 %				
20	Fossiilisten seosaineiden osuus biohajoavassa muovikassissa	Noin 60 %				
21-22	Metaanin ja dityppioksidin kasvihuonekaasuvaikutus	17-38 kg CO <sub>2</sub> ekv/kg CH <sub>4</sub> 200-450 kg CO <sub>2</sub> ekv/kg N <sub>2</sub> O				
23	Korvattu lämmöntuotantomenetelmä	Turve, öljy ja puu, puu ja kaasu sekä keskimääräinen lämpö				
24	Jätteenpolton menetelmä	RDF, REF sekä arina teollisuudessa ja taajamassa				
25	Montaako jättepussia ostokassi korvaa?	0,5-1,5				
26	Kangaskassin paino	44-125 g				
27	Kompostipussin paino	8,5-10 g				
28	Jättepussin paino	4-15 g				

## 5 Tulokset

### 5.1

#### Ostokassien ilmastovaikutusten vertailu

Yhden kassin elinkaaren aikana muodostuvat kasvihuonekaasupäästöt on esitetty Taulukossa 8. Samoin on esitetty päästöjen jakautuminen tuotejärjestelmien eri osille keskimääräisillä lukuarvoilla. Tässä vertailussa ei ole huomioitu kassityypeittäin vaihtelevaa käyttökertojen määrää.

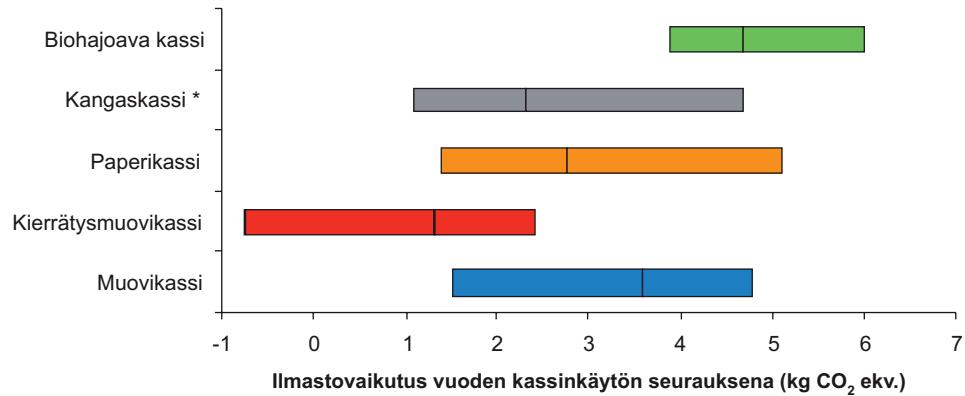
Taulukko 8. Eri elinkaarivaiheiden kontribuutio kokonaistulokseen keskimääräisillä lähtötiedoilla. Lisäksi esitetty ilmastovaikutusten vaihteluväli (95 % luottamusväli). Muista taulukoista poiketen tulokset on esitetty yhtä kassia kohden, joten niissä ei ole huomioitu kassityyppien erilaista käyttökertojen lukumäärää.

	Paperi	Muovi	Kierrätysmuovi	Biohajoava-muovi	Kangas
Kokonaisvaikutus g CO <sub>2</sub> ekv./kassi	14-51	15-48	-7-24	38-60	1100-3160
Raaka-aineet	33 %	87 %	77 %	70 %	87 %
Sähkö ja lämpö	22 %	12 %	22 %	3 %	
Jätehuolto	22 %	0 %	0 %	25 %	11 %
Kuljetukset	23 %	0 %	1 %	2 %	2 %
Materiaalihyvitykset	-48 %	-29 %	-55 %	-20 %	0 %
Energiahyvitykset	-2 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Varastoitunut bioperäinen hiili	-9 %	0 %	0 %	0 %	-5 %

Tulosten perusteella kangaskassien kassikohtaiset päästöt ovat huomattavasti suurempia kuin muiden kassityyppien. Tämä johtuu lähinnä puuvillan valmistuksen suuresta kuormittavuudesta ja toisaalta puuvillan kaatopaikkasijoituksen metaanipäästöistä. Tuloksia voi suhteuttaa toisiinsa laskemalla, kuinka monta kertaa kangaskassia pitäisi käyttää, jotta se olisi ilmaston kannalta parempi vaihtoehto kuin jatkuva muovikassien käyttö: keskimäärin 53 kertaa (95 % luottamusväli: 28-130 kertaa). Toisaalta kierrätysmuovikassiin verrattaessa kangaskassi ei välttämättä saavuta kierrätysmuovikassin lukemia koskaan, mikäli kangaskassia käytettäessä sekajätteitä varten joudutaan ostamaan erillisiä jätepusseja. Jopa keskimääräistä keveämmillä jätepusseilla kangaskassia olisi käytettävä yli 180 kertaa (95 % luottamusväli: 70-2000 kertaa), jotta sen käyttökertaa kohden lasketut päästöt alittaisivat jatkuvan kierrätysmuovikassien käytön.

Johtuen vaihtelusta kestokassien käyttöasteessa ja -iässä yksittäisten kassien valmistuksen vaikutusten suora vertailu ei välttämättä ole mielekäs. Kuvassa 9 on esitetty ilmastovaikutukset, jotka seuraavat siitä, että kannetaan ostosmäärä, joka vastaa 100 kertakäyttökassia (kestokasseja tarvitaan 0,7-2 kappaletta).

Tuloksissa on huomattavaa vaihtelua, minkä johdosta kassien välillä ei voida sanoa olevan selvää eroa. Merkittäviä eroja on ainoastaan verrattaessa biohajoavaa muovikassia kierrätysmuovikassiin.



Kuva 9. Eri kassien elinkaariset ilmastonmuutosvaikutukset nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa. Palkki kuvaa 95 % luottamusväliä ja palkissa oleva pystyviiva todennäköisintä arvoa (mediaani). \* Kangaskasseja käytetään 0,7-2 kpl muita kasseja 100 kpl.

Kierrätysmuovikassin käytön negatiiviset päästöt johtuvat tilanteista, joissa ostoskassilla korvataan useita (enintään 2 kpl) raskaita (14 g) jätepusseja.

Paperikassin vaihtelusta suurin osa selittyy vaihtelevista arvioista kaatopaikalla hajoavalle osuudelle ja hiilen varastoitumisesta rakenteisiin sekä Suomen keskimääräisen sähköntuotannon vaihtelusta vuosien välillä (kierrätyspaperista valmistettava siistausmassa korvaa hyvin sähköintensiivistä hierrettä Kaipolan laitoksella). Muovikassin ja kierrätysmuovikassin keskeisimmät epävarmuuslähteet ovat korvattavien jätépussien paino ja määrä sekä muovintuotannossa käytetty teknologia. Biohajoavalla muovikassilla lähes kaikki vaihtelu aiheutuu raaka-aineen valmistuksen päästöjen epävarmuudesta. Kangaskassilla lähes kaikki päästöt aiheutuvat puuvillan viljelystä ja kankaan kudonnasta, joten vaihtelu aiheutuu siitä, paljonko ostosten kuljettamiseen tarvitaan puuvillaa (ts. yhden kassin painosta ja vuodessa käytettävien kassien määrästä).

Koska kasseilla on yhteisiä epävarmuuslähteitä (sähkön- ja lämmöntuotanto, jätehuollon päästöt), niitä on mielekästä vertailla jokaisella arvojoukkoyhdistelmällä. Tällaisen vertailun tulos on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Eri kassien keskinäinen paremmuus ilmastonmuutosvaikutusten epävarmuussimulaatioissa nykytilaskenaariossa. Kangaskasseja on oletettu käytettävän 0,7-2 kappaletta 100 kertakäyttökassia kohden. Prosenttiluku kertoo, millä todennäköisyydellä rivillä oleva kassityyppi on parempi kuin sarakkeissa olevat kassit.

	Muovi	Biohajoava muovi	Paperi	Kangas	Kierrätysmuovi
Muovi		93 %	20 %	22 %	0 %
Biohajoava muovi	7 %		3 %	3 %	0 %
Paperi	80 %	97 %		44 %	12 %
Kangas	78 %	97 %	56 %		12 %
Kierrätysmuovi	100 %	100 %	88 %	88 %	

Taulukon 9 perusteella voidaan sanoa, että nykytilanteessa biohajoava muovikassi on huonoin vaihtoehto. Kierrätysmuovi vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta kuin kangas- tai paperikassi, mutta tulokset riippuvat ennen kaikkea kangaskassin käyttökerroista sekä ostoskassien sijasta käytettävien jätépussien painosta. Sama pätee vertailuun muovikassin sekä paperi ja kangaskassin välillä: vertailun tulos riippuu lähinnä siitä, minkä painoisia jätépusseja käytetään kangas- ja paperikassien yhteydessä.

## Eri jätehuoltoskenaarioiden vaikutus kassien ilmastonmuutosvaikutuksiin

Yksittäisellä kuluttajalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa alueensa jätehuollon toteuttamiseen muutoin kuin joko käyttämällä hyväkseen annettuja vaihtoehtoja tai olemalla piittaamatta niistä.

Jätehuollon merkityksen havainnollistamiseksi kassivaihtoehtojen elinkaarta on mallinnettu neljällä erilaisella jätehuoltovaihtoehdolla, joista yksi on perustilanne eli nykytila ja loput erilaisia potentiaalisia tulevaisuuden vaihtoehtoja toteuttaa jätehuolto eri alueilla.

### 5.2.1

#### Nykytilaskenaario

Tarkastelun pohjana oli nykytilaa kuvaava jätehuoltoskenaario. Muovi- ja kierrätysmuovikassit menivät kaatopaikalle ja biohajoava muovikassi kompostointiin. Samalla kassit korvasivat jätepusseja tai biojätepusseja.

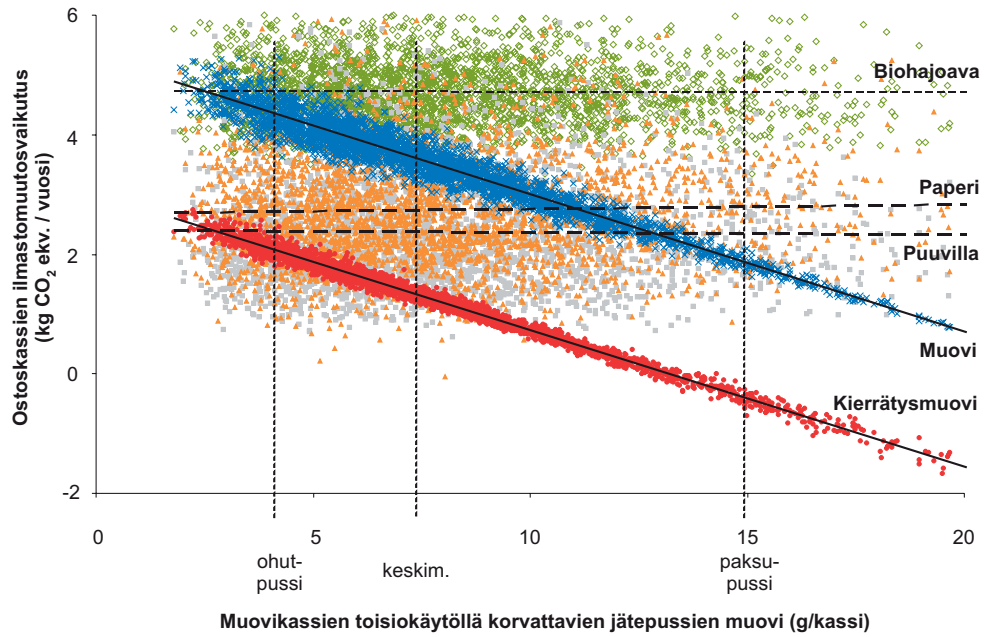
Epävarmuudet tarkasteltiin tekemällä samanaikainen Monte-Carlo simulaatio kolmelle kassiketjulle ja vertaamalla ilmastovaikutuksia. Käytetty ohjelmisto oli Excel-lisäosa "*Simulacion 4.0*" ja simulaatiotoistoja oli 3000 kpl (suurempi toistomäärä ei ollut käytännöllinen rajallisen laskentatehon vuoksi, mikä aiheuttaa pientä epävarmuutta tulosten merkitsevyysarvoihin).

Melko suuresta epävarmojen muuttujien joukosta huolimatta suurin osa tulosten vaihtelusta voitiin selittää vain muutaman muuttujan avulla. Biohajoavan muovikassin päästöjen kannalta suurin osa vaihtelusta aiheutui maissitärkkelyksen tuotannosta ja seosaineiden määrään liittyvästä epävarmuudesta. Muovikasseilla vaihtelu johtui korvattavien jätepussien määrästä ja painosta. Paperikassilla vaihtelu johtui sekä kaatopaikalle päätyvän osuuden että kierrätyksellä korvattavan sähkön päästöjen epävarmuudesta. Kangaskassilla vaihtelu johtui lähinnä vaihtelusta kassien painossa sekä epävarmuudesta siinä, kuinka montaa kertakassia yksi kestokassi korvaa.

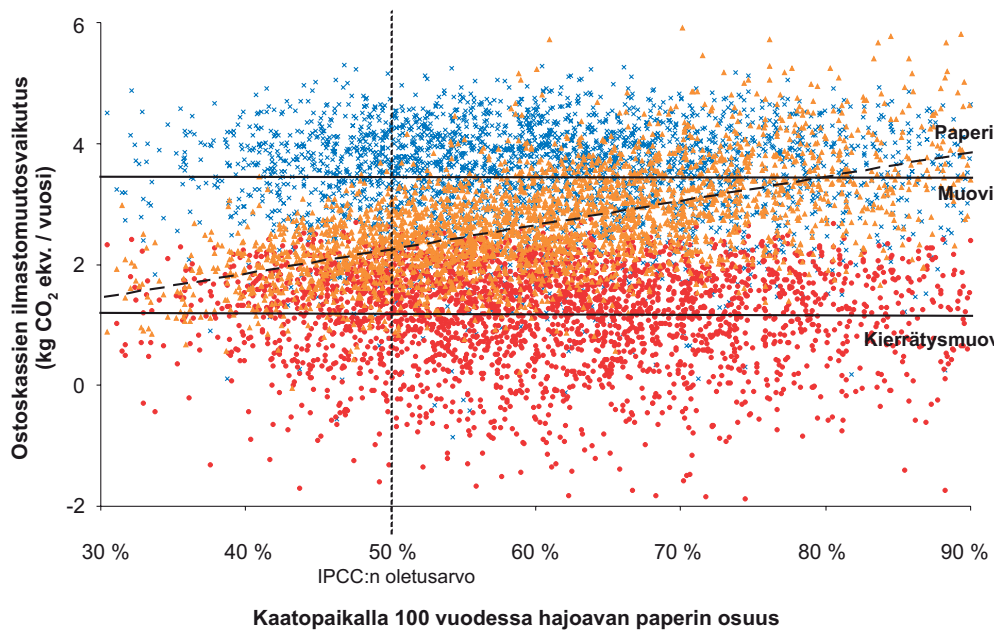
Seuraavalla sivulla esitetyissä kuvissa on havainnollistettu tulosten riippuvuutta kahden muuttujan – muovikassilla korvattavan jätepussin ominaisuuksien ja paperikassien kierrätysasteen- vaihtelusta. Ensimmäisessä kuvassa (Kuva 10) on piirretty tulosten riippuvuus siitä, paljonko neitseellisen polyeteenin käyttöä jätepusseissa voidaan korvata muovikassien uusiokäytöllä jätepusseiksi. Kuvaan on lisäksi merkitty otannan ohuin (4 g) ja paksuin (14,5 g) pussi, sekä oletettu keskimääräinen jätepussin paino (7,7 g). Näillä oletuksilla muovikassi on biohajoavaa muovikassia parempi riippumatta korvattavista jätepusseista, mutta paperikassia parempi vain jos sillä vältetään paksujen jätepussien käyttö. Kierrätysmuovikassi vaikuttaa parhaalta vaihtoehdolta, jos sillä korvataan paksuja jätepusseja.

Toisessa kuvassa (Kuva 11) on hahmoteltu tulosten riippuvuutta oletetusta paperin hajoamisasteesta kaatopaikalla. Suurilla hajoamisasteilla paperikassin päästöt muodostuvat muovikassin päästöjä suuremmiksi.





Kuva 10. Ostoskassin toisiokäytöllä korvattavien jättepussien paino selittää yli 95 % muovi- ja kierrätysmuovikassien ilmastovaikutusten vaihtelusta. Mitä useampia ja mitä paksumpia jättepusseja muovikasseilla korvataan, sitä parempi vaihtoehto ne ovat muihin kasseihin verrattuna.



Kuva 11. Ostoskassin elinkaaren aikana tuotettujen kasvihuonekaasujen määrän (kg CO<sub>2</sub>-ekv) riippuvuus paperin hajoamisasteesta kaatopaikalla 100 vuoden aikajänteellä (vaihteluväli Micales ja Skog, 1995 ja Barlaz 2006). Koska vain pieni osa paperikasseista päätyi kaatopaikalle, hajoamisaste ei selitä kuin alle puolet paperikassien ilmastovaikutusten vaihtelusta.



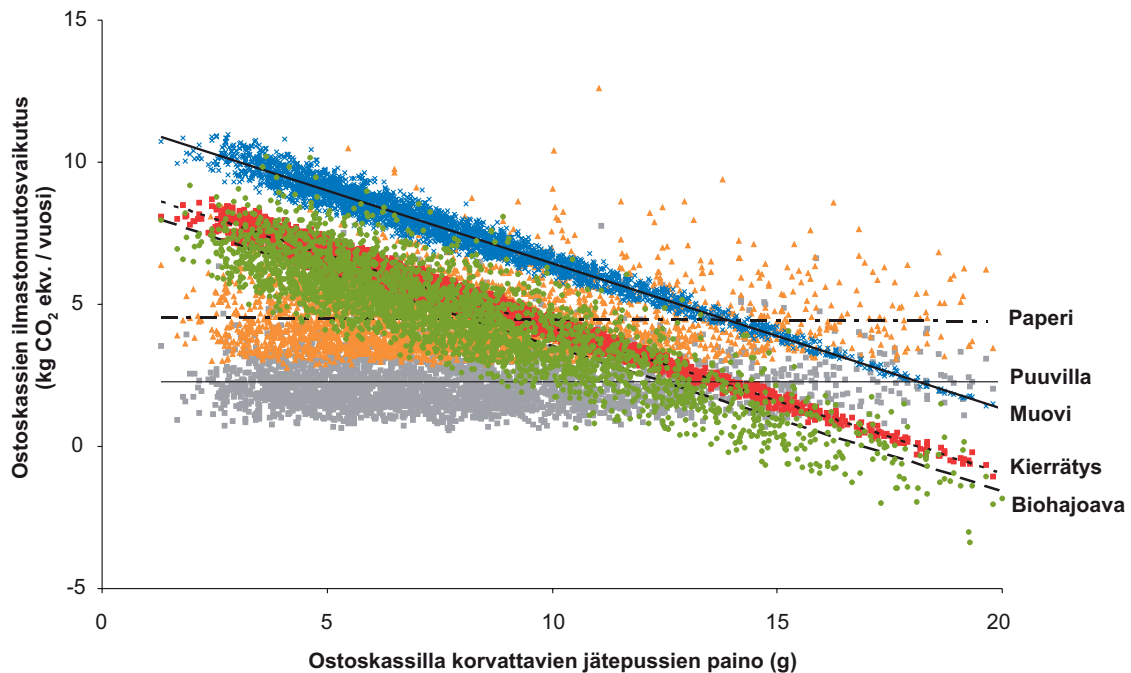
## Polttoskenaario ilman energiahyvityksiä

Tässä skenaariossa kaikki kassityypit päätyivät energiajätteisiin, joista osa poltettiin arina-, REF- tai RDF-polttolaitoksella. Lisäksi oletettiin, että jätteen poltosta ei saada energiahyvityksiä. Tämä kuvaa tilannetta, jossa jätteen poltto ei vähennä fossiilisten polttoaineiden käyttöä (ts. joko se korvaa uusiutuvia energiamuotoja, kokonaisenergiakulutus kasvaa tai oletetaan, että fossiiliset polttoaineet käytetään globaalisti loppuun joka tapauksessa).

Edellisestä skenaariosta poiketen osa biohajoavista muovikasseista päätyy polttamattoman energiajätteen mukana kaatopaikalle.

Korvattavien jättepussien määrä ja paino oli edelleen merkittävin vaihtelun aiheuttaja. Edellisestä skenaariosta poiketen jättepussit vaikuttivat myös biohajoavan muovikassin tuotejärjestelmän tuloksiin (kuva 12). Biohajoava muovikassi hyötyy tässä skenaariossa muihin kasseihin verrattuna siitä, että energiaa ei oteta talteen. Tärkkelyksen energiasisältö on alhaisempi kuin polyeteenin, mutta se on bioperäistä, joten sen polton päästöjä ei huomioida.

Kangaskassi hyötyy myös energiajakeen mukana poltosta, sillä tällöin se ei päädy kaatopaikalle eikä tuota metaania.



Kuva 12. Ostokassin elinkaaren aikana tuotettujen kasvihuonekaasujen määrän (kg CO<sub>2</sub>-ekv) riippuvuus uusiokäytöllä säästettyjen jättepussien painosta, kun kaikki kassit poltetaan energiajätteen seassa ja energiaa ei käytetä fossiilisten energialähteiden vähentämiseen.

### Polttoskenaario energiahyvityksillä

Seuraavaksi tarkastelua laajennettiin ottamaan huomioon jätteenpolton energiahyvitykset. Tällöin tarkastelu muuttuu monimutkaisemmaksi, sillä vaihtelua on sekä jätteenpolttomenetelmien hyötysuhteissa että korvattavissa sähkön ja lämmön tuotantotavoissa.

Jätteenpolton sähkön tuoton hyötysuhde vaihtelee laitosratkaisusta riippuen välillä 14-24% (RDF<Arina) ja käytettävän lämmön tuotto välillä 13%-74% (Arina<RDF). Suuren menetelmien välisen vaihtelun vuoksi epävarmuustekijäksi valittiin käytettävä menetelmä: arinalaitos teollisuudessa tai taajamassa, RDF tai REF1-2 laitos.

Paperikassin lämpösisällöksi oletettiin 17,7 MJ/kg (Chaffee ja Yaros, 2007).

Korvattavan sähkön osalta käytettiin keskimääräistä suomalaista sähköntuotantoa 292 kg/MWh, jonka CO<sub>2</sub>-päästöjen annettiin vaihdella välillä 220-380 kg/MWh. Vaihteluväli kattoi puhtaan maakaasun, öljyn ja kivihiilen, muttei puhdasta turvetta. Vaihtoehtona olisi ollut purkaa sähkön päästöt useampaan osatekijään, esim. fossiilisten polttoaineiden osuuteen ja yksikköpäästöihin, mutta tässä käytettiin yksinkertaisempaa vaihtoehtoa.

Korvattavan lämmöntuotannon osalta käytettiin neljää vaihtoehtoa, jotka kuvaavat erilaisille alueille suunniteltuja jätteenpolttolaitoksia ja niiden mahdollisuuksia korvata muilla polttoaineilla tuotettua energiaa:

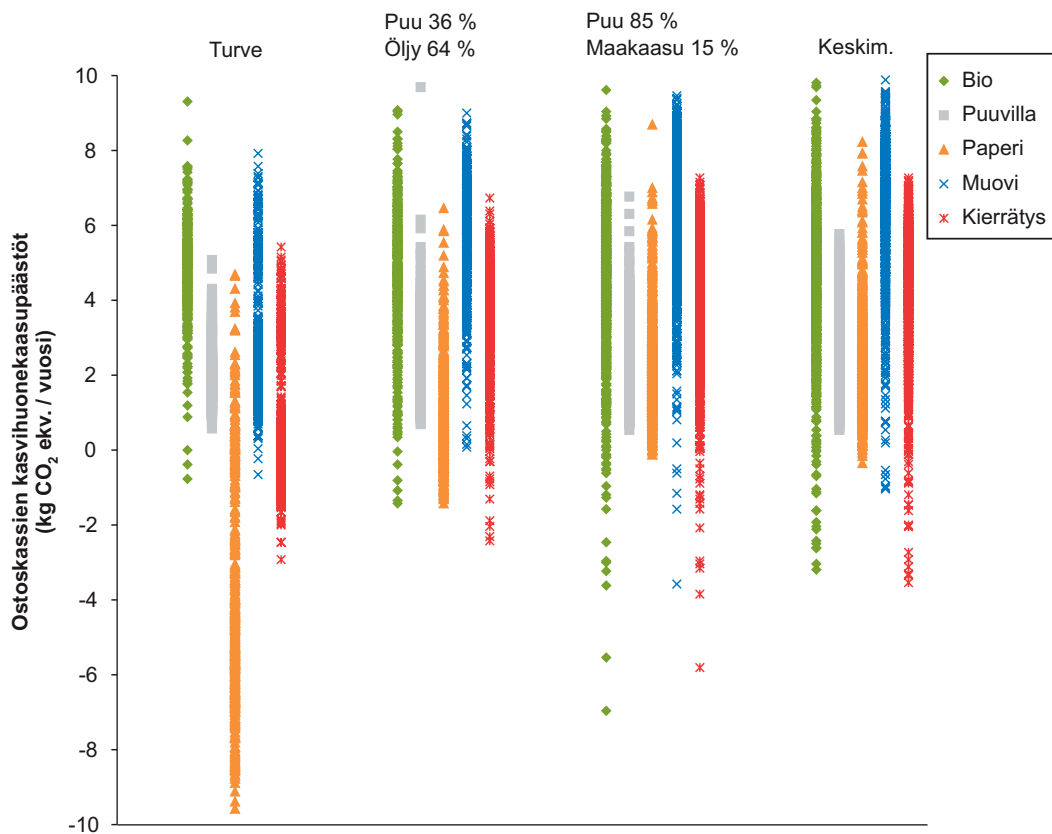
- (1) Turve – kuvaa Pohjois-Pohjanmaata
- (2) Öljy-puu – kuvaa Pohjois-Karjalaa
- (3) Puu-maakaasu – kuvaa Etelä-Suomea (tehtaan yhteyteen suunniteltu laitos)
- (4) Keskimääräinen lämmöntuotto – kuvaa Etelä-Suomea (taajamaan suunniteltu laitos)

Etelä-Suomessa olevien laitosten todennäköisyys oletettiin kaksinkertaiseksi sen perusteella, että suurin osa väestöstä ja ostoskasseista on eteläisessä Suomessa. Lämmöntuotantolaitosten yksikköpäästöjen sisäinen vaihtelu oletettiin melko vähäiseksi (10 % keskiarvosta). Tehdyt oletukset olivat karkeita, mutta antavat kuvan epävarmuuden luonteesta ja sen vaikutusten suuruusluokasta.

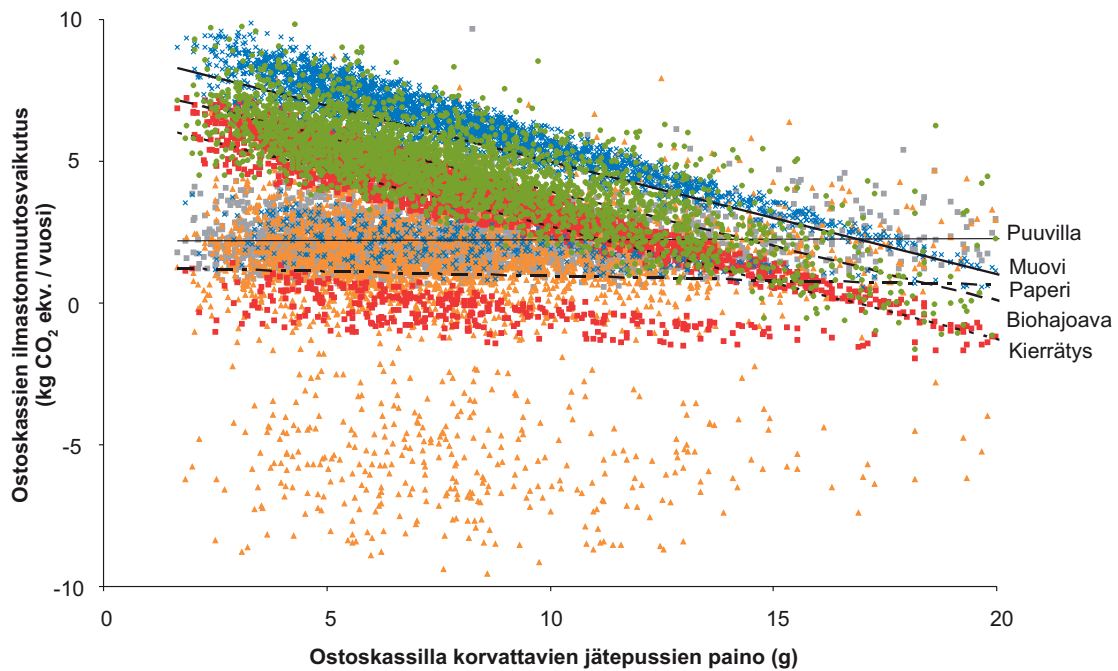
Epävarmuustarkastelun tulosten riippuvuus korvattavasta lämmöntuotantomenetelmästä on esitetty kuvassa 13. Paperikassi hyötyi selvästi eniten energiakäytöstä ja hyöty oli sitä suurempi mitä saastuttavampaa lämmöntuotantoa energialla korvattiin. Biohajoavalla muovikassilla tulosten vaihtelu kasvoi, kun siirryttiin vähemmän saastuttavien lämmöntuotantomuotojen korvaamiseen. Tämä johtui siitä, että biohajoavan muovikassin käyttö energiajätteiden kuljetukseen korvasi jätepusseja, jotka olivat kokonaan fossiilista alkuperää. Tämän korvaavuuden hyödyt kasvoivat, kun energiajätteen poltosta saadut hyödyt vähenivät, samalla kuitenkin tulokset muuttuivat yhä riippuvaisemmiksi korvattavien jättepussien painosta ja määrästä. Paperikassilla tätä ongelmaa ei ollut, sillä oletettiin, että sitä ei käytettäisi energiajätteiden kuljetukseen. Toisaalta kokonaan fossiilisten muovikassien osalta jättepussien korvaamisesta saatava hyöty oli vähäisempi.

Korvattava energiamuoto määräsi osittain myös kassien keskinäisen paremmuuden. Turvetta korvattaessa muovikassi oli biohajoavaa muovikassia parempi, mutta muissa tapauksissa sen päästöt olivat suuremmat kuin biohajoavalla muovikassilla. Samoin kangaskassi muuttui paperikassia paremmaksi vaihtoehdoksi siirryttäessä korvaamaan turvetta vähemmän saastuttavia lämmityspolttoaineita.

Nykytilanteeseen verrattuna jätteen energiakäytöskenaariossa paperikassi hyötyy energiahyödynnyksestä, jos sillä korvataan saastuttavia polttoaineita. Uusiutuvia polttoaineita korvattaessa hyödyt ovat vähäisempiä. Lisäksi poltto poisti tuotejärjestelmästä hiilen kaatopaikalle varastoitumisen tuomia hyvityksiä.



Kuva 13. Elinkaariarviointien tulosten riippuvuus energiajätteen poltolla korvattavista lämmitys- polttoaineista. Turpeen korvaaminen paperikasseilla johtaa ilmastohyötyihin. Biohajoavan kassin elinkaariarviointien tulosten vaihtelu kasvaa samalla kun siirrytään vähäpäästöisempiin energiamuotoihin.

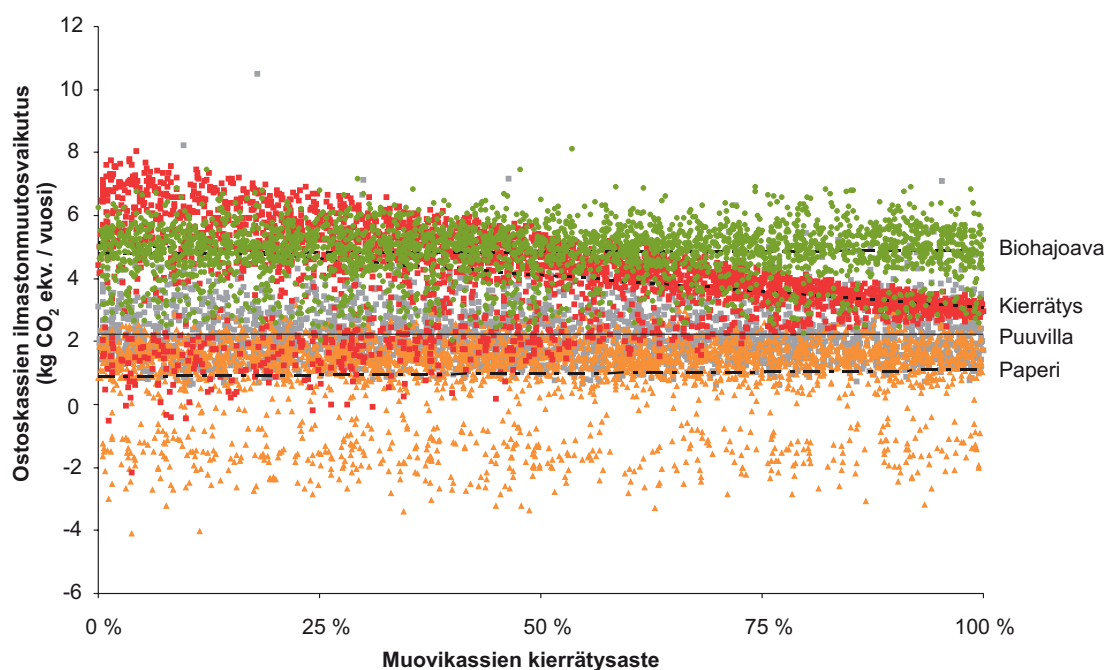


Kuva 14. Ostokassin elinkaaren aikana tuotettujen kasvihuonekaasujen määrän (kg CO<sub>2</sub>-ekv) riippuvuus korvattavien jättepussien painosta (pussien määrä ja paino). Käyrät ovat hajautuneet kahteen osajoukkoon, joista alempi kuvaa tilannetta, jossa poltolla korvataan turvetta.

### Tehokkaan lajittelun ja hyödyntämisen skenaario

Tehokkaan lajittelun ja hyödyntämisen skenaariossa pyritään ensisijaisesti saamaan materiaali talteen, jonka jälkeen loppuosa on hyödynnetty energiana. Kaikki muovikassit ovat kierrätysmuovikasseja (60 % kierrätysmuovia), joista osa kerätään uudelleen polyeteenin kierrätykseen. Kierrätyksen ulkopuoliset kassit menevät polttolaitokseen. Myös jätepussien oletetaan olevan kokonaan kierrätysmuovisia ja menevän polttolaitokseen. Biohajoavat muovikassit mädätetään biojätteiden seassa ja siten tuotetulla metaanilla korvataan lämmöntuottoa.

Skenaarion tulosten riippuvuus muovikassien kierrätysasteesta on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Ostoskassin elinkaaren aikana tuotettujen kasvihuonekaasujen määrän (kg CO<sub>2</sub>-ekv) riippuvuus muovikassien kierrätysasteesta tehokkaan lajittelun skenaariossa. Kierrätysasteen vähetessä muovikassien päästöjen epävarmuus kasvaa johtuen polttoprosessien ja korvattavien energiamuotojen vaihtelusta. Paperikassin vaihtelu johtuu lähinnä vaihtelusta korvattavassa sähkössä ja lämmössä. Biohajoavalla muovikassilla vaihtelu johtuu biopolymeerin valmistuksen päästötietojen epävarmuudesta.

## 6 Tulosten tarkastelua

### 6.1

#### **Mahdollisuudet vaikuttaa kotitalouksien ilmastovaikutukseen ostokassien käytön kautta**

Suomessa päästettiin kasvihuonekaasuja ilmakehään noin 80,3 milj. tonnia vuonna 2006 (Tilastokeskus 2008). Väestörekisterikeskuksen mukaan Suomen asukasluku vuodenvaihteessa 2006 – 2007 oli 5 255 581 asukasta, joten kasvihuonekaasupäästöjä syntyi noin 15 300 kg/henkilö/vuosi tai 32 100 kg/kotitalous/vuosi. Näistä päästöistä merkittävä osa aiheutui vientiteollisuudesta eikä kotitalouksien kulutuksesta. Toisaalta kotitaloudet kuluttivat myös tuontituotteita, joiden päästöt eivät näy tilastoissa. Kotitalouksien kulutuksen ympäristövaikutuksia selvitetään Suomen ympäristökeskuksen koordinoimana meneillään olevassa Envimat-hankkeessa, jonka tuloksia ei tätä kirjoitettaessa ole vielä julkaistu. Alustavien tulosten perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että 100 ostokerran ostokassit vastaavat pahimmillaankin vain viidesosaa yhden päivän muista kasvihuonekaasupäästöistä (0,06 % yhden kotitalouden vuoden päästöistä). Eli käytännössä ostamalla yli viiden vuoden ostokassit kerralla aiheuttaa yhtä paljon päästöjä kuin muulla toiminnallaan sinä päivänä.

Kassit eivät edusta merkittävää osaa suomalaisen kotitalouden ilmastovaikutuksista. Huolimattomalla käytöllä kassien ympäristövaikutukset voivat kuitenkin kasvaa moninkertaisiksi (esimerkiksi paperikassin heitto sekajätteisiin tai muovikassin poltto saunan pesässä).

Skenaarioihin yhdistetyn herkkyys- ja epävarmuustarkastelun perusteella voidaan vetää johtopäätöksiä siitä, miten kutakin kassityyppiä tulisi käyttää:

- muovikasseilla tulisi korvata jättepusseja mahdollisimman tehokkaasti (tiivis pakkaus ja korkea täyttöaste), poltto ei ole mielekäästä
- paperikassit tulee kierrättää huolellisesti tai mikäli mahdollista toimittaa energijakeeseen (jos siten voi vähentää turpeen tai öljyn kulutusta)
- biohajoavien muovikassien kompostointi ei ole mielekäästä niin kauan, kun ne sisältävät merkittäviä määriä fossiilisia komponentteja
- kestokassin olisi hyvä olla mahdollisimman kevyt, mutta kestävä – lisäksi on huolehdittava siitä, että sitä todella käytetään

### 6.2

#### **Muita ympäristö- ja sosiaalisia vaikutuksia**

Ilmastonmuutosvaikutukset olivat tutkimuksen pääpainopisteenä, mutta tutkimuksen aineiston avulla voitiin arvioida myös uusiutumattomien energiamuotojen kulutusta, vedenkäyttöä ja maankäyttöä. Näiden ympäristövaikutusten arviointi tehtiin kuitenkin karkeammalla tasolla kuin ilmastovaikutusten, niiden osalta huomioitiin vain keskimääräiset vaikutukset nykytilannetta kuvaavassa skenaariossa (ts. niille ei tehty epävarmuus- ja herkkyysanalyysia). Tästä johtuen, vaikka tässä kappaleessa

esitetään tarkkoja lukuarvoja näistä ympäristövaikutuksista, kasseja ei pitäisi vertailla suoraan näiden lukujen perusteella vaan arvioida lähinnä suuruusluokkaeroja.

Muiden ympäristövaikutusten indikaattoritulokset on esitetty taulukossa 10. Epävarmuuksista huolimatta kangaskassin vaikutukset ovat huomattavasti suurempia kuin muiden kassityyppien. Etenkin vedenkäytön osalta kangaskassia on liki mahdotonta käyttää niin montaa kertaa että uudelleenkäytön edut ohittaisivat kestokassin ja kertakäyttökassien väliset erot vedenkulutuksessa (paperikassiin verrattuna 324 kertainen kulutus). Lisäksi tutkimuksessa ei huomioitu kangaskassin pesua, jolla on vain vähäiset vaikutukset ilmastonmuutokseen, mutta huomattavasti suuremmat vaikutukset vedenkulutukseen.

Jos oletetaan, että kangaskassia käytetään noin 100 kertaa ennen hävitystä, kangaskassin käyttökertaa kohden lasketut vaikutukset vähenevät. Tällöin kangaskassi on paras vaihtoehto uusiutumattoman energian kulutuksessa, mutta edelleen huonoin vedenkulutuksessa ja vain biohajoavaa muovikassia parempi maankäytön osalta.

Taulukko 10. Ostokassien muut ympäristövaikutukset kuin ilmastonmuutosvaikutus yhtä kassia kohden. Käytetty jätehuoltoskenaario kuvaa nykytilannetta.

	Muovi	Kierrätysmuovi	Kangas	Biohajoava muovi	Paperi	Pienimmän ja suurimman suhde
Uusiutumaton energia (MJ)	1,3	0,31	21	0,88	1,0	70
Vedenkulutus (litraa)	0,12	0,08	357	0,13	1,1	4 500
Maankäyttö (m <sup>2</sup> a)	0,0009	0,0009	0,8	0,01	0,001	900

Edellä kuvattujen ympäristövaikutusten lisäksi huomioimatta jäi joukko muita vaikutuksia. Sosiaalisia vaikutuksia kuvaavat indikaattorit ovat erityisen tärkeitä vertaillaessa tuotantoa teollisuusmaiden ja kehittyvien valtioiden välillä. Sosiaalisen tasa-arvon kannalta voidaan ajatella kassien valmistuksessa olevan ainakin kaksi ongelmaa: halpapyö ja ympäristövaikutusten keskittyminen kehittyviin maihin. Molemmat ongelmat keskittyvät lähinnä puuvillakassin elinkaareen, sillä sen valmistus on työvoimavaltaisempaa kuin muiden kassityyppien. Lisäksi puuvillan viljely kuluttaa runsaasti puhdasta vettä ja tuottaa torjunta-ainepäästöjä. (Nämä seikat aiheuttivat Iso-Britanniassa pienimuotoisen skandaalin, kun huippusuunnitellut *"I'm not a plastic bag"* -kestokassit osoittautuivat valmistetuiksi Kiinassa halpapyövoimalla ja ei-luomupuuvillasta.)

Myös tuontipuun käyttö suomalaisessa paperiteollisuudessa aiheuttaa omat sosiaaliset kysymyksensä. Suomeen tuotiin vuonna 2007 Brasiliasta sellua 110 miljoonan euron arvosta (Tulli 2007). Mahdollisten monimuotoisuushaittojen lisäksi plantaasit voivat aiheuttaa sosiaalisia haittoja maanomistuksen ja siirtotyövoiman kautta. Nämä seikat eivät kuitenkaan koske paperikassien valmistuksessa käytettävää raakaainetta, joka on kotimaista havupuusellua.

Toisaalta myös muovituotteiden käyttöön liittyy eettinen kysymys siitä, onko meillä oikeutusta käyttää loppuun rajallisia fossiilisia luonnonvaroja. Nykytilanteessa muovin varastointi kaatopaikalle tai polttaminen energiaksi johtaa siihen, että tulevilla sukupolvilla on vähemmän luonnonvaroja käytettävänä. Muovin kierrätysasteen lisääminen lievittää ongelmaa ja mahdollinen siirtyminen bioperäisiin kestomuoveihin mahdollistaa uusiutuvan muovin tuotannon (brasilialainen Braskem yhtiö aloittaa laajamittaisen sokeriruokopohjaisen polyeteeninvalmistuksen vuonna 2010, <http://www.braskem.com.br>).

Toisaalta elintarvikekelpoisen biomassan (maissi- tai sokeriruoko) käyttö teollisiin tarkoituksiin lisää elintarvikkeiden hinnan nousua sekä maankäytön muutoksia, mikä on havaittu jo bioetanolit tuotannon yhteydessä.

# 7 Johtopäätökset

7.1

## Jätehuoltoskenaarioiden vaikutus ostokassien elinkaaren ilmastonmuutosvaikutuksiin

OPTIKASSI-hankkeessa vertailtiin suomalaisten ostokassien elinkaarenaikaisia ilmastonmuutosvaikutuksia ottaen huomioon ostokassien valmistus, käyttö ja jätehuolto sekä käytön muutosten vaikutukset jätehuoltoon ja energiantuotantoon. Tutkimuksen tavoitteena oli koota elinkaari pohjainen tieto Suomessa päivittäistavaroitten kantamiseen tyypillisimmin käytettyjen ostokassien kasvihuonekaasupäästöistä ja niiden aiheuttamista ilmastonmuutosvaikutuksista. Vertailtavina tuotteina olivat neitseellisestä raaka-aineesta valmistettu muovikassi, kierrätysraaka-aineesta valmistettu muovikassi, paperikassi, kangaskassi sekä biohajoavasta muovista valmistettu kassi.

Hankkeen tavoitteena oli löytää erilaisella materiaalipohjalla valmistetuille ostokasseille kasvihuonekaasupäästöjen kannalta parhaiten soveltuvat käyttö- ja jätehuoltomallit. Näin mahdollistettaisiin erilaisten materiaalien olo markkinoilla yhtä aikaa, eri käyttökohteissa ja kasvihuonekaasupäätöt minimoiden.

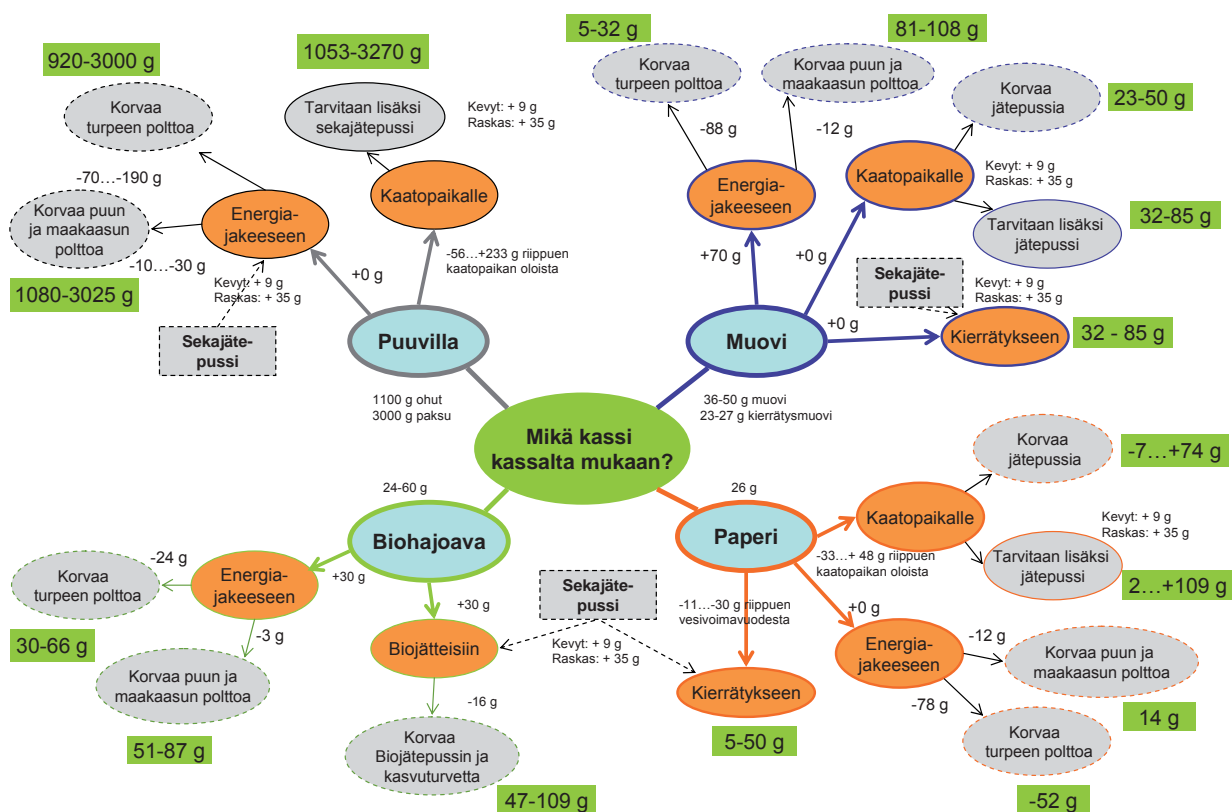
Jätehuollon skenaariot vaikuttivat kasseista aiheutuviin ilmastonmuutosvaikutuksiin selvästi. Nykytilanteessa kassien keskinäinen paremmuus ilmastovaikutusten näkökulmasta riippuu keskeisesti kuluttajakäyttäytymisestä: kaatopaikalle päätyvästä paperikassien osuudesta sekä taloudessa käytettävien jätepussien painosta. Tilanteissa, joissa jätettä poltetaan, jätteenpolton osuus, polttomenetelmä ja poltolla korvattavat energiamuodot muuttuvat keskeisiksi. Jos suurin osa kasseista poltetaan, jäävät paperikassien päästöt vähäisemmiksi kuin muovikassien vaikka paperikassit päätyisivät kierrätyksen sijaan polttoon.

Biohajoavat muovikassit sisältävät nykyisellään merkittävän määrän fossiilista, mutta biohajoavaa, muovikomponenttia. Tästä syystä biohajoavat muovikassit olivat muita vaihtoehtoja huonompia suurimmassa osassa tilanteita. Ne tuottivat vähemmän päästöjä kuin muovikassit vain tilanteissa, joissa ne päätyivät energijakeen mukana polttoon ja korvasivat samalla fossiilisesta muovista valmistettuja jätepusseja. Fossiilisen muovikomponentin haittoja voitaisiin osin vähentää ohjaamalla biohajoavat muovikassit energiahyödyntämiseen (mädätys tai poltto), jolloin saataisiin korvattua muiden fossiilisten polttoaineiden käyttöä.

Mielenkiintoinen sivutuloks on se, että joissain skenaarioissa ja tilanteissa kertakäyttöiset kassit ovat ilmaston kannalta parempi vaihtoehto kuin puuvillaiset kestokassit. Esimerkiksi tehokkaan lajittelun skenaariossa paperikassien käyttö tuotti vähemmän ilmastonmuutosvaikutuksia kuin kangaskassien johtuen lähinnä energijakeen polton tuottamasta energiasta, jolla korvattiin sähköä ja lämpöä. Samoin nykytilanteessa kierrätysmuovikassit ovat kangaskasseja parempia, jollei kangaskassi ole erityisen kevyt ja kestävä ja ellei kotitalous järjestä sekajätteen käsittelyään siten että sen kuljettamiseen tarvitaan mahdollisimman vähän ja kevyitä jätepusseja.



Koska tuloksiin liittyy erittäin paljon kuluttajavalinnoista riippuvaa vaihtelua, tulokset on esitetty haarautuvana puukaaviona, jossa yksittäisten valintojen seuraukset kumuloituvat (kuva 16).



Kuva 16. Puukaavio ostoskassivalinnan ja sen jätehuollon vaikutuksista ilmastolle (ilmaistuna grammoina hiilidioksidiekvivalenteja, vihreässä laatikossa haaran uloimmassa päässä). Valintojen ilmastovaikutukset (nuolissa) kumuloituvat elinkaaren loppuun (vihreä laatikko). Joissain tapauksissa ostoskassin käytöllä jätehuollossa korvataan jätepussia, mutta toisissa ostoskassin lisäksi tarvitaan sekajätepussi (harmaa katkoviivalla piirretty laatikko). Kaavion yksinkertaistamiseksi siinä oletettiin sekajätepussien päätyvän kaatopaikalle. (Poltossa niiden lisäkuormitus on luokkaa -12 – 40 g CO<sub>2</sub> riippuen pussin painosta ja korvatusista lämmöntuotantomenetelmistä).

## Käytännön neuvoja kuluttajille ostokassien ilmastonmuutosvaikutusten pienentämiseksi

Ostokassi on osa suurempaa kokonaisuutta, älä käytä sitä pelkästään ostosten kuljettamiseen. Muuta ostokassien avulla kaupassakäyntiäsi ja jätehuoltoasi ilmastoystävällisempään suuntaan.

1. **Osta täysiä kassillisia ja käy harvemmin kaupassa.** Suuri osa kaikesta liikkumisesta on kodin ja kaupan välistä. Mikäli teet kauppamatkat autolla, on ostokertojen vähentämisellä huomattavasti suurempi vaikutus ilmastoon kuin ostokassin valinnalla (50 km henkilöautolla ajoa vuodessa kumooa kassivalinnan vaikutukset). Suunnittele ainakin osa ostoksista etukäteen. Mikäli joudut piipahtamaan kaupassa esim. maito-ostoksilla, ja ostokassiin jää tilaa, kannattaa samalla matkalla hankkia kotiin muita jokapäiväisiä, hyvin säilyviä hyödykkeitä (vessapaperia, lamppuja, pastaa tms.).
2. **Käytä kevyitä jätepusseja ja lajittele biojätteet.** Hanki kotiin kevyitä jätepusseja niin välttyä käyttämästä ostokasseja jätepusseiksi. Muovikassi painaa neljä kertaa enemmän kuin keveimmät jätepussit, joten sen sisältämää muovia ei kannata haaskata kaatopaikalle. Jos tarjolla on vain painavia jätepusseja, kierrätysmuovinen ostokassi on parempi vaihtoehto. Sekajätöpussien tarvetta voit vähentää tehostamalla jätteiden lajittelua. Etenkin biohajoavat jätteet on syytä saada pois kaatopaikoilta, nykyään noin kolmannes sekajätteestä on metaanipäästöjä kaatopaikalla tuottavaa biojätettä. Yhden kotitalouden kaatopaikalle päätyvät biojätteet vastaavat päästöiltään 200-900 ostokassia vuodessa.
3. **Käytä jo ostamasi puuvillakassit loppuun.** Jos olet jo hankkinut kestokassin, pidä sitä mukana. Jotta puuvillakassi olisi ympäristöystävällisempi kuin paperikassi, sitä on käytettävä satoja kertoja. Yritä tehdä kassin mukaan ostota vaivatonta, muuten se unohtuu. Kun puuvillakassit lopulta tuhoutuvat, hanki tilalle keinokuituisia tai kierrätysmateriaalista valmistettuja kasseja, siten vältät ympäristölle vahingollista puuvillan tuotantoa.
4. **Kieltäydy ilmaisista kasseista.** Jätehuolto kannattaa hoitaa neljä kertaa ostokassia kevyemmillä jätepusseilla. Ylimääräistä muovia on turha kerryttää kaatopaikalle tai asuntoon.

Jos kuitenkin ostat kertakäyttöisen ostokassin, voit vähentää sen ilmastonmuutosvaikutuksia seuraavasti:

1. Muovikassi: Käytä samaa kassia useaan kertaan ostosten tai muun kantamiseen. Käytä kulunut kassi sekajätöpussina uuden jätöpussin sijaan.
2. Biohajoava muovikassi: kauppareissun jälkeen käytä kassi biojätteen erilliskeräykseen biojätöpussin sijaan ja toimita biojäte sille varattuun jäteastiaan.
3. Paperikassi (valkoinen): Käytä samaa kassia toisenkin kerran kauppareissulla, tai vähintäänkin kerää kotikeräyspaperi (sanoma- ja aikakauslehdet) kassiin ja vie paperinkeräysastiaan, mistä se päätyy kierrätykseen.

## Kehitysehdotuksia kaupalle ja teollisuudelle liiketoiminnan sopeuttamiseksi ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimuksiin

Ostokassien vaikutus ilmastonmuutokseen on vähäinen, mutta kuluttajat haluavat tuotteita, jotka mahdollistavat ”ekologisen elämäntavan”. Tämän vuoksi ostokassien tuotekehittelylle on markkinoita. Suurimmat vaikutukset voidaan saada aikaan, jos tuotekehittelyllä saadaan aikaan muutoksia ihmisten liikkumisessa tai kulutustottumuksissa. Esimerkkejä järjestelmää muuttavista tuotteista:

- 1. Kestokassi, joka vähentää kaupassakäyntikertoja:** Suunnitellaan ja valmistetaan tyylikäs kestokassi, joka on ergonominen kantaa (myös autolle tai bussissa, rappuja ylös ja ovia avatessa, jääkaappia täytettäessä, yms.). Kassin tulee myös olla kevyt, kestävä ja tilava. Sen tulisi mahdollistaa/edistää ostosten suunnittelua etukäteen.
- 2. Pantillinen kestokassi:** Otetaan käyttöön pantillinen kestokassi. Jos kuluttaja on unohtanut ottaa kassin mukaansa kauppareissulle, hän voi ostaa kassin esim. 5 eurolla. Tämän hän saa takaisin palauttaessaan kassin käyttökelpoisena kauppaan. Pantillinen kestokassi ratkaisee ongelman siitä, että kasseja ei tule mukaan kauppaan ja ylimääräisiä kasseja kertyy kotiin.
- 3. Bonusjärjestelmä:** Vaihtoehtona pantilliselle järjestelmälle voidaan ottaa käyttöön bonusjärjestelmä, jossa kuluttaja saa kassalla esim. 5 senttiä bonusta, mikäli hän voi osoittaa, että on tuonut mukanaan ostokassin. Pienikin rahallinen kannustin voi motivoida ihmisiä muuttamaan käyttäytymistään.
- 4. Kompostoitava ostokassi, joka kannustaa biojätteen lajitteluun:** Suunnitellaan ja valmistetaan kompostoitava, bioperäisestä materiaalista valmistettu ostokassi, johon voidaan lajitella biojätteet. Biojätteen lajittelu ja erilliskeräys kompostointiin tai mädätykseen vähentää kaatopaikoille päätyvän biojätteen määrää ja kaatopaikalta syntyviä metaanipäästöjä.

Myös nykyisin tarjolla olevia kasseja voidaan kehittää niiden käyttö- ja jätehuoltoketjusta aiheutuvien ilmastonmuutosvaikutusten pienentämiseksi mm. seuraavasti:

- 1. Paperikassi,** joka on suunniteltu polttoon: valmistetaan paperikassi valkaisuamattomasta paperista. Kassi ei hajoa kaatopaikkaoloissa eikä se ole kierrätettävissä. Poltossa siitä saadaan bioperäistä energiaa, jolla voidaan korvata fossiililla polttoaineilla tuotettua energiaa.
- 2. Bioperäinen biohajoava kassi.** Nykyisessä biohajoavassa muovikassissa on yli puolet massasta fossiilisia lisäaineita, jotka hajoavat luonnossa vapauttaen fossiilista hiiltä ilmakehään. Näiden lisäaineiden korvaaminen bioperäisillä vähentäisi biohajoavan kassin elinkaarisia päästöjä merkittävästi.
- 3. Biohajoamaton bioperäinen kassi:** valmistetaan ostokassi biopohjaisesta polyeteenistä, joka vastaa hajoamisominaisuuksiltaan fossiilista muovia (<http://www.braskem.com.br>). Vaihtoehtoisena materiaalina voi olla hajoamaton paperi. Materiaali ei aiheuta metaanipäästöjä kaatopaikalla, vaan toimii hiilivarastona.
- 4. Muovipohjainen kestokassi:** muualla tehdyissä tutkimuksissa muovipohjaiset kestokassit (kudottu polyeteeni tai kuitukangaspolypropeeni) on todettu vertailujen parhaiksi vaihtoehdoiksi ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta (Environment Australia 2002, Carrefour 2004). Mikäli energiankulutus kuitukangasvalmistuksessa olisi samaa luokkaa kuin kalvonpuhalluksessa, yhden kassin kasvihuonekaasupäästöt olisivat noin 60-150 g CO<sub>2</sub> ekv. riippuen kassin paksuudesta (eli 7-53 kertaa pienemmät kuin puuvillakassilla).

**5. Kierrätysmuovikassi:** Muovin kierrätys vähentää merkittävästi ilmastonmuutosvaikutuksia pienentämällä neitseellisen muovin tarvetta ja sen valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. Näin ollen kierrätysmuovin käyttöä muovikassien valmistuksessa tulee lisätä. Samoin muovikassien erilliskeräilyä ja kierrätystä takaisin muovituotteiden valmistukseen tulee laajentaa.

Uusien materiaalien osalta tulee luonnollisesti selvittää, ettei materiaalien valmistus tuota kasvihuonekaasupäästöjä siinä määrin, että jätehuoltojärjestelmässä saatavat hyödyt kumoutuvat.

Kaupan tulisi lisäksi olla selvillä toiminta-alueellaan käytössä olevasta jätehuoltojärjestelmästä. Näin kauppa voisi valita kuluttajille tarjolle kasseja, jotka sopivat kyseiseen jätehuoltojärjestelmään tuottaen siinä mahdollisimman vähän ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi alueilla, jossa suuri osa jätteestä menee polttoon paperikassi on huomattavasti muovikassia parempi vaihtoehto. Toisaalta verrattaessa muovikassin uusiokäyttöä jättepussina paperin kierrätykseen vertailun tulos riippuu korvattavien jättepussien painosta. Tämän vuoksi myös kevyiden jättepussien saatavuutta olisi parannettava.

7.4

## **Valtionhallinnon mahdollisuuksia ohjata liiketoimintaa ja kuluttajien käyttäytymistä ilmastonmuutosta hillitsevään suuntaan**

Ostoskassien ilmastovaikutukset ovat erittäin vähäisiä, niinpä ilmastonmuutoksen hillintätoimet kannattaa keskittää ihmisten liikkumis- ja kulutustottumusten muuttamiseen.

Monissa maissa kassien myyntiä on rajoitettu, mutta pääasiallinen motiivi tähän on ollut roskaantumisen vähentäminen, ei ilmastonmuutoksen hillintä. OPTIKASSI-hankkeen tulosten perusteella paperi-, muovi- ja joissain oloissa puuvillakassin välillä ei voida tehdä eroa, täten pelkästään yhteen kassityyppiin kohdistuva haittaverot ei ole perusteltu. Kaikkien kassien (myös vaate-, kemikaali-, urheilu- ym. liikkeissä nykyään ilmaiseksi jaettavien muovi- ja paperikassien) saattaminen maksulliseksi sen sijaan voisi ohjata kuluttajaa vähäisempään kertakäyttöisten kassien kulutukseen ja täten luonnonvarojen säästämiseen. Lisäksi kuluttajia olisi syytä kannustaa kestokassien käyttöön. Liiketoiminnan kannalta tämä on kuitenkin ongelmallista, sillä kertakäyttökassien käyttö tuottaa arvonlisäystä tuottajille ja kaupalle. Kaupan kannalta edellä luvussa 6.2 esitetty bonus-järjestelmän käyttöönotto kestokasseille lisäisi kuluja ja vähentäisi myyntituloja.

Jätteenkäsittelyratkaisut ovat keskeinen osa ostoskassien (ja muiden päivittäistavarapakkausten) elinkaarta, joten etenkin jätteenpolton energian hyötykäyttöön ja kaatopaikkojen metaanipäästöjen talteenottoon tulisi kiinnittää huomiota. Mikäli jätteistä tuotetaan energiaa (myös kaatopaikan metaanista) tulee se saada käyttöön ja korvaamaan fossiililla polttoaineilla tuotettua energiaa.

## Lähteet

- Ahlholmens Kraft 2008
- Barlaz, M. 2006. Forest product decomposition in municipal solid waste landfills. *Waste Management* 26 321-333.
- Boustead, I. 1999. Ecoprofiles of the European plastics industry. APME.
- Boustead, I. 2001. Who gets the credit? *Plastics Europe*.
- Cadman, J., Evans, S., Holland, M., Boyd, R. 2005. Proposed plastic bag levy – extended impact assessment. Final report. Scottish Executive. Environment Group Research Report 2006/06.
- Chaffee, C., Yaros, B.R. 2007. Life cycle assessment for three types of grocery bags – recyclable plastic; compostable, biodegradable plastic; and recycled, recyclable paper. Final report. Boustead Consulting and Associates.
- Dahlbo, H., Laukka, J., Myllymaa, T., Koskela, S., Tenhunen, J., Seppälä, J., Jouttijärvi, T., Melanen, M., 2005. Waste management options for discarded newspaper in the Helsinki Metropolitan area – life-cycle assessment report. *The Finnish Environment* 752.
- Degli Innocenti, F. Tutkimuspäällikkö Novamont Oy. Kirjallinen tiedonanto 23.9.2008.
- Dinkel, F., Pohl, C., Ros, M., Waldeck, B. 1996. Ökobilanz stärkehaltiger Kunststoffe. [Tärkkelystä sisältävien polymeerien elinkaariarviointi]. Schriftenreihe Umwelt 271. Bern. BUWAL.
- Ecoinvent v. 1.3
- Ecoinvent v2.0. 2007. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. <http://www.ecoinvent.ch>
- Ecobilan 2004. Évaluation des impacts environnementaux des sacs de caisse Carrefour. Analyse du cycle de vie de sacs de caisse en plastique, papier et matériau biodegradable. [Carrefour ostosketjun käyttämien ostoskassien ympäristövaikutusten arviointi. Muovi-, paperi- ja biohajoavan kassin elinkaariarviointi.]
- Environment Australia 2002. *Plastic shopping bags – analysis of levies and environmental impacts. Final Report*.
- Eurocommerce 2004. *The use of LCAs on plastic bags in an IPP context*. Report of the Retail, Wholesale and International Trade representation to the EU.
- Fenton, R. 1991. *The Winnipeg packaging project: comparison of grocery bags*. Department of Economics, University of Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Franklin Associates 1990. *Resource and environmental profile analysis of polyethylene and unbleached paper grocery sacks*.
- GaBi 4.2
- IPCC 2000. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 5: Waste
- Jokinen, V. 2004. *Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu*. YTV Jätehuolto/Ramboll Oy. Helsinki.
- JRC 2005. Techno-economic feasibility of large scale production of bio-based polymers in Europe. European Commission, Joint Research Centre, *Technical Report EUR 22103 EN* Juvonen, T. 2008. Suominen Joustopakkaukset Oy. Kirjallinen tiedonanto 5.3.2008.
- Jätelaitosyhdistys 2008
- Kooistra, K., Termorshuizen, A., Pyburn, R. 2006. *The sustainability of cotton, consequences for man and environment*. Wageningen University Report 223.
- Kärhä, Vesa 2008. Kirjallinen tiedonanto, 28.11.2008.
- Li Z., 2007. White pollution shocking – three billion plastic bags a day. [Kiinaksi.] Market News 14.12.2007. <http://env.people.com.cn/GB/6656278.html>
- Mattila, M. 2008. Plastiroll Oy. Kirjalliset tiedonannot 25.4.2008 ja 29.5.2008.
- Micales, J.A. ja Skog, K.E., 1997. The decomposition of forest products in landfills. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 39 (2-3): 145-158.
- Monni S., Pipatti R., Lehtilä A., Savolainen I., Syri S.. 2006. Global climate change mitigation scenarios for solid waste management. VTT Publication 603. VTT Technical Research Center of Finland. Espoo.
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Isoaho, S., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008a. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset – jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. POLKU-hankkeen pääraportti. *Suomen ympäristö* 39/2008. Helsinki. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=298884&lan=fi>
- Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M., Dahlbo, H. 2008b. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Inventaarioraportti. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 28/2008. Helsinki. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=298205&lan=fi>
- Novamont 2004. *Environmental product degradation (EPD) Mater-Bi granulate NF07U. Validity till October 2008. Controlled and verified by RINA S.p.A.* [http://bio4eu.jrc.es/documents/e\\_epd102.pdf](http://bio4eu.jrc.es/documents/e_epd102.pdf)
- Patel, M. 2003. Cumulative energy demand (CED) and cumulative CO<sub>2</sub> emissions for products of the organic chemical industry. *Energy* 28: 721-740
- Patel, M., Bastioli, C., Marini, L., Würdinger, E., 2003. Lifecycle assessment of biobased polymers and natural fibres. *Biopolymers* Vol. 10, pp. 4094-52.
- Petäjä, J. 2008. Suomen ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto. 10.11.2008
- Pessi, T. 2008. Suominen Joustopakkaukset Oy. Kirjallinen tiedonanto 16.4.2008

- Piatt, J.F., Nettleship, D.N., 1989. Incidental catch of marine birds and mammals in fishing nets off Newfoundland, Canada. *Marine Pollution Bulletin* 18(6B): 344-349.
- Päivittäistavara kauppa 2007. *Päivittäistavara kauppa 2006-2007*. [http://pty.xetnet.com/fileadmin/pty\\_tiedostot/Julkaisut/PTYjulkaisu2006-2007.pdf](http://pty.xetnet.com/fileadmin/pty_tiedostot/Julkaisut/PTYjulkaisu2006-2007.pdf)
- Rissanen, P. 2008. UPM-Kymmene Oyj. Kirjallinen tiedonanto 5.9.2008
- Ryberg, A., Ekvall, T., Person, L. 2000. Life cycle assessment of distribution in four different distribution systems in Europe. Chalmers Industriteknik, CIT Ekologik.
- Saltelli, A., Ratto, M., Andres, T., Campolongo, F., Cariboni, J., Gatelli, D., Saisana, M., Tarantola, S. 2008. *Global sensitivity analysis. The primer*. John Wiley & Sons, West Sussex, Englanti.
- Siltala, M. UPM-Kymmene Oyj Wisapaper. Suullisia ja kirjallisia tiedonantoja 18.2.-15.8.2008
- Tamminen, S.-T. 2008. Stenqvist Oy. Kirjallinen tiedonanto 5.3.2008
- Tilastokeskus 2007. Yhdyskuntajätteet vuonna 2006. Päivitetty 15.11.2007. Saatavissa osoitteesta: [http://www.stat.fi/til/jate/2006/jate\\_2006\\_2007-11-15\\_tau\\_001.html](http://www.stat.fi/til/jate/2006/jate_2006_2007-11-15_tau_001.html)
- Vahvelainen, S. 2008. Kulutustutkimus. Kotitaloudetko syllisiä jätteen kertymiseen? Esitys 18.4.2008.
- VTT. 2007. Knowpap. Versio 9.0. Vaatii käyttöoikeudet.
- VTT. 2007a. Knowpulp. Versio 6.0. Vaatii käyttöoikeudet.

## Liite I. Hankkeessa tarkasteltujen yksikköprosessien kuvaus

Moduuli	Yksikköprosessin kuvaus	Tieto vuodelta ja maantieteellinen alue	Tietolähde <sup>1)</sup>
<b>Kaikki caset</b>			
Suomen keskimääräinen sähköntuotanto	Sisältää sähköntuotannon Suomessa ja nettotuonnin Ruotsista ja Venäjältä. Sisältää myös polttoaineiden tuotannon.	2003; Suomi	Kts. tämän raportin liite 2
Kuljetukset	Päästöt laskettu etäisyyden ja Ecoinvent tietokannan yksikköpäästöjen perusteella. Polttoaineen valmistuksen päästöt on huomioitu.	2007; Eurooppa	Ecoinvent 2.0 (2007), etäisyydet Google Earth
Korvattu lämpö	Tarkasteltiin eri vaihtoehtoja: turve, puu+maakaasu, puu+öljy ja Suomen keskimääräinen.	2007; Suomi	POLKU-hanke (Myllymaa ym. 2008a ja 2008b)
Kaatopaikkasijoitus	Polttoaineenkulutus arvioitu samaksi kaikissa järjestelmissä. Kassin hajoamisen päästöt arvioitu erikseen. Metaanin keräys ja hyödynnyssuhde sama kaikissa järjestelmissä, samoin metaanin hapettuminen pintakerroksissa.		Polttoaineet: Ecoinvent 2.0 (2007), metaaninkeräys Petäjä (2008), metaanin hapettuminen EASEWASTE.
Poltto	CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O päästöt savukaasujen puhdistuksesta samat. Hyötysuhteet tutkitu useilla vaihtoehtoisilla polttolaitoksilla	Päästöt 1994-2000; Sveitsi	Metaani ja typpioksiduulipäästöt Ecoinvent v.2.0, hyötysuhteet POLKU-hanke (Myllymaa ym. 2008a ja 2008b).
<b>Muovikassi ja kierrätetty muovikassi</b>			
LDPE:n valmistus:	Aggregoitu data (27 eurooppalaista LDPE:n valmistajaa) sisältäen kaikki prosessit raaka-aineiden kaivuusta/valmistuksesta tehtaan portille. Ecoinvent-tieto sisältää myös jätteiden käsittelystä aiheutuvat vaikutukset. (polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER)	1999-2001; Eurooppa	Ecoinvent database v2.0 (2007)
Muovikassin valmistus	Ekstruusio ja kalvopuhallus	2007; Suomi	Pessi (2008)
Pigmentti (titaanioksidia):	Titaanioksidin valmistus kloridiprosessilla. Sisältää valmistuksessa käytetyt materiaalit, kuljetukset ja infrastruktuurin. (titanium dioxide, chloride process, at plant RER)	1997; Eurooppa	Ecoinvent database v2.0 (2007)
Painoväri (oletettu etanoliksi)	Etanolin valmistus etyleenistä. Sisältää materiaalit, energian, infrastruktuurin ja päästöt. (ethanol from ethylene, at plant RER)	1986; Eurooppa	Ecoinvent database v2.0 (2007)
Kaatopaikkasijoitus	Ei hajoa lyhyellä aikavälillä, eli ei tuota kasvihuonekaasupäästöjä.		
Poltto	CO <sub>2</sub> -päästöt: Polyeteenin täydellinen hapettuminen.	CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O: 1994-2000; Sveitsi	CO <sub>2</sub> : Chaffee ja Yaros (2008) CH <sub>4</sub> ja N <sub>2</sub> O: Ecoinvent database v2.0. (2007)
<b>Kangaskassi</b>			
Puuvillan tuotanto ja kankaan valmistus	Moduulissa yhdistyvät puuvillalanka ja sen kutominen kankaaksi. Puuvillalanka sisältää 60% Kiinalaista puuvillaa ja 40% USA:laista puuvillaa. Elinkaaritieto sisältää puuvillan tuotannon, kehruun, kutomisen ja jalostuksen. Sisältää myös kuljetukset tehtaille ja jäteveden käsittelyn. (textile, woven cotton, at plant GLO)	Kankaan kutominen: 1995 Puuvillan tuotanto Kiina: 2000-2007 Puuvillan tuotanto USA: 2001-2006	Ecoinvent database v2.0 (2007)
Kangaskassin valmistus	Tietoa ei saatavilla => ei huomioitu.		



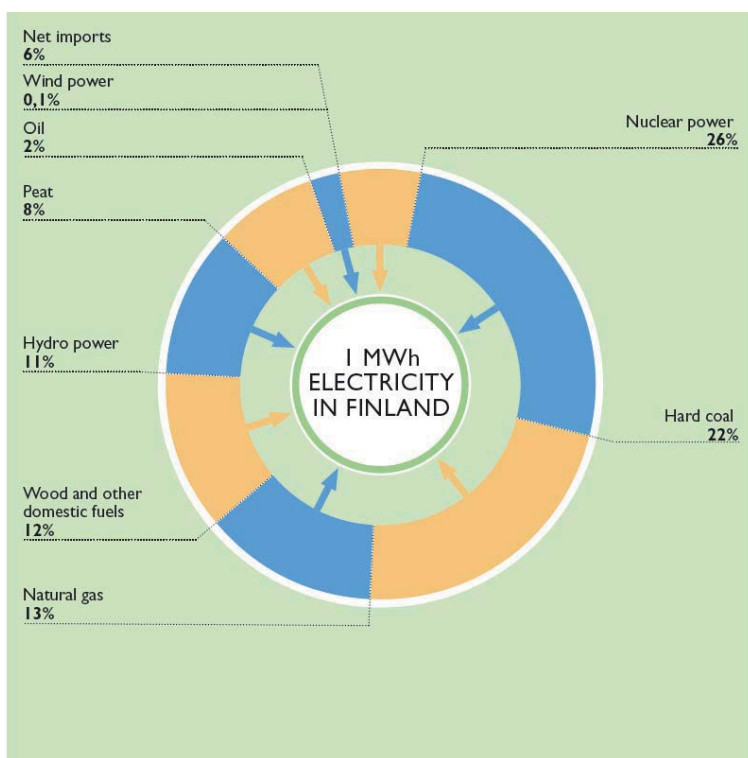
Moduuli	Yksikköprosessin kuvaus	Tieto vuodelta ja maantieteellinen alue	Tietolähde <sup>1)</sup>
Kaatopaikkasijoitus	Arvio kaatopaikalla tekstiilin hajoamisesta aiheutuvista metaanipäästöistä.		Micales ja Skog, 1997.
Poltto	Bioperäisen hiilen osuus jätteessä 100%. (disposal, textiles, soiled, 25% water, to municipal incineration CH)		
<b>Biohajoava muovikassi</b>			
Raaka-aine	Sisältää maissin viljelyn, tärkkelyksen erotuksen ja prosessoinnin, tehtaan polttoaineet sekä lisäaineiden valmistuksen	2004	Ecoinvent database v. 2.0 (2007)
Kassin valmistus	Sähkönkulutus tehtaalla, pigmenttien ja värin kulutus oletettu samaksi kuin polyeeteenikassilla	2007	Mattila (2008)
Kompostointi	CO <sub>2</sub> päästöt laskettu fossiilisen sisällön perusteella		
Muut päästöt POLKU	2008; Suomi	Degli-Innocenti (2008), Myllymaa ym. (2008a ja 2008b)	
Poltto	CO <sub>2</sub> päästöt laskettu fossiilisen sisällön perusteella		Degli-Innocenti (2008)
Kaatopaikkasijoitus	CO <sub>2</sub> päästöt laskettu fossiilisen sisällön perusteella, metaanipäästöt IPCC:n kaavoilla	2008	Metaaninkeräysaste Petäjä (2008)
Kompostipussin tiedot	Oletettu valmistusprosessi ja raaka-aine samaksi kuin ostoskassilla		Paino: Mattila (2008)
<b>Paperikassi</b>			
Puun kasvu ja korjuu	Modulissa yhdistetty metsän kasvu, hoito, harvennus ja päätehakkuit, joista kaikki Ecoinventistä. (NORDE: softwood, Scandinavian, standing, under bark, in forest; RER: softwood, thinning/ final cutting, under bark; GLO: diesel, burned in building machine) Moduli sisältää lisäksi puukuljetukset, joihin tiedot GaBista.	Puun kasvu: 2000: Pohjoismaat. Puun harvennus ja päätehakkuu: 2002, Eurooppa. Polttoaineen valmistus: 2001, globaali Puukuljetukset: 2005, Eurooppa, globaali	Ecoinvent database vl.3 GaBi 4.2
Kemikaalit	Sisältää paperinvalmistuksessa käytetyt kemikaalit ja niiden kuljetukset tehtaalle. Kemikaalien valmistuksen ja kuljetusten tiedot Ecoinventistä.	Kemikaalit: 1995-2002, Eurooppa/ globaali Kuljetukset: 2005, globaali	Ecoinvent database vl.3
Energiantuotanto tehtaalla	Sisältää paperitehtaan energiantuotannon. Tiedot koottu UPM Pietarsaaren tehtailta. (Siltala 2008)	2007	Siltala (2008)
Ostosähkön tuotanto	Paperitehtaan ostosähkön tuotanto. Ostosähkö tulee viereisestä Alholmens Kraft –voimalasta. Tiedot perustuvat Alholmens Kraftin Internet-sivujen vuosiraportin polttoainetietoihin.	2007	Alholmens Kraft, (2008)
Ruotsin keskimääräinen sähköntuotanto	Paperikassin valmistuksessa käytettävän sähkön tuotanto. Tiedot Ecoinventistä SE: electricity, production mix SE	2000	Ecoinvent database vl.3
Painovärin valmistus	Paperikassin valmistuksessa käytettävä painoväri. Värin määrä vaihtelee 1-2 kg tuhatta kassia kohti. Tiedot Ecoinventistä, RER: printing colour, offset, 47,5% solvent, at plant.	2000, Eurooppa	Ecoinvent database vl.3

Moduuli	Yksikköprosessin kuvaus	Tieto vuodelta ja maantieteellinen alue	Tietolähde <sup>1)</sup>
Siistausprosessi	Kierrätysmassa korvaa kuumahierremassaa sanomalehtipaperin valmistuksessa, jolloin syntyy vältettyjä päästöjä. Siistauksen ja kuumahierreprosessin tiedot perustuvat UPM Kaipolan tietoihin LCA-WASTE projektista, ja ovat vuodelta 2001. Polttoaineiden ja energiankulutuksen osalta tietoja päivitettiin vuodelle 2007	2001 ja 2007; Suomi	Rissanen (2008)
Kaatopaikka	Paperille useita hajoamisasteita välillä 16-50%, metaanin talteenotto ja osittainen hyötykäyttö lämmöksi, osan metaanista oletettiin hapettuvan kaatopaikan pintakerroksissa.	2008	Micales ja Skog (2000) Jätelaitosyhdistys (2008) Petäjä (2008)
Kaatopaikka-kaasun poltto	Kaatopaikkakaasu poltetaan lämpöä tuottavassa voimalassa 90 % hyötysuhteella. Metaanin lämpöarvona on käytetty 35,6 MJ/Nm <sup>3</sup> (9,9 kWh/Nm <sup>3</sup> ).		

<sup>1)</sup> Tietolähteet löytyvät tämän raportin lähdeluettelosta.

## Liite 2. Suomen keskimääräinen sähköntuotanto

Suomen keskimääräistä sähkön tuotantoa kuvaava malli on laadittu Suomen ympäristökeskuksessa (2006)<sup>1)</sup>. Sähköntuotannossa käytettyjen energialähteiden valikoima vaihtelee vuosittain riippuen pääasiassa vesivoiman saatavuudesta ja kansainvälisistä sähkömarkkinoista. Tämä malli perustuu tilanteeseen Suomessa vuonna 2003<sup>2)</sup>. Vuonna 2003 sähköenergiaa tuotettiin eniten ydinvoimalla, jonka osuus oli noin 26 % (Kuva e). Sääolosuhteet eivät suosineet vesivoiman tuotantoa, joten vain 11 % sähköstä tuotettiin vesivoimalla. Tämä lisäsi kivihiilen käyttöä ja kasvatti Suomen sähköntuotannon ominaispäästöjä vuosiin 2000 – 2002<sup>3)</sup> verrattuna. Malli sisältää sähkön tuonnin Venäjältä ja Pohjoismaista ja kattaa eri polttoaineiden tuotantoketjut.



<sup>1)</sup> Suomen ympäristökeskus (2006). Sähkön ja lämmön tuotannon ympäristökuormitus. Julkaisematon dokumentti.

<sup>2)</sup> Tilastokeskus 2004. Energiatilasto 2003. Energy statistics 2003. Energy 2004:2.

<sup>3)</sup> Dahlbo, H., Laukka, J., Myllymaa, T., Koskela, S. Tenhunen, J., Seppälä, J., Jouttijärvi, T. and Melanen, M. 2005. Waste management options for discarded newspaper in the Helsinki Metropolitan Area. Life cycle assessment report. Helsinki, Finnish Environment Institute. The Finnish Environment 752.

### Liite 3. Energiantuotannon päästöt ja hyötysuhteet

Taulukko 11. Jätteiden polton hyötysuhteet erilaisissa laitosratkaisuisissa (Myllymaa ym. 2008)

Laitosratkaisu	Arinapoltto (prosessi- höyryn hyötyk.)	Arinapoltto (täysi lämpö- verkko)	RDF- Poltto- laitos	REF- poltto- laitos	Rinnakkais- poltto 2 %:n osuudella
Hyötykäyttöön saatava energia, %	83	36	75	77	88
Hyödynnetyn energian jakauma, sähkö / lämpö, %	30 / 70	65 / 35	33 / 67	21 / 79	16 / 84

Taulukko 12. Hyvitetyn energian kasviuonekaasujen päästökertoimet tuotettua energiaa kohti erilaisilla korvattavien polttoaineiden yhdistelmillä (Myllymaa ym. 2008).

	Suomi ka	Puu 85 %, maa- kaasu 15 %	Öljy 64 %, puu 36 %	Öljy 53 %, puu 47 %	Öljy	Kivi- hiili	Turve	Kivi- hiili- lauhde	Maa- kaasu
Lämmön tuotanto, kg CO <sub>2</sub> /GJ	90	0,9	24	20	86				
Sähkön tuotanto, kg CO <sub>2</sub> /GJ	90							254	
Sähkö ja lämpö, yhdistetty tuotanto, kg CO <sub>2</sub> /GJ						104	130-180		67

## Liite 4. Paperi- ja kangaskassin hajoaminen yhdyskuntajätteen kaatopaikalla ja syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta

Paperikassin oletettiin olevan 100 % puukuitua, josta 50 % oletettiin olevan hajoavaa hiiltä, josta 50 % hajoaa kaatopaikkaolosuhteissa kaasuiksi 100 vuoden aikajänteellä. Kaatopaikkakaasuista puolet oletettiin olevan hiilidioksidia ja puolet metaania (eli tehtiin oletus kokonaan hapettomasta hajoamisesta). Lisäksi oletettiin, että 33 % kaatopaikkakaasusta saadaan kerättyä talteen ja että kerätystä metaanista 56 % poltetaan energiahyötykäytössä ja loput 44 % soihduissa. Keräyksen lisäksi kaatopaikan pintakerrosten mikrobitoiminnan oletettiin hapettavan keräyksen ulkopuolelle jäävästä metaanista noin 10 % hiilidioksidiksi.

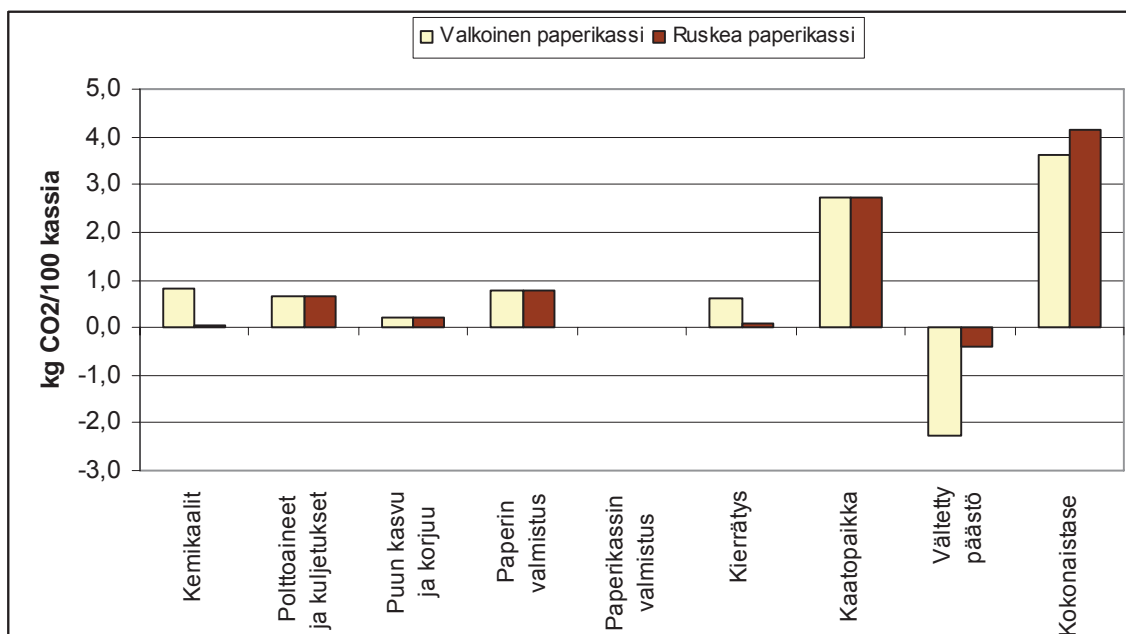
Samoja arvoja käytettiin myös puuvillakassille, sillä molemmat materiaalit ovat pääosin selluloosaa.

$$\text{CH}_4 \text{ päästöt} = [(\text{MSW}_T * \text{MSW}_F * L_0) - R] * (1 - \text{OX}) = 0,1005 \text{ kg CH}_4 / \text{kg paperikassi} \\ \rightarrow 0,0055 \text{ kg CH}_4 / \text{paperikassi}$$

Missä:

$\text{MSW}_T$	= 1	= Tuotetun yhdyskuntajätteen (MSW) kokonaismäärä (Gg/yr)
$\text{MSW}_F$	= 1	= Kaatopaikalle viedyn yhdyskuntajätteen osuus jätemäärästä
$L_0$	= 0.167	= Metaanin tuotantopotentiaali [MCF * DOC * DOC <sub>F</sub> * F * 16/12 (Gg CH <sub>4</sub> /Gg jätettä)]
MCF	= 1	= Metaanin korjauskerroin (osuus)
DOC	= 0.5	= Hajoava orgaaninen hiili [osuus (Gg C/Gg MSW)]
DOC <sub>F</sub>	= 0.5	= kaatopaikkakaasuksi muuttuvan DOC:n osuus
F	= 0.5	= hiilenä laskettavan metaanin osuus kaatopaikkakaasun sisältämästä hiilestä
R	= 0,055	= Talteenotettu CH <sub>4</sub> (Gg/yr)
OX	= 0.1	= osuus metaanista, joka hapettuu kaatopaikan pintakerroksissa

## Liite 5. Ruskean ja valkoisen paperikassin vertailu



Kuva 1. Valkoisen ja ruskean paperikassin eri elinkaarivaiheiden kasvihuonekaasupäästöt sataa kassia kohden.

Vertaamalla ruskean ja valkoisen paperikassin taseita huomataan, että valkoisella paperikassilla on hieman ruskeaa paperikassia pienemmät ilmastonmuutosvaikutukset. Tämä johtuu kuitenkin pääasiassa vältettyjen päästöjen suurehkosta erosta. Valkoisen kassin tapauksessa vältettyjä päästöjä syntyi, kun siistausmassalla korvattiin mekaanista massaa. Ruskean paperikassin tapauksessa päästöjä vältettiin oletuksella, että Suomesta kerätty keräyskartonki korvaa Saksasta tuotavaa keräyskartonkia. Näin ollen kuljetuksen päästöjä vältettiin. Ruskean paperikassin tapauksessa vältettyjen päästöjen laskenta materiaalisubstituutiosta on hankalaa, sillä kierrätyskartongista valmistettavia hylsyjä ei edes valmisteta neitseellisestä raaka-aineesta, jolloin myöskään vältettyjä päästöjä ei voida olettaa syntyvän sitä kautta.

Jos verrataan ainoastaan ruskean ja valkoisen paperikassin valmistusvaiheita, huomataankin että ruskean kassin valmistuksesta aiheutuu pienemmät päästöt kuin valkoisen kassin valmistuksesta. Tämä ero syntyy pääasiassa valkaisusta; valkoisen paperikassin kemikaalien valmistuksen kasvihuonekaasupäästöt sataa kassia kohden ovat 0,7 kg enemmän kuin ruskean kassin kemikaalien valmistuksen päästöt.

Kaiken kaikkiaan ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta olisi järkevintä käyttää ruskeita paperikasseja, ja ohjata kassit energiahyötykäyttöön.

### Uusiutumaton energia

Valkoinen paperikassi kg/100 kpl	Ruskea paperikassi kg/100 kpl
0,028	0,003

Kertaluokan ero tulee siitä, että valkoisen kassin tapauksessa kuumahierreprosessilla vältetään turpeen polttoa. Kun kuumahierrettä kuitenkin korvataan kierrätysmassalla, joudutaan turvetta polttamaan enemmän energian tuottamiseksi. Myös kemikaalien valmistus valkoisen kassin valkaisua varten kuluttaa uusiutumaton energiaa.

#### Maan käyttö ja veden kulutus

Valkoinen paperikassi m <sup>2</sup> *a per kassi	Ruskea paperikassi m <sup>2</sup> *a per kassi
1,075	1,247

Ero maankäytössä johtuu siitä, että kuumahierrettä korvaamalla vältetään myös maankäyttöä. Tämän vuoksi valkoisen kassin maan käyttö on vähäisempää kuin ruskean.

Valkoinen paperikassi litraa/ 100 kassia	Ruskea paperikassi litraa/ 100 kassia
110	13

Kertaluokan ero siitä, että ruskealla paperikassilla kemikaalien valmistus on paljon vähäisempää. Lisäksi eroja syntyy mm. kierrätyksestä.



## Liite 6. Lähtötietojen johdonmukaisuuden tarkistus

	Muovikassi		Kierrätys- muovikassi		Biohajoava muovikassi		Kangaskassi		Paperikassi	
	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK
Lähtötietojen lähde	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK	Tietokannat	OK	Ensisijaisia, tietokannat	OK
Lähtötietojen tarkkuus	Hyvä	OK	Hyvä	OK	Epävarma	EI	Epävarma	EI	Hyvä	OK
Lähtötietojen ikä	Kohtuullinen	OK	Kohtuullinen	OK	Uusi	OK	Hyvä	OK	Pääasiassa 0-8 vuotta	OK
Teknologinen kattavuus	Hyvä	OK	Hyvä	OK	Muutosherkkä	EI	Hyvä	OK	Nykytilaa edustava	OK
Ajallinen kattavuus	10 vuotta vanha	OK	10 vuotta vanha	OK	Nykytilanne	OK	Ajankohtainen	OK	Pääasiassa ajankohtainen	OK
Maantieteellinen kattavuus	Suomi, Eurooppa	OK	Suomi	OK	Eurooppa	OK	Maailma	OK	Suomi	OK

## KUVAILULEHTI

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			Julkaisu-aika Tammikuu 2009
Tekijä(t)	Tuomas Mattila, Marjukka Kujanpää, Tuuli Myllymaa, Marja-Riitta Korhonen, Risto Soukka ja Helena Dahlbo			
Julkaisun nimi	<b>Ostokassien ilmastovaikutusten vähentäminen</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 2/2009			
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Ostokassit ovat viime vuosina olleet paljon esillä keskusteluissa ja lehdistössä. Kansainvälisesti useissa maissa on otettu käyttöön tai harkittu kertakäyttökassien täyskieltoa tai haittaverotusta. Perusteina ovat olleet roskaantumisen välttäminen, öljyriippuvuuden vähentäminen sekä ilmastonmuutoksen hillintä. Joissain tapauksissa rajoituksia on perusteltu myös muovivirokseen kertymisellä valtameriin ja merieläimille aiheutuvilla vahingoilla. Ostokassien valmistuksen, käytön ja hävityksen ympäristövaikutukset eivät ole merkittäviä koko muun kulutuksen rinnalla. Ostokassin valinta on kuitenkin viikoittain toistuva tilanne, jonka ympäristövaikutuksista kuluttaja on epävarma. Tämän epävarmuuden vähentämiseksi toteutettiin tässä julkaisussa raportoitava OPTIKASSI-tutkimus.</p> <p>Suomalaisissa päivittäistavara-kaupoissa tarjolla olevien ostokassivaihtoehtojen ilmastonmuutosvaikutuksista ja mahdollisuuksista niiden hillintään tuotettiin tietoa tutkimushankkeessa "Liiketoiminnan sopeuttaminen ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimuksiin – case ostokassi, OPTIKASSI-hanke", jonka Suomen ympäristökeskus toteutti yhteistyössä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa. Hanketta rahoitti Tekes Climbus-teknologiaohjelmastaan sekä ostokasseja tai niiden materiaalia Suomessa valmistavat yritykset: Suominen Joustopakkauskset Oy, Plastiroll Oy, UPM-Kymmene Oyj Wisapaper ja Cabassi Oy.</p> <p>OPTIKASSI-hankkeen tavoitteena oli koota elinkaari- ja ympäristövaikutusdataa Suomesta päivittäistavaroitten valmistamiseen tyypillisimmin käytettyjen ostokassien ilmastonmuutosvaikutuksista. Lisäksi tavoitteena oli löytää eri materiaaleista valmistetuille ostokasseille ilmastonmuutosvaikutusten kannalta parhaiten soveltuvat käyttö- ja jätahuoltomallit. Vertailtavina tuotteina olivat neitseellisestä raaka-aineesta valmistettu muovikassi, kierrätysraaka-aineesta valmistettu muovikassi, paperikassi, kangaskassi sekä biohajoavasta muovista valmistettu ostokassi.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella ostokassit eivät edusta merkittävää osaa suomalaisen kotitalouden ilmastovaikutuksista. Huolimattomalla käytöllä kassien ilmastovaikutukset voivat kuitenkin kasvaa moninkertaisiksi. Tutkimuksessa tehtyjen skenaario-, herkkyys- ja epävarmuustarkastelujen perusteella:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– muovikasseilla tulisi korvata jätepusseja mahdollisimman tehokkaasti (tiivis pakkaus ja korkea täyttöaste), poltto ei ole mielekäästä</li> <li>– paperikassit tulee kierrättää huolellisesti tai mikäli mahdollista toimittaa energijakeeseen (jos siten voi vähentää turpeen tai öljyn kulutusta)</li> <li>– biohajoavien ostokassien kompostointi ei ole mielekäästä niin kauan, kun ne sisältävät merkittäviä määriä fossiilisia komponentteja</li> <li>– kestokassin olisi hyvä olla mahdollisimman kevyt, mutta kestävä – lisäksi on huolehdittava siitä, että sitä todella käytetään.</li> </ul> <p>Koska ostokassi on osa suurempaa kokonaisuutta, on kuluttajan syytä muuttaa ostokassien avulla kaupassakäyntitottumuksiaan ja jätahuoltoaan ilmastoystävällisempään suuntaan. Tehokkaimmin ilmastovaikutusta voi vähentää ostamalla täysiä kassillisia, käymällä harvemmin kaupassa, kieltäytymällä ilmaisista kasseista ja vähentämällä sekajätteen määrää.</p> <p>Raportissa esitetään myös sekä liiketoiminnalle että valtionhallinnolle ehdotuksia toimenpiteiksi, joilla ostokassien elinkaarenaikaisia ilmastomuutosvaikutuksia voitaisiin vähentää.</p>			
Asiasanat	ostokassit, muovi, paperi, biohajoaminen, puuvilla, ilmastonmuutokset, elinkaari, jätahuolto			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Tekes – teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3350-3 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	Sivuja 63	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja				
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.ymparisto.fi/syke			
Painopaikka ja -aika				

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)			Datum Januari 2009
Författare	Tuomas Mattila, Marjukka Kujanpää, Tuuli Myllymaa, Marja-Riitta Korhonen, Risto Soukka och Helena Dahlbo			
Publikationens titel	<b>Ostokassien ilmastovaikutusten vähentäminen</b> (Minskning av butikskassars klimateffekter)			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 2/2009			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt				
Sammandrag	<p>Kassarna från butikerna har under de senaste åren varit mycket framme i den allmänna diskussionen. I många länder har man totalförbud eller skatt på engångskassar. Syftet har varit att undvika nedskräpning, att minska oljeberoendet samt att hejda klimatförändringen. Viktiga argument är även ansamlingen av plastskräp i oceanerna och skadorna på havsorganismerna. Plastkassarnas miljöeffekter är dock små i förhållande till den övriga konsumtionen, men i valet av butikskasse har konsumenten inte klart för sig vilka miljökonsekvenser alternativen har. För att minska denna oklarhet genomfördes den för handen liggande OPTIKASSI-undersökningen.</p> <p>Forskningsprojektet "Anpassning av affärsverksamheten till kraven på att minska klimatförändringen - case butikskasse, OPTIKASSI-projektet" producerade uppgifter om alternativa butikskassars klimateffekter och möjligheter att stävja effekterna. Projektet genomfördes av Finlands miljöcentral i samarbete med Lappeenranta teknillinen yliopisto (Villmanstrands tekniska universitet). Det finansierades av Tekes Climbus-teknologiprogram, samt av följande företag i branchen: Suomenen Joustopakkaus Oy, Plastiroll Oy, UPM-Kymmene Oy, Wisapaper och Cabassi Oy.</p> <p>Projektets mål var att sammanställa livscykelbaserad information om de klimatförändrande effekter som de vanligaste butikskassarna i Finland har. Ett annat syfte var att finna bästa användnings- och avfallshanteringsmodellerna för kassar av olika material. Produkter som jämfördes var plastkasse av jungfruligt material, plastkasse av återvunnet material, papperskasse, tygkasse samt kasse av biondbrytbar plast.</p> <p>Enligt resultaten utgör butikskassarna en obetydande del av de finska hushållens klimateffekter. Genom ansvarslöst bruk av plastkassar kan effekterna dock bli mångfaldiga. Utgående från undersökningens scenarie-, känslighets- och osäkerhetsutredningar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– borde plastkassar ersätta avfallspåsar och avfallskärnen borde packas tätt och fulla, förbränning är inte förnuftigt</li> <li>– borde papperskassar återvinnas så omsorgsfullt som möjligt eller sändas till energifraktion om man så kan minska förbrukningen av torv eller olja</li> <li>– är det inte vettigt att kompostera biondbrytbara butikskassar så länge de innehåller betydande mängder fossila komponenter</li> <li>– hållbara kassar vara så lätta som möjligt men också durabla - därtill bör man se till, att de faktiskt används.</li> </ul> <p>Eftersom butikskassen är en del av en större helhet bör konsumenten ändra sina butiks- och avfallsvanor genom sitt val av kasse i en mera klimatvänlig riktning. Det effektivaste är att handla fulla kassar, att minska butiksbesöken, att avstå från gratis kassar och att minska på blandavfallet.</p> <p>Rapporten ger förslag för företag och myndigheter till åtgärder med vilka butikskassarnas klimateffekter under deras livscykel kan minskas.</p>			
Nyckelord	kassar, plast, papper, biologisk nedbrytning, bomull, klimatförändringar, livslängd, avfallshantering			
Finansiär/ uppdragsgivare	Tekes - utvecklingscentralen för teknologi och innovationer			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3350-3 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 63	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution				
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år				

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> January 2009
<i>Author(s)</i>	Tuomas Mattila, Marjukka Kujanpää, Tuuli Myllymaa, Marja-Riitta Korhonen, Risto Soukka and Helena Dahlbo			
<i>Title of publication</i>	<b>Ostokassien ilmastovaikutusten vähentäminen</b> (Mitigation of the climate effects of shopping bags)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 2/2009			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>				
<i>Abstract</i>	<p>Shopping bags have been a prominent topic of debate lately. Many countries have banned disposable bags or imposed a tax on them. The motives have been to avoid littering, reduce reliance on oil, and curb climate change. Restrictions are also justified by the accumulation of plastic garbage in the oceans, and by the damage to marine organisms. The environmental effects of production, use, and disposal of shopping bags are small compared with other consumption. However, the choice of a shopping bag is repeated every week, and the consumer is not sure about the consequences of each alternative. To reduce this uncertainty the OPTIKASSI study was made</p> <p>A study called "Adaptation of business activities to the requirements of climate change mitigation - case shopping bags, OPTIKASSI project" was implemented to study shopping bag alternatives in Finnish grocery stores, and the effects of the bags on climate change and the possibilities to mitigate them. Finnish Environment Institute and Lappeenranta University of Technology were responsible for the study, funded by Tekes Climbus Technology Programme, and the bag producers Suominen Joustopakkaukset Oy, Plastiroll Oy, UPM-Kymmene Oyj Wisapaper and Cabassi Oy.</p> <p>The goal of the OPTIKASSI project was to compile lifecycle based information about the climate effects of the most typical shopping bags. It was also desirable to find the best consumption and waste management solutions for bags made of various materials. Products compared were plastic bags of virgin material, and of recycled material, paper bags, canvas bags, and shopping bags of biodegradable plastic.</p> <p>According to the results the shopping bags are an insignificant part of the climate effects of a Finnish household, but negligent use of bags may multiply the effects. Based on scenario, sensitivity, and ambiguity studies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– garbage bags should be replaced by plastic bags, and the bins packed full and tight, incineration is not sensible</li> <li>– paper bags should be recycled carefully or disposed of in energy waste (if this decreases the use of peat or oil)</li> <li>– it is not sensible to compost biodegradable shopping bags as long as they contain a considerable amount of fossil components</li> <li>– the permanent bag should be very light but durable - and their actual use should be controlled.</li> </ul> <p>Because the shopping bag is part of a larger scheme the consumer should change his or her behaviour about grocery shopping by using more climate friendly shopping bags. The most effective way to reduce climate effects is to top up the bags, visit the store less often, say no to free bags, and cut down on mixed waste.</p> <p>The report also presents suggestions to businesses and authorities on how to diminish the climate effects of shopping bags during their life cycle.</p>			
<i>Keywords</i>	bags, plastic, paper, biodegradation, cotton, climate changes, life cycle, waste management			
<i>Financier/ commissioner</i>	Tekes - Finnish funding agency for technology and innovations			
	ISBN	ISBN 978-952-11-3350-3 (PDF)	ISSN	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 63	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>For sale at/ distributor</i>				
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi, www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>				



ISBN 978-952-11-3350-3 (PDF)

ISSN 1796-1637 (verkköj.)