

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

BH10A0300 Ympäristötekniikan kandidaatintyö ja seminaari

HIILIJALANJÄLKI EKOTEHOKKUUDEN MITTARINA

Carbon Footprint as an Indicator of Eco-efficiency

Työn tarkastaja: Professori, KTT Lassi Linnanen

Työn ohjaaja: Projekti-insinööri, DI Tuomas Helin

Lappeenrannassa 29.5.2009

Olli Nevalainen

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. EKOTEHOKKUUDEN MITTAAMINEN	3
2.1. Taustaa	3
2.2. Ekotehokkuuden käsite ja ekotehokkuusajattelun tavoitteet.....	4
2.3. Hyvän ekotehokkuuden mittarin ominaisuuksia	6
2.4. Ekotehokkuuden mittareita	7
2.4.1. Hiilijalanjälki.....	8
2.4.2. Muita ekotehokkuuden mittareita	10
3. HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN.....	11
3.1. Suorat ja epäsuorat päästöt.....	11
3.2. Elinkaariarviointi.....	12
3.2.1. Elinkaariarvioinnin keskeiset piirteet.....	13
3.2.2. Elinkaariarvioinnin vaiheet	14
3.2.3. Raportointi ja kriittinen arviointi	16
3.3. Muita hiilijalanjälkeen liittyviä standardeja.....	17
3.4. Hiilijalanjälkilaskurit.....	18
4. TAPAUSESIMERKKEJÄ HIILIJALANJÄLJEN KÄYTÖSTÄ	19
4.1. Tesco	19
4.1.1. Carbon Trustin hiilijalanjälkimerkki.....	19
4.1.2. Tescon toimet suorien päästöjen pienentämiseksi	20
4.2. Raision Elovena-kaurahiutaleet	20
5. POHDINTAA	21
5.1. Hiilijalanjäljen etuja ja puutteita	21

5.1.1. Elinkaariarviointi hiilijalanjätkilaskennan pohjana.....	21
5.1.2. Standardoinnin puute	23
5.1.3. Ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset	23
5.1.4. Kuluttajanäkökulma	25
5.1.5. Edut yrityksille	26
5.2. Päämääränä ekotehokkuus	27
5.2.1. Keinot ekotehokkuuden parantamiseksi	27
5.2.2. Hiilijalanjäljen ominaisuudet	29
5.3. Hiilijalanjätkilaskennan tulevaisuuden käyttökohteita	31
6. YHTEENVETO.....	33
LÄHTEET	34

1. JOHDANTO

Voimistuneesta kasvihuoneilmiöstä johtuva globaali ilmastonmuutos on tällä hetkellä yksi suurimmista – ellei suurin – ihmiskuntaa kohtaavista haasteista. Kasvihuonekaasupäästöjä pyritään vähentämään siirtymällä pienempipäästöisiin tai jopa kokonaan päästöttömiin ratkaisuihin esimerkiksi energiantuotannossa, liikenteessä ja päivittäisessä kulutuksessa. Kasvihuonekaasupäästöt huomioonottavien ekotehokkuuden mittarien avulla esimerkiksi kuluttajien, yritysten ja julkisyhteisöjen on helpompi vertailla erilaisten tuotteiden tai palvelujen aiheuttamia ilmastovaikutuksia. Yksi ekotehokkuuden mittareista on hiilijalanjälki, johon tämä työ keskittyy. Se on käsitteenä verrattain uusi, eikä siten vielä täysin vakiintunut.

Työssä esitellään ensin ekotehokkuuden mittaamisen yleisiä tavoitteita ja keinoja, lähinnä ilmastonmuutoksen torjumisen näkökulmasta, sekä määritellään hiilijalanjäljen käsite. Seuraavaksi paneudutaan hiilijalanjäljen laskemiseen; mitkä ovat ne keinot joilla lopputulokseen päästään. Työssä esitellään myös muutama tapausesimerkki hiilijalanjäljen käytöstä. Lopuksi pyritään erittelemään hiilijalanjäljen etuja ja puutteita sekä pohditaan sitä täyttääkö hiilijalanjälki tietyt vaatimukset joita voidaan edellyttää hyvältä ekotehokkuuden mittarilta. Lisäksi esitellään näkymiä siitä mihin hiilijalanjälkilaskentaa voitaisiin tulevaisuudessa mahdollisesti soveltaa.

2. EKOTEHOKKUUDEN MITTAAMINEN

2.1. Taustaa

Yhdistyneiden kansakuntien perustaman Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin raportin mukaan on hyvin todennäköistä, että viimeisen viidenkymmenen vuoden aikana havaittu ilmaston lämpeneminen on johtunut suurimmaksi osaksi ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehässä lisääntyneistä kasvihuonekaasuista ja että tämä vaikutus tulee

näkymään maapallon ilmastossa ainakin sadan vuoden ajan vaikka kasvihuonekaasujen lisääntyminen pysähtyisi (IPCC 2007). Ilmaston lämpenemisellä arvioidaan yleisesti olevan monia vakavia ekologisia, taloudellisia ja sosiaalisia seurauksia. Kestävän kehityksen periaatteiden mukaan näitä seurauksia tulisi pyrkiä kaikin keinoin vähentämään siten, että määritelmän mukaisesti ”turvataan nyt elävien ihmisten tarpeiden tyydyttäminen vaarantamatta tulevien sukupolvien mahdollisuutta tyydyttää omia tarpeitaan” (Rissa 2001, 202). Globaaleja kasvihuonekaasupäästöjä tulisi siis vähentää ilmastomuutoksen hidastamiseksi, jotta voitaisiin turvata riittävän hyvät elinolosuhteet ja mahdollisuudet taloudelliseen toimintaan nykyisillä ihmisten elinalueilla myös tulevaisuudessa, tinkimättä kuitenkaan nykyisestä elintasosta. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi tulisi pyrkiä mahdollisimman suureen ekotehokkuuteen. Jotta voitaisiin erilaisissa tilanteissa valita ekotehokkain ratkaisu, tulee ekotehokkuutta pystyä jollakin tavalla mittaamaan. Eri näkökulmista kehitettyjä erilaisia mittareita onkin tähän tarkoitukseen useita.

Seuraavassa paneudutaan hieman tarkemmin ekotehokkuuden käsitteeseen sekä määrittämään hyvän ekotehokkuuden mittarin ominaisuuksia. Lisäksi esitellään lyhyesti hiilijalanjäljen lisäksi muutama muu tunnettu mittari.

2.2. Ekotehokkuuden käsite ja ekotehokkuusajattelun tavoitteet

Yksi yleisimmin käytetyistä ekotehokkuuden määritelmistä esiintyi ensimmäisen kerran Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön (OECD) raportissa Eco-efficiency vuodelta 1998. OECD:n määritelmän mukaan ekotehokkuus on se tehokkuus, jolla ekologisia resursseja käytetään täyttämään ihmisten tarpeita (OECD 1998, 7), mikä voidaan esittää yksinkertaistetun yhtälön muodossa:

$$\text{Ekotehokkuus} = \frac{\text{Tuotokset}}{\text{Panokset}}$$

Alkuperäisiä OECD:n määritelmiä tarkentaen voidaan *tuotoksiin* (output) katsoa kuuluviksi hyvinvoinnin lisääntyminen, elämänlaadun parantuminen, tuotteesta saatava palvelu- suorite ja yritysten tuotto. *Panokset* (joissakin yhteyksissä syötteet, input) muodostuvat käytetyistä luonnonvaroista, kustannuksista, energian kulutuksesta ja syntyvistä ympäristö- vaikutuksista. (Ekotehokkuustyöryhmä 1998, 13; OECD 1998, 7.) Edellä oleva yhtälö osoittaa, että ekotehokkuus kasvaa, kun tuotokset kasvavat ja/tai panokset vähenevät.

Tästä voidaan johtaa ekotehokkuusajattelun kolme tavoitetta, jotka ovat irtikykentä eli decoupling, dematerialisaatio ja immaterialisaatio. *Irtikykennällä* tarkoitetaan kehitystä jossa tuotanto alkaa kasvaa suhteessa panoksiin. Jos panokset edelleen kasvavat, mutta hitaammin kuin tuotanto, on kyseessä suhteellinen irtikykentä. Jos taas tuotannon kas- vaessa samaan aikaan panokset vähenevät, on kyseessä absoluuttinen irtikykentä (Honkasalo 2001, 8). *Dematerialisaatiolla* tarkoitetaan taloudessa kiertävän materiaali- määrän vähenemistä; tuotetaan ”enemmän vähemmästä”. *Immaterialisaatiossa* on kyse kehityksestä, jossa tarpeet tyydytetään aineellisten hyödykkeiden sijasta aineettomilla, esim. fyysiset tuotteet korvataan palveluilla. Tietoyhteiskunnan kehityksellä on ollut hyvin merkittävä rooli immaterialisaation lisääntymisessä. (Rissa 2001, 40.)

Ekotehokkuuden parantamiseksi panoksia vähentämällä on kansainvälistä elinkeinoelämää edustava järjestö World Business Council for Sustainable Development esittänyt seitsemän konkreettista keinoa (WBCSD 1996, 6):

- Tuotteiden ja palveluiden materiaalin tarpeen vähentäminen
- Tuotteiden ja palveluiden energian tarpeen vähentäminen
- Jätteiden hyötykäyttö ja materiaalien kierrätys
- Tuotteiden käyttöiän pidentäminen
- Palveluintensiivisyyden lisääminen
- Myrkyllisten aineiden leviämisen estäminen
- Uusiutuvien resurssien kestävä käytön maksimointi

2.3. Hyvän ekotehokkuuden mittarin ominaisuuksia

Jotta ekotehokkuuden mittaaminen olisi mahdollisimman laadukasta, tulee mittarille asettaa tiettyjä kriteerejä. Tässä työssä pohjana on käytetty kahdeksaa vaatimusta (Ekotehokkuustyöryhmä 1998, 17; Linnanen 2007). Näiden mukaan hyvältä ekotehokkuuden mittarilta edellytetään:

- Luotettavuutta
- Käyttökelpoisuutta
- Lähtötietojen saatavuutta
- Yksinkertaisuutta ja helppoa tulkittavuutta
- Tuloksen toistettavuutta
- Kansainvälistä vertailukelpoisuutta
- Soveltuvuutta eri maiden olosuhteisiin
- Objektiivisuutta

Mittarin tulee olla *luotettava* siten, että se antaa johdonmukaisia ja yhtenäisiä tuloksia joka mittauskerralla. Mahdollisten mittaus- ja laskentaepävarmuuksien tulisi myös olla helposti määriteltävissä ja minimoitavissa. Mittarin täytyy myös olla *käyttökelpoinen* siinä mielessä, että se soveltuu hyvin sille määrättyyn tarkoitukseen, ja että sitä on ainakin suhteellisen helppo käyttää.

Lähtötietojen helppo saatavuus ja luotettavuus on tärkeää mittarin käyttökelpoisuutta ajatellen. Jos lähtötiedoissa joudutaan tekemään oletuksia, siksi että tietoa ei syystä tai toisesta ole saatavilla, kasvavat epävarmuudet suuriksi ja mittauksen luotettavuus kärsii. Ihanteellisessa tilanteessa lähtötiedot ovat valmiiksi saatavilla esimerkiksi siten, että jokin virallinen taho kerää niitä.

Yksinkertaisuuden ja helpon tulkittavuuden vaatimus koskee sekä mittaria itseään että sillä saatuja tuloksia. Ei ole tarkoituksenmukaista mahdollistaa yhteen mittariin kaikkea maan ja

taivaan väliltä. Mitattavien asioiden määrää tulisi pyrkiä ainakin jossain määrin rajaamaan. Toisaalta ei pitäisi kuitenkaan yksinkertaistaa liikaa, jottei mittarin luotettavuus ja käyttökelpoisuus kärsi. Pitkälle yksinkertaistetut mallit eivät välttämättä vastaa usein hyvin mutkikasta todellisuutta. Mittauksen perusteiden tulee myös olla selkeät, jotta mahdollisilta virheiltä työn kuluessa vältyttäisiin. Saatujen tulosten viestittäminen helpottuu, jos ne voidaan saada mahdollisimman yksinkertaiseen ja yksiselitteiseen muotoon. Tulosten helppo tulkittavuus lisää tässä mielessä myös mittarin käyttökelpoisuutta.

Mittaaminen ei saisi olla riippuvainen minkäänlaisista erityisolosuhteista, vaan sen *tulosten tulisi olla toistettavissa* samoilla lähtötiedoilla missä tahansa, milloin tahansa.

Hyvältä ekotehokkuuden mittarilta voidaan edellyttää myös *kansainvälistä vertailukelpoisuutta*. Suuret ympäristöongelmat, kuten ilmastonmuutos, ylittävät valtioiden rajat. Jos näitä ongelmia pyritään ratkaisemaan yhteistyössä eri valtioiden kesken ja tässä käytetään apuna ekotehokkuuden mittareita, tulisi niiden olla tasapuolisia kaikille. Jotta jokin mittari voidaan ottaa yhteiseen käyttöön, tulee sen *soveltua eri maiden olosuhteisiin* mahdollisimman hyvin.

Viimeisen edellytyksen – *objektiivisuuden* – vaatimukseen kuuluu, että mittaajalla ei ole mahdollisuutta omien arvovalintojensa kautta vaikuttaa merkittävästi mittauksen lopputulokseen. Mitattavien asioiden tulee olla tarkasti määriteltäviä, niin ettei niissä ole tulkinanvaraa.

2.4. Ekotehokkuuden mittareita

Ekotehokkuuden toteutumista voidaan mitata sekä tuotoksien että panoksien näkökulmasta. Tuotoksien ja panoksien mittaaminen voidaan myös yhdistää yhteen mittariin. Edellä mainittujen määritelmien mukaan panos- eli input-indikaattorit kuvaavat luonnonvarojen ja energian käyttöä, kustannuksia ja syntyviä ympäristövaikutuksia. Tuotos- eli output-indikaattorit mittaavat tuotteista saatavia palvelusuoritteita, yritysten tuottoa, hyvin-

voinnin lisääntymistä ja elämänlaadun parantumista. Myös muunlaisia jaotteluja voidaan käyttää pohjaten esimerkiksi ekologiseen, sosiaaliseen tai taloudelliseen näkökulmaan. Seuraavassa esitellään hiilijalanjäljen lisäksi lyhyesti muutama muu ekotehokkuuden mittari.

2.4.1. Hiilijalanjälki

Vaikka hiilijalanjälkilaskelmia tehdään nykyisin paljonkin, ei hiilijalanjäljen määritelmä ole vielä täysin vakiintunut. Tieteellistä tutkimusta aiheesta on tehty suhteellisen vähän (Wiedmann & Minx 2007, 2). Hiilijalanjäljen määrittämisestä on tekeillä kansainvälinen standardi, mutta yleisesti täysin hyväksytyjä periaatteita laskennalle ei siis vielä ole olemassa ja jokainen mittaaja saakin toistaiseksi tehdä rajaukset jokseenkin vapaasti. Vaikka hiilijalanjälkilaskennassa käytetään suhteellisen yleisesti standardoidun elinkaariarvioinnin menetelmiä, voi yksinkertaisellakin internet-haulla hiilijalanjäljelle löytää kymmeniä eri määritelmiä. Lähes kaikille näille on yhteistä neljä pääperiaatetta, joissa on tehty valintoja suuntaan tai toiseen.

Ensinnäkin määritelmien välillä on eroavaisuutta siinä mitataanko hiilijalanjäljellä pelkästään hiilidioksidin vai myös muidenkin kasvihuonekaasujen päästöjä. Pelkän hiilidioksidin valitseminen on sikäli perusteltua, että se pysyy pitkään ilmakehässä ja on vesihöyryn jälkeen toiseksi merkittävin kasvihuonekaasu, vastaten jopa 26 prosentista kasvihuoneilmiön aiheuttavasta säteilypakotteesta (Kiehl & Trenberth 1997, 203). Joitakin kasvihuonekaasuja voi olla myös vaikea laskea lähtötietojen saatavuuden puutteesta johtuen. Myös etymologiselta kannalta hiilijalanjäljen määrittäminen mittaamaan vain hiilidioksidipäästöjä on perusteltua, sillä kaikki kasvihuonekaasut eivät sisällä hiiltä. Jos laskennassa otetaan huomioon muutkin kasvihuonekaasut, voisi parempi nimitys olla vaikkapa ilmastojalanjälki. Toisaalta voidaan kuitenkin todeta, että mittari ei anna kovinkaan hyvää kokonaiskuvaa ilmastovaikutuksista, jos se rajataan vain yhteen kasvihuonekaasuun.

Eri määritelmissä on myös esitetty hiilijalanjälkimittaukselle erilaisia mahdollisia kohteita. Näitä ovat yleisemmin mm. yksittäiset henkilöt, projektit, yritykset, tuotteet, palvelut tai

muut toiminnot, valtiot ja niiden sisällä olevat yksittäiset alueet. Jotta hiilijalanjälki olisi mittarina mahdollisimman käyttökelpoinen, tulisi pyrkiä välttämään liian tiukkoja rajanvetoja siinä mitä sillä voidaan mitata.

Kolmanneksi voidaan ottaa kantaa siihen – kohteen soveltuvuudesta riippuen – tulisiko hiilijalanjälkeen sisällyttää pelkästään suorat, fossiilisten polttoaineiden käytöstä aiheutuvat päästöt vai pitäisikö mukaan laskea myös elinkaariarvioinnin perusteella määriteltävät epäsuorat päästöt. Pelkkien suorien päästöjen ottaminen mittauksen perusteeksi tekee kyllä mittarista paljon yksinkertaisemmän käyttää, mutta jättää paljon informaatiota tarkastelun ulkopuolelle. Eri teollisuudenaloilla keskimäärin vain 14 % koko toimitusketjun päästöistä on suorita päästöjä (Matthews et al. 2008, 5839).

Neljäntenä seikkana on hiilijalanjäljen mittayksikkö, joka on useimpien määritelmien mukaan jokin massayksikkö grammasta tonniin ja joskus myös massa/aikayksikkö, kohteesta riippuen. Joissakin tapauksissa hiilijalanjälki on määritelty ekologisen jalanjäljen synonyymiksi. Silloin mittayksikkönä on maa-ala, joka tarvitaan tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen sekä niistä syntyvien jätteiden ja päästöjen käsittelyyn.

Selkeyden vuoksi tässä työssä käytetään hiilijalanjäljestä Wiedmannin ja Minxin (2007, 4) esittämän määritelmän mukaelmaa, jossa otetaan pelkkien hiilidioksidipäästöjen lisäksi mukaan myös muut kasvihuonekaasut: *”Hiilijalanjälki on niiden kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän mitta, jotka syntyvät suoraan tai epäsuorasti jonkin toiminnan seurauksena tai jotka kumuloituvat jonkin tuotteen koko elinkaaren aikana”*. Tässä määritelmässä hiilijalanjälki ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina massayksikössä. Edellä esitetyllä tavalla määriteltynä hiilijalanjälki ottaa huomioon myös epäsuorat päästöt. Toiminnan suorittajaa ei ole mitenkään tarkasti rajattu. Se voi olla yksilö, väestöryhmä, hallitus, yritys, järjestö, prosessi, jokin talouden sektori jne. Tuotteella tarkoitetaan tässä määritelmässä sekä fyysisiä tuotteita että palveluita. Edellä esitetyn jaottelun viitekehyksessä hiilijalanjälki on input-indikaattori, koska se kuvaa syntyviä ympäristövaikutuksia.

2.4.2. Muita ekotehokkuuden mittareita

Wuppertal-instituutin kehittämä *MIPS* on yksi käytetyimmistä ekotehokkuuden mittareista. Lyhenne muodostuu sanoista ”material input per service unit”, eli materiaalipanos jaettuna palvelusuoritteella. Materiaalipanos koostuu luonnonvarojen kulutuksesta jonkin tuotteen koko elinkaaren aikana. Panokset on jaoteltu viiteen eri luokkaan: bioottiset ja abioottiset raaka-aineet mukaanlukien fossiiliset polttoaineet, siirretty maaperä, vesi ja ilma. Palvelusuoritteella tarkoitetaan tuotteesta koko sen elinkaaren aikana saatujen palvelusuoritteiden määrää. Yksikkönä voi olla esimerkiksi käyttökertojen määrä tai auton tapauksessa sillä ajatut kilometrit. MIPS-menetelmällä voidaan siis laskea jonkin tuotteen luonnonvarojen kokonaiskulutus suhteessa siitä saatuun hyötyyn. (Rissa 2001, 58; Ritthoff et al. 2002.)

William Reesin ja Mathis Wackernagelin (1996) alunperin kehittämä *ekologinen jalanjälki* mittaa kulutuksen vaikutuksia ympäristöön. Mittaus kertoo kuinka paljon yhden henkilön kulutukseen tarvitaan tuottavaa maa-alaa. Kulutukseen lasketaan mukaan ravinnon-tuotanto, asuminen, liikenne, kulutushyödykkeet ja palvelut. Maa-alat on jaettu viiteen luokkaan jotka ovat viljelymaa, laitumet, metsät, rakennettu maa ja energiankulutukseen liittyvä maa. Yksikkönä käytetään hehtaareita vuositasolla henkeä kohti. Eri alueiden tai valtioiden ekologiset jalanjäljet saadaan laskemalla yhteen kaikkien asukkaiden jalanjäljet. Ekologista jalanjälkeä voidaan verrata laskennalliseen olemassaolevaan ekologiseen kapasiteettiin, mikä liittyy mittaukseen kestävän kehityksen näkökulman. Esimerkiksi vuonna 2005 kaikkien maapallon asukkaiden yhteenlaskettu ekologinen jalanjälki oli noin 1,3-kertainen suhteessa maapallon ekologiseen kapasiteettiin (Ewing et al. 2008, 41). Vertaamalla eri alueiden ekologisia jalanjälkiä voidaan myös kuvata niiden välisiä riippuvuussuhteita ja tuoda esille globaalin oikeudenmukaisuuden näkökulmaa. (Rissa 2001, 66.)

3. HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN

Edellä esitetyn määritelmän mukaisesti hiilijalanjäljellä on tarkoitus mitata kasvi-huonekaasupäästöjä, jotka syntyvät suoraan tai epäsuorasti jonkin toiminnan seurauksena tai jotka kumuloituvat jonkin tuotteen koko elinkaaren aikana. Laskenta ja saatujen tulosten viestintä perustuu nykyisellään useimmiten muutamiin standardoituihin menetelmiin, joista ehkä tärkeimpänä elinkaariarviointi. Kansainvälinen standardisointijärjestö (ISO) valmistele parhaillaan uutta standardia tuotteiden hiilijalanjäljen määrittämiseksi ja työn on tarkoitus valmistua loppuvuodesta 2011. Seuraavassa määritellään hieman tarkemmin mitä ovat mainitut suorat ja epäsuorat päästöt sekä kuvataan edellä mainittujen standardien sisältöä.

3.1. Suorat ja epäsuorat päästöt

Määritelmän mukaan hiilijalanjälkeen tulisi pyrkiä laskemaan mahdollisuuksien mukaan kaikki kasvihuonekaasut. Eri kaasuilla on kuitenkin erisuuruinen vaikutus ilmaston lämpenemiseen. Tämän vuoksi eri kasvihuonekaasuille on määritetty ns. ilmastonlämmityspotentiaaliarvot (global warming potential, GWP), jotka kertovat kaasujen haitallisuusasteen ilmastonmuutoksen näkökulmasta. Mitä suurempi GWP-luku, sitä pienempi määrä kaasua saa aikaan tietyn ilmastovaikutuksen. Kaasujen ilmastonlämmityspotentiaalia tarkastellaan suhteessa hiilidioksidiin ja eri kaasujen yhteismitallistamiseksi laskennassa niiden määrät muutetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi; hiilidioksidin GWP on siten 1. Eri kaasut myös pysyvät ilmakehässä eripituisia ajanjaksoja ja siksi GWP ilmoitetaan aina jollekin tietylle tarkastelujaksolle. Taulukossa 1 on esitetty erityyppisten kasvihuonekaasujen GWP-lukuja sadan vuoden tarkastelujaksolla. (Forster et al. 2007.)

Hiilijalanjäljessä tulisi suorien päästöjen lisäksi mukaan laskea myös epäsuorat päästöt. Suoria päästöjä syntyy esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden käytöstä, jätteiden käsittelystä sekä liikenteestä. Epäsuoriksi päästöiksi voidaan katsoa mm. polttoaineiden

tuotannosta, kuljetuksesta, ostosähkön ja lämmön tuotannosta sekä jätteiden kaatopaikalle sijoittamisesta syntyvät päästöt. Lisäksi voidaan puhua vältetyistä päästöistä. Näihin lasketaan päästöjen vähentyminen, joka syntyy kun siirrytään käyttämään ympäristöystävällisempiä materiaaleja ja energiaa säästävää teknologiaa sekä kun korvataan fossiilisia polttoaineita uusiutuvilla.

Taulukko 1. Erityyppisten kasvihuonekaasujen ilmastolämmityspotentiaaleja sadan vuoden tarkastelujaksolla (Forster et al. 2007, 212-213)

Aine	Kemiallinen merkki	GWP ₁₀₀
Hiilidioksidi	CO ₂	1
Metaani	CH ₄	25
Typpioksiduuli	N ₂ O	298
Osittain fluoratut hiilivedyt (HFC)	-	124 – 14 800
Rikkiheksafluoridi	SF ₆	22 800
Perfluorihiiilivedyt (PFC)	-	7390 – 12 200
Kloorifluorihiiilivedyt (CFC)	-	4750 – 14 400
Osittain halogenoidut kloorifluorihiiilivedyt (HCFC)	-	77 – 2310
Halonit	-	1640 – 7140

3.2. Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on ISO 14040-sarjan standardeihin perustuva menetelmä, jonka avulla pyritään selvittämään jonkin tuotteen tai palvelun aiheuttamat ympäristövaikutukset koko sen elinkaaren ajalta; eli raaka-aineiden hankinnasta lähtien aina käytöstä poistamiseen ja

jätteiden käsittelyyn asti. Elinkaariarviointia voidaan käyttää apuna esimerkiksi tuotteiden kehittämisessä ja parantamisessa ympäristönäkökulmasta, ympäristövaikutusarvioinnissa, poliittisessa päätöksenteossa sekä markkinoinnissa esim. ympäristömerkkien kautta (SFS-EN ISO 14040, 44). Elinkaariarviointia voidaan käyttää soveltuvin osin myös hiilijalanjäljen laskennassa. Elinkaariarvioinnin periaatteet ja pääpiirteet on esitelty standardissa SFS-EN ISO 14040 (2006). Seuraavassa käydään hieman tarkemmin läpi tämän standardin sisältöä.

3.2.1. Elinkaariarvioinnin keskeiset piirteet

Standardissa on määritelty joitakin perustavanlaatuisia periaatteita joita tulisi soveltaa kaikessa elinkaariarviointiin liittyvässä päätöksenteossa (SFS-EN ISO 14040, 22). Näitä ovat:

- Elinkaarinäkökulma
- Ympäristöpainotus
- Suhteellinen lähestymistapa ja toiminnallinen yksikkö
- Iteratiivinen lähestymistapa
- Läpinäkyvyys
- Kattavuus
- Tieteellisen lähestymistavan ensisijaisuus

Elinkaariarvioinnissa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari. Kun tarkastelu tehdään systemaattisesti *elinkaarinäkökulmasta*, voidaan välttää ns. ”shifting of burdens” eli ympäristökuormien siirtyminen eri elinkaaren vaiheiden tai yksittäisten prosessien välillä. Tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi sitä, että jos toteutetaan toimia joilla päästöjä vähennetään jossakin tietyssä elinkaaren vaiheessa, niin päästöt eivät tämän seurauksena muissa vaiheissa kasva.

Elinkaariarviointi *painottuu ympäristönäkökohtiin* eikä siinä yleensä oteta huomioon taloudellisia tai sosiaalisia vaikutuksia. Jos näitä halutaan tutkia, tulisi elinkaariarvioinnin lisäksi käyttää joitakin muita tarkoitukseen sopivia työkaluja ja menetelmiä.

Kaikki tarkastelu arvioinnin kuluessa suoritetaan *suhteessa toiminnalliseen yksikköön*. Hiilijalanjäljen tapauksessa se määritellään eri tuotteille ja palveluille käyttötarkoituksen mukaan. Laskettaessa esimerkiksi auton hiilijalanjälkeä, voi toiminnallinen yksikkö olla sillä ajettu kilometri.

Elinkaariarvioinnissa käytetään *iteratiivisia menetelmiä* sekä yksittäisten vaiheiden sisällä että eri vaiheiden välillä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä että yksittäisissä vaiheissa käytetään hyödyksi muissa vaiheissa saatuja tuloksia. Tämä vaikuttaa osaltaan tulosten kattavuuteen ja johdonmukaisuuteen.

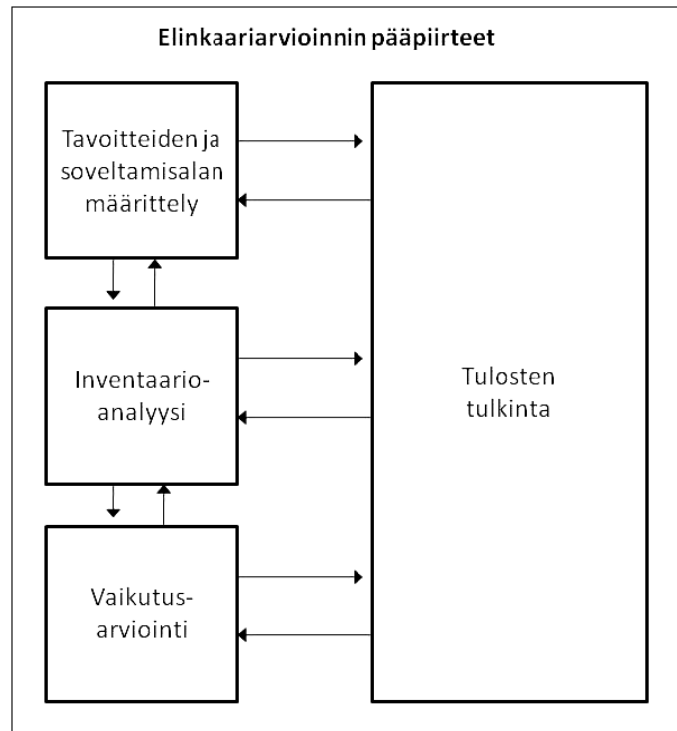
Elinkaariarviointi on pohjimmiltaan hyvin monimuotoinen menetelmä. Jotta sen tuloksia voidaan tulkita oikein, on *läpinäkyvyys* kaikissa sen vaiheissa hyvin tärkeää.

Elinkaariarvioinnissa tulee ottaa *kattavasti* huomioon kaikki ominaisuudet ja näkökohdat aiottu käyttötarkoitus huomioonottaen. Kun eri tietovälineitä yhdistävää näkökulmaa käyttäen käsitellään mm. luonnonympäristön, ihmisten terveyden ja resurssien ominaisuuksia ja näkökohtia samassa selvityksessä, voidaan tunnistaa ja arvioida kattavasti erilaisia potentiaalisia parannusmahdollisuuksia.

Päätökset arvioinnin kuluessa tulisi tehdä *ensisijaisesti luonnontieteellisin perustein*. Toisijaisesti voidaan käyttää myös muunlaista tieteellistä lähestymistapaa – esimerkiksi yhteiskunta- tai taloustieteisiin perustuvaa – tai perustella päätökset viittaamalla kansainvälisiin sopimuksiin. Mikäli perustelu edellämainituin keinoin ei ole mahdollista, voidaan päätökset viimekädessä perustaa myös asianmukaisiin arvovalintoihin. Tässä tapauksessa läpinäkyvyys on erityisen tärkeää.

3.2.2. Elinkaariarvioinnin vaiheet

Elinkaariarviointiselvitykseen kuuluu neljä päävaihetta: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi sekä tulosten tulkinta (SFS-EN ISO 14040, 22). Näiden välisiä suhteita on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Elinkaariarvioinnin päävaiheet (SFS-EN ISO 14040, 24)

Tavoitteissa tulisi ilmaista elinkaariarvioinnin aiottu käyttötarkoitus sekä selvityksen tekemisen syyt. Lisäksi tulisi määritellä aiottu kohdeyleisö sekä se, onko arvioinnin tuloksia tarkoitus käyttää julkisesti esitettävissä vertailuväitteissä (SFS-EN ISO 14040, 30).

Elinkaariarviointiselvityksen *soveltamisala* on riippuvainen selvitykselle määritellyistä tavoitteista. Järjestelmän rajat tulisi – selvityksen tavoitteet huomioonottaen – määrittää mahdollisimman laajoiksi kattavan lopputuloksen saamiseksi. Tarkastelun ulkopuolelle voidaan kuitenkin jättää sellaisia syötteitä ja tuotoksia joilla ei ole lopputuloksen kannalta merkittävää vaikutusta. Tällaisissa tapauksissa tulee kuitenkin kiinnittää huomiota läpinäkyvyyteen ja kuvata valintojen pohjalla olevat oletukset järjestelmän eri osien merkittävydestä. Lähtötiedoille tulee myös asettaa tiettyjä laatuvaatimuksia jotta voidaan taata saatujen tulosten luotettavuus. (SFS-EN ISO 14040, 30-32.)

Varsinainen tietojen keruu kuuluu elinkaariarvioinnin *inventarioanalyysivaiheeseen*. Elinkaariarvioinnin iteratiivisen luonteen vuoksi tietoa kerätessä ilmi tulleiden seikkojen seurauksena voidaan päätyä myös muokkaamaan tai määrittelemään uudelleen selvityksen tavoitteita tai soveltamisalaa. Laskentamenettelyjen avulla muodostetaan eri yksikköprosessien ja tuotejärjestelmien inventaariotulokset. Jos jossakin tietyssä prosessissa tuotetaan useampia tuotteita, tulee prosessin synnyttämät ympäristövaikutukset voida allokoida eri tuotteille mahdollisimman hyvin. Tämä lisää omalta osaltaan saatujen tulosten luotettavuutta. (SFS-EN ISO 14040, 32-34.)

Vaikutusarviointivaiheessa käydään läpi inventarioanalyysin tulokset ja arvioidaan ympäristövaikutusten merkittävyyttä. Tämä tehdään yhdistämällä inventaariotiedot tiettyihin ympäristövaikutusluokkiin ja vaikutusluokkaindikaattoreihin. Vaikutusluokkien valinta, mallinnus ja arviointi tehdään tiettyjen arvovalintojen pohjalta ja tämä omalta osaltaan tuo elinkaariarviointiin tiettyä subjektiivisuutta. Siksi myös vaikutusarviointivaiheessa on menetelmän läpinäkyvyys tärkeää. Elinkaariarviointiselvityksen tavoitteita ja soveltamisalaa voidaan tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa myös vaikutusarviointivaiheessa iteratiivisen lähestymistavan periaatteen hengessä. (SFS-EN ISO 14040, 34-36.)

Tulosten tulkinnassa yhdistetään inventarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tulokset. Tulkintavaiheen tulisi tuottaa tuloksia jotka ovat linjassa määriteltujen tavoitteiden ja soveltamisalan kanssa. Myös tässä vaiheessa voidaan iteratiivisen prosessin kautta päivittää selvityksen soveltamisalaa. Tulkinnan tulokset voidaan sitten välittää johtopäätösten ja suositusten muodossa päätöksentekijöille helposti ymmärrettävänä, täydellisenä ja johdonmukaisesti esitettyinä raporttina. (SFS-EN ISO 14040, 38)

3.2.3. Raportointi ja kriittinen arviointi

Elinkaariarvioinnin tulokset ja johtopäätökset esitetään aiotulle kohdeyleisölle soveltuvaan muotoon laaditussa raportissa jossa käsitellään mm. selvityksessä käytettyjä tietoja,

menetelmiä ja oletuksia sekä näihin liittyviä rajoituksia. Raportissa tulisi läpinäkyvyyden periaatteen mukaisesti myös kuvailla tehdyt arvovalinnat.

Kriittisessä arvioinnissa todennetaan että elinkaariarviointi täyttää tietyt standardissa määritellyt vaatimukset. Arvioinnin voi suorittaa joko sisäinen tai ulkoinen asiantuntija, tai vaihtoehtoisesti sidosryhmäpaneeli. Kriittisen arvioinnin toteuttamista edellytetään erityisesti, jos elinkaariarvioinnin tuloksia käytetään vertailuväitteisiin. Toisaalta kriittinen arviointi ei saa kuitenkaan sinällään toimia minkään vertailuväitteen hyväksymismenettelynä. (SFS-EN ISO 14040, 40-42.)

3.3. Muita hiilijalanjälkeen liittyviä standardeja

Haluttaessa viestiä elinkaariarvioinnin tuloksista, voidaan käyttää ns. tyypin III ympäristöselosteita. Näiden kehittämisessä sovellettavat periaatteet ja menetelmät on esitelty standardissa SFS-ISO 14025 (2006). Nämä ympäristöselosteet siis tarjoavat elinkaariarviointiin perustuvaa kvantitatiivista ympäristötietoa tuotteesta. Luotettavuuden varmistamiseksi puolueeton kolmas osapuoli vahvistaa, että seloste on laadittu vaatimusten mukaisesti. Tyypin III ympäristöselosteet on tarkoitettu ensisijaisesti yritysten väliseen viestintään, mutta niitä voidaan käyttää tietyin ehdoin myös yrityksen kuluttajaviestinnässä. (SFS-ISO 14025.)

Suorien päästöjen laskennassa voidaan käyttää apuna kolmiosaista SFS-ISO 14064:en (2006) –standardia joka sisältää ohjeita mm. kasvihuonekaasupäästöjen sekä päästöpoistojen määrittämiseen ja raportointiin. Standardin kolmas osa sisältää myös edellytyksiä ja ohjeistusta päästötiedon validoimiseksi. (SFS-ISO 14064:en.)

ISO on marraskuussa 2008 päättänyt käynnistää projektin uuden standardin luomiseksi tuotteiden hiilijalanjälkiä koskien. Standardin tunnuksiksi on määrätty ISO 14067 ja se tulee sisältämään kaksi osaa. Ensimmäinen osa käsittelee hiilijalanjäljen määrittämistä ja

toinen tulosten viestimistä. Työ on määrä saada päätökseen loppuvuodesta 2011. (ISO 2008.)

Iso-Britannian kansallinen standardisointielin British Standards Institution (BSI) on ympäristöasioista vastaavan ministeriön sekä Carbon Trust-organisaation aloitteesta luonut PAS 2050-ohjeiston tuotteiden ja palvelujen koko elinkaaren aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen määrittämiseksi. PAS 2050 ei ole varsinainen standardi vaan ns. julkisesti saatavilla oleva spesifikaatio (Publicly Available Specification, PAS). Sen kehitysprosessi ja muoto perustuvat kuitenkin brittiläiseen standardimalliin ja se on standardien tavoin alistettu BSI:n hyväksyntäprosessin alaiseksi. (BSI 2008.)

3.4. Hiilijalanjälkilaskurit

Internetissä on saatavilla useita hiilijalanjälkilaskureita joiden avulla voi määrittää oman henkilökohtaisen vuosittaisen kokonaishiilijalanjälkensä. Nämä laskurit perustuvat enemmän tai vähemmän karkeisiin oletuksiin ja eri maiden keskimääräisiin kulutuslukuihin. Siksi niiden antamat tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia. Seuraavassa on esitelty esimerkinomaisesti yksi kotimainen laskuri.

Helsingin sanomat julkisti marraskuussa 2008 verkkosivuillaan yhteistyössä Natural interest Oy:n ja Byroo Oy:n kanssa toteutetun hiilijalanjälkitestin. Testi suoritetaan vastamalla muutamiin yleisluontoisiin kysymyksiin omista elintavoista viidessä eri kategoriassa: ruoka, liikenne, asuminen, kulutus ja jätteet, minkä jälkeen laskuri ilmoittaa hiilijalanjäljen hiilidioksidiekvivalentteina sekä jokaisen kategorian suhteellisen osuuden siitä. Laskennassa käytetyt lähtötiedot pohjaavat erilaisiin tilastoihin ja tutkimuksiin henkilö- ja kotitalouskohtaisista keskimääräisistä kulutusluvuista. Eri tuotteiden elinkaariarviointeihin perustuvia hiilijalanjälkiä on saatavilla erilaisissa tietokannoissa ja niitä on tässäkin testissä hyödynnetty. Testin tekijät toteavat tuloksen olevan vain suuntaa antava arvio ja testin tarkoituksena onkin heidän mukaansa lähinnä osoittaa mistä henkilökohtainen hiilijalanjälki koostuu ja korostaa erilaisten kulutusvalintojen vaikutusta siihen. (HS 2008.)

4. TAPAUSESIMERKKEJÄ HIILIJALANJÄLJEN KÄYTÖSTÄ

4.1. Tesco

Iso-Britannian suurin kauppaketju Tesco on ryhtynyt lisäämään tuotteisiinsa hiilijalanjälki-merkkejä. Tescon kunnianhimoisena tavoitteena on liittää merkki kaikkiin sen myymiin tuotteisiin, joita on tällä hetkellä noin 70 000. Vuoden 2007 lopulla käynnistettiin pilotti-projekti jossa määritettiin kolmenkymmenen tuotteen hiilijalanjälki. Näiden selvitysten pohjalta päädyttiin keväällä 2008 lisäämään hiilijalanjälkimerkki yhteensä kahteenkymmeneen tuotteeseen neljässä eri tuoteryhmässä: pyykinpesuaineet, appelsiinimehut, perunat ja energiansäästölamput. Jotta kaikkien tuotteiden merkitseminen olisi kustannuksiltaan mahdollista toteuttaa, tulisi Tescon pilottiprojektista kertyneiden kokemusten mukaan luoda kaikkien alihankkijoiden yleisesti saatavilla oleva tietopankki, joka sisältäisi tietoa mm. tiettyjen prosessien vaikutuksesta hiilijalanjälkeen. Tämä helpottaisi Tescon alihankkijoita keräämään tietoa toimittamiensa tuotteiden aiheuttamista päästöistä. (Nissinen & Seppälä 2008, 17; Tesco 2008.)

4.1.1. Carbon Trustin hiilijalanjälkimerkki

Hiilijalanjälkimerkinnässä käytetään Carbon Trustin kehittämää merkkiä. Carbon Trust on Iso-Britannian mm. ympäristöasioista vastaavan ministeriön Defran kautta rahoitettu yritys jonka tarkoituksena on edistää kasvihuonekaasupäästöjen vähenemistä. Merkissä on esitettyä hiilijalanjälki grammoissa jotakin toiminnallista yksikköä, esimerkiksi pesuaineissa yhtä pesukertaa kohden. Lisäksi merkissä on ilmoitettu tuotteen eri elinkaaren vaiheiden suhteellinen osuus lopullisesta hiilijalanjäljestä sekä vertailun vuoksi muiden vastaavien tuotteiden hiilijalanjälkiä. Merkki sisältää myös ohjeita kuluttajalle hiilijalanjäljen pienentämiseksi; esim. pyykinpesuaineissa neuvotaan käyttämään pesussa alempaa lämpötilaa. Tesco myös ilmoittaa merkissä sitoutuvansa tuotteen hiilijalanjäljen pienentämiseen. Tuotteiden koko elinkaaren aikaisten päästöjen määrittämisessä on käytetty apuna PAS 2050-spesifikaatiota. Kaikki saadut tulokset ovat Carbon Trustin tarkastamia ja varmentamia. (Nissinen & Seppälä 2008, 18; Tesco 2008.)

Merkkiä kohtaan on esitetty myös kritiikkiä. Esimerkiksi pesuaineiden tapauksessa merkittävä osa hiilijalanjäljestä syntyy tuotteen käyttövaiheessa. Päästöjen määrä riippuu paljolti siitä mikä on käytettävän pesukoneen sähkönkulutus ja millä tämä sähkö on tuotettu. Hiilijalanjälkimerkistä ei kuitenkaan selviä laskelmassa käytetyn pesukoneen energiatehokkuustietoja. (Nissinen & Seppälä 2008, 19.)

4.1.2. Tescon toimet suorien päästöjen pienentämiseksi

Tesco pyrkii myös toiminnassaan vähentämään kasvihuonekaasujen suoria päästöjä. Vuonna 2006 Tesco-yhtymän suorat kasvihuonekaasupäästöt olivat yhteensä noin 4,13 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Suorat päästöt koostuivat hallinnollisten rakennusten, henkilöstön liikematkustamisen, jakelukeskusten ja myymälöiden sekä näiden käyttämien jäähdytysaineiden päästöistä. Lisäksi mukaan on laskettu sisäisen jakelun sekä kotiinkuljetuspalveluiden päästöt. Päästöjä pyritään vähentämään siirtymällä käyttämään vähemmän energiaa kuluttavaa valaistusta ja kylmän ilman talteenottojärjestelmiä jäähdytyksessä kaikissa ketjun liikkeissä. Tesco pyrkii myös luopumaan kokonaan HFC-yhdisteiden käytöstä kylmälaitteissaan. Jakelussa pyritään mahdollisuuksien mukaan käyttämään raideliikennettä ja maantieliikenteessä on siirrytty kaksikerroksisten kuorma-autojen käyttöön. Näiden toimien seurauksena vuodesta 2005 vuoteen 2006 suorat päästöt eivät kasvaneet, vaikka myynti kasvoi 10,9 % ja liikkeiden kokonaispinta-ala 17,2 %. Tulevaisuudessa Tesco tulee panostamaan mm. oman energiansa tuottamiseen uusiutuvista lähteistä. Tavoitteena on puolittaa olemassaolevien rakennusten suorat päästöt vuoteen 2020 mennessä. (Tesco 2007.)

4.2. Raision Elovena-kaurahiutaleet

Raisio on tietävästi ensimmäisenä suomalaisyrityksenä lisännyt tuotteeseensa sen ilmasto-vaikutuksista kertovan merkin. Elovena-kaurahiutalepakkauksissa on huhtikuusta 2008 lähtien ollut tuotteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ilmoittava merkki.

Merkissä ilmoitettu lukema – 37 g_{CO2}/100 g tuotetta – kattaa hiilidioksidipäästöt viljelyvaiheesta jalostuksen kautta kaupan varastoon (Raisio 2008). Hiilidioksidipäästölukema perustuu Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen vuonna 2003 julkaisemaan elinkaariarviointiin perustuvaan tutkimukseen. Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset ovat siinä mielessä positiivisia, että hiilidioksiditaselaskelman mukaan kauran kasvaessa syntyvä biomassa sitoo ilmakehästä enemmän hiilidioksidia kuin jalostusvaihe aiheuttaa (Raisio 2008).

Myös tätä merkkiä voidaan kritisoida ainakin muutamasta näkökohdasta. Elovena-kaurahiutalepakkauksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt sen elinkaaren alkuvaiheessa kaupan varastoon asti ovat hiilidioksidiekvivalentteina 85g/100g tuotetta (Raisio 2009). Merkissä ilmoitetun pelkän hiilidioksidin osuus niistä on alle puolet, vain noin 44 %. Merkin esittämään lukemaan ei myöskään sisälly mm. tuotteen käyttövaihetta. Esimerkiksi jos kaurahiutaleista valmistetaan puuroa sähköliedellä, ovat kasvihuonekaasupäästöt moninkertaiset verrattuna elinkaaren muihin vaiheisiin (Katajajuuri et al. 2003, 38). Kattavampi esitys tuotteen ilmastovaikutuksista saataisiin, jos merkin lukemassa huomioitaisiin koko elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt.

5. POHDINTAA

5.1. Hiilijalanjäljen etuja ja puutteita

Seuraavassa esitellään joitakin tätä työtä tehtäessä esiin tulleita hiilijalanjätkilaskennan käytöstä saavutettavia etuja sekä siihen liittyviä, ainakin toistaiseksi ratkaisemattomia puutteita.

5.1.1. Elinkaariarviointi hiilijalanjätkilaskennan pohjana

Kun hiilijalanjätkilaskenta on suoritettu elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaisesti, voidaan tuotteen, palvelun tai toiminnan elinkaaren varrelta helpommin tunnistaa vaiheet,

joissa päästöjen vähentämistoimet ja sitä kautta ekotehokkuuden parantaminen on toteutettavissa tehokkaimmin sekä vaikutuksiltaan että kustannuksiltaan. Kun ympäristövaikutuksia tarkastellaan koko elinkaaren näkökulmasta, voidaan myös välttää kasvihuonekaasupäästöjen osalta ns. ”shifting of burdens”, eli ettei päästöjen vähentäminen jossakin elinkaaren vaiheessa johtaisi päästöjen lisääntymiseen toisaalla elinkaaressa. Elinkaarinäkökulma siten omalta osaltaan auttaa pyrkimyksessä kestäväen kehityksen mukaiseen tuotantoon.

Elinkaariarvioinnin käyttöön sisältyy myös joitakin ongelmia. Kattavien tietojen hankinta elinkaaren eri vaiheista on usein hyvin työlästä ja siksi myös kustannukset ovat korkeat. Seikkaperäisen ja kattavan elinkaariarvioinnin hinta voi olla yli 100 000 euroa (Nissinen & Seppälä 2008, 28). Jos jotakin tietoa on selvitystä tehtäessä syystä tai toisesta mahdoton tai hyvin vaikea saada, voidaan lähtötiedoissa joutua tekemään oletuksia, millä on oma merkityksensä arvioitaessa tulosten luotettavuutta. Tiedonhankinnan helpottamiseksi on perustettu kansainvälisiä tietokantoja – esimerkiksi Euroopan unionin komission ELCD-tietokanta – jotka sisältävät yritysten tuottamaa, julkisesti saatavilla olevaa elinkaaritietoa mm. raaka-aineista, energiantuotannosta ja jätteiden käsittelystä (EC 2008). Tällaisia tietolähteitä käytettäessä tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota niiden soveltuvuuteen omassa elinkaariarviointiselvityksessä esim. kansainvälisen vertailukelpoisuuden kannalta.

Elinkaariarvioinnin kuluessa joudutaan tekemään myös joitakin arvovalintoja. Selvityksen tavoitetta ja soveltamisalaa määriteltäessä tulee päättää mm. tutkittavan järjestelmän rajoista. Haluttaessa käyttää elinkaariarviointia tarkoitushakuisesti, on mahdollista rajata järjestelmä siten että joitakin merkittäviä päästölähteitä jää selvityksen ulkopuolelle. Elinkaariarvioinnin vaikutusarviointivaiheessa – jossa arvioidaan eri päästölähteiden merkitysevyyttä lopputuloksen kannalta – on myös valinnoilla mahdollista vaikuttaa arvioinnin tulokseen. Arviointiprosessin läpinäkyvyys on siksi hyvin tärkeää tulosten käyttökelpoisuuden ja luotettavuuden kannalta. Jotta olisi mahdollista välttyä tulosten tahalliselta tai tahattomalta epätarkkuudelta, on elinkaariarviointiselvitys hyvä alistaa kriittisen ja puolueettoman kolmannen osapuolen arvioitavaksi.

5.1.2. Standardoinnin puute

Hiilijalanjäljessä on myös ongelmia jotka liittyvät standardoinnin puutteeseen. Vaikka laskennassa käytetään apuna standardoituja menetelmiä, ei hiilijalanjäljen määritelmä ja sen laskenta itsessään ole kuitenkaan ainakaan toistaiseksi standardoitu. Tämä on ongelmallista mm. siksi että nykyisellään eri laskentojen tulokset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia keskenään. Hiilijalanjälkien laskennassa tulisi vertailukelpoisuuden saavuttamiseksi olla tarkkoja tuoteryhmäkohtaisia ohjeita mm. taserajauksen osalta.

Kenny ja Gray (2009) vertailivat tutkimuksessaan kuutta eri yleisesti käytössä olevaa laskentamallia tyypillisen kolmihenkinen irlantilaisen perheen vuosittaisten suorien hiilidioksidipäästöjen määrittämiseksi. Eri mallien antamat tulokset vaihtelivat välillä 4018...9073 kg_{CO2}/henkilö/vuosi. Tästä voidaan todeta, että ainakin tällaisten mallien käyttö kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa antaa tuloksia, jotka ovat parhaimmillaan vain hyvin karkeita arvioita todellisesta päästömäärästä.

5.1.3. Ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset vaikutukset

Tämän työn luvussa 2.2. määriteltiin ekotehokkuus tiettyjen tuotoksien ja panosten suhteeksi. Siinä tuotoksia ovat hyvinvoinnin lisääntyminen, elämänlaadun parantuminen, tuotteesta saatava palvelusuorite ja yritysten tuotto. Panoksia sen sijaan ovat käytetyt luonnonvarat, kustannukset, energian kulutus ja syntyvät ympäristövaikutukset. Eri panokset ja tuotokset voidaan karkeasti jaotella kuuluviksi joko ekologiseen, taloudelliseen tai sosiaaliseen kenttään (kuva 2).

	PANOKSET	TUOTOKSET
EKOLOGINEN	<ul style="list-style-type: none"> • Käytetyt luonnonvarat • Energian kulutus • Syntyvät ympäristövaikutukset 	
SOSIAALINEN		<ul style="list-style-type: none"> • Hyvinvoinnin lisääntyminen • Elämänlaadun parantuminen
TALOUDELLINEN	<ul style="list-style-type: none"> • Kustannukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotteesta saatava palvelusoorite • Yritysten tuotto

Kuva 2. Ekotehokkuuden panokset ja tuotokset ekologis-sosiaalis-taloudellisessa kentässä.

Kokonaisekotehokkuuden kasvattamiseksi tulisi välttää ”shifting of burdens” sekä yksittäisten kenttien sisällä että myös ekologis-taloudellis-sosiaalisen kentän rajapintojen yli. Siis esimerkiksi siten että jos jossakin toiminnassa syntyviä ympäristövaikutuksia pienennetään, ei siitä seuraa esimerkiksi kenenkään elämänlaadun huonontumista.

Hiilijalanjälki mittaa suoranaisesti vain syntyviä ympäristövaikutuksia kasvihuonekaasupäästöjen osalta, joten sen toiminta-alue on ainakin periaatteessa rajattu pieneen osaan ekologista kenttää. Jos päätöksiä ja valintoja tehdään pelkästään hiilijalanjäljen perusteella, jää tarkastelun ulkopuolelle monia muita ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi jos ajatellaan vaikkapa tehdasta jossa jokin tuotantoväline korvataan vähempipäästöisellä mutta huomattavasti enemmän melua aiheuttavalla koneella, eivät ympäristövaikutukset sinänsä vähene vaan vain tavallaan muuttavat muotoaan. Toisaalta karkeasti olettaen voidaan todeta että hiilijalanjäljellä on ainakin jollakin tasolla suora yhteys energian kulutukseen ja käytet-

tyihin luonnonvaroihin. Ainakin suurimmassa osassa tapauksista pienempi hiilijalanjälki tarkoittaa todennäköisesti myös vähempää energian ja luonnonvarojen käyttöä.

Elinkaariarviointimenetelmällä suoritettulla hiilijalanjälkilaskennalla voi myös olla monenlaisia taloudellisia seurauksia. Jos esimerkiksi yrityksessä päädytään toteuttamaan toimia joilla päästöjä vähennetään, aiheuttaa tämä todennäköisesti lisäkustannuksia jotka voivat siirtyä kuluttajahintoihin. Pitemmällä aikavälillä toteutetut prosessimuutokset voivat kuitenkin tuottaa kustannussäästöjä ja kasvattaa yritysten tuottoa.

Päästöjen vähentämisellä on ainakin pitkällä tähtäimellä vaikutus sekä ihmisten hyvinvointiin että elämänlaatuun. Hallitsematon ilmastonmuutos aiheuttaa todennäköisesti lisääntyviä sairauksia sekä elinolosuhteiden merkittävää huonontumista mm. merenpinnan nousun vuoksi ja sitä kautta esimerkiksi pakolaisuutta ainakin tietyillä maapallon alueilla. Ilmastonmuutosta ja sen seurauksia tulee hillitä vähentämällä huomattavasti kasvihuonekaasujen päästöjä. Hiilijalanjälki voi toimia tässä merkittävänä apuna.

Jotta kestävä kehitys ja globaalit oikeudenmukaisuuden vaatimukset tulisivat huomioonotetuiksi, ei kaikkia päätöksiä ja valintoja tulisi perustaa pelkästään hiilijalanjälkeen vaan rinnalla tulisi käyttää myös muita mittareita kuten esimerkiksi MIPS tai ekologinen jalanjälki. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on hyvä ja tärkeä tavoite, mutta sen toteuttamisessa tulisi aina pitää huolta myös siitä että se ei johda muihin merkittäviin ongelmiin.

5.1.4. Kuluttajanäkökulma

Ympäristökysymykset ja etenkin ilmastonmuutos ovat nykyisin hyvin esillä yleisessä keskustelussa ja tämä on saanut tavalliset kansalaiset yhä kiinnostuneemmiksi niistä. Tescon Iso-Britanniassa teettämässä kyselytutkimuksessa 45 % vastaajista ilmoitti ympäristöstä huolehtimisen yhdeksi asioista, joihin yritysten tulisi kiinnittää erityistä huomiota (Tesco 2008). Yritykset toimivatkin nykyisin hyvin aktiivisesti ympäristöasioissa ja usein viestivät toimistaan myös suoraan kuluttajille. Yritysten ympäristöviestinnässä

käytetään nykyisin yhä enemmän myös hiilijalanjälkeä (esim. Tescon hiilijalanjälkimerkit). Tämä luo kuluttajien keskuuteen tietoisuutta elinkaarinäkökulmasta ja antaa välineitä kestävämpään kuluttamiseen. Hiilijalanjälki esitetään yhtenä lukuna ja siten se on ainakin näennäisesti helppo ymmärtää. Useimmilla kuluttajilla tuskin on kuitenkaan käsitystä ilmoitetun luvun taustalla olevasta laskennasta ja sen epävarmuuksista ja oletuksista. Jos hiilijalanjälkeä käytetään kuluttajaviestinnässä, tulisi edellyttää että sen taustalla oleva elinkaariarviointiselvitys olisi tarvittaessa kuluttajien helposti saatavilla esimerkiksi yrityksen verkkosivuilla. Lisäksi kuluttajaviestinnän pohjana käytettävät elinkaariarviointit tulisi aina alistaa asiantuntevan ja kriittisen kolmannen osapuolen tarkastettavaksi. Myös tämän kolmannen osapuolen kommentit tulisi saattaa helposti ymmärrettävässä muodossa kuluttajien saataville.

5.1.5. Edut yrityksille

Elinkaariselvitykset ja hiilijalanjälkilaskennat tuovat yritykselle tutkittua tietoa sen aiheuttamista ympäristövaikutuksista, joiden tarkkailua saatetaan edellyttää esimerkiksi ympäristölupien ehdoissa. Monet yritykset vaativat nykyisin alihankkijoiltaan ja tavarantoimittajiltaan mm. ympäristösertifikaattia. Tulevaisuudessa yhä tärkeämmäksi tulee myös saada tietoa raaka-aineiden ja tuotteiden ilmastovaikutuksista. Näitä jo valmiiksi selvittäneellä yrityksellä on tässä tilanteessa selvä etu kilpailijoihinsa nähden. Ilmastovaikutusten selvittäminen ja pyrkimys niiden pienentämiseen tuo myös yritykselle imagohyötyä sen sidosryhmien keskuudessa. Elinkaariarviointiin perustuvan hiilijalanjälkilaskennan perusteella tehtyjen prosessimuutosten ansiosta voidaan myös saada aikaan kustannussäästöjä esimerkiksi vähentyneen energiankulutuksen seurauksena. Päästöjen vähentämisestä on myös kiistattomia hyötyjä päästökaupan piirissä oleville yrityksille.

5.2. Päämääränä ekotehokkuus

Edellä tässä työssä esiteltiin WBCSD:n esittämät seitsemän keinoa ekotehokkuuden parantamiseksi. Seuraavassa eritellään mahdollisuuksia näiden toteuttamiseen hyödyntämällä elinkaariarviointiin perustuvaa hiilijalanjälkilaskentaa. Lisäksi käydään kohta kohdalta läpi tämän työn alkuvaiheessa määritellyt hyvän ekotehokkuuden mittarin ominaisuudet ja pohditaan miten ne toteutuvat hiilijalanjäljen tapauksessa.

5.2.1. Keinot ekotehokkuuden parantamiseksi

Tämän työn luvussa 2.2. esitellyt WBCSD:n esittämät konkreettiset keinot ekotehokkuuden parantamiseksi ovat seuraavat:

- Tuotteiden ja palveluiden materiaalin tarpeen vähentäminen
- Tuotteiden ja palveluiden energian tarpeen vähentäminen
- Jätteiden hyötykäyttö ja materiaalien kierrätys
- Tuotteiden käyttöiän pidentäminen
- Palveluintensiivisyyden lisääminen
- Myrkyllisten aineiden leviämisen estäminen
- Uusiutuvien resurssien kestävä käytön maksimointi

Tuotteiden ja palvelujen materiaalin sekä energian tarpeen vähentäminen toteutuvat todennäköisesti ainakin välillisesti hyödynnettäessä elinkaariarviointiin perustuvaa hiilijalanjälkilaskentaa päästöjen vähentämistarkoituksessa. Voidaan olettaa, että toteutuvat päästövähennykset saavutetaan ainakin osittain vähentämällä materiaalien ja energian käyttöä. Esimerkiksi Elovena-kaurahiutaleiden elinkaariarvioinnissa tuli ilmi, että tuotteen käyttövaihe – eli puuron valmistus hiutaleista – tuotti huomattavan osan koko elinkaaren aikaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Käyttövaiheen hiilidioksidipäästöjä voidaan selvityksen mukaan pienentää jopa 95 % siirtymällä puuron valmistuksessa sähkölieden käy-

töstä huomattavasti vähemmän energiaa kuluttavaan mikroaaltouuniin (Katajajuuri et al. 2003, 34).

Hiilijalanjäljen hyödyntäminen tuotteiden ja palvelujen aiheuttamien päästöjen vähentämisessä ei välttämättä ainakaan suoraan johda jätteiden hyötykäyttöön ja materiaalien kierrätykseen. Materiaalin tarpeen vähentämisestä – joka saattaa seurata päästöjen pienentämisestä – varmasti ainakin jokin osa kuitenkin voidaan toteuttaa kierrätyksen kautta. Varsinkin orgaanisten materiaalien osalta jätteiden hyötykäytöllä voidaan varmasti saada aikaan merkittäviäkin päästövähennyksiä, mutta toisaalta on todettava että jätteiden käsittelyvaiheesta joudutaan usein elinkaariarvioinneissa tekemään paljon oletuksia, eikä saatu tieto ole siksi välttämättä täysin luotettavaa. Toisaalta jos kierrätysmateriaaleja käytetään tuotteiden raaka-aineina, voidaan vältetyt päästöt pystyä laskemaan tarkastikin, mikä saattaa edesauttaa kierrätysmateriaalien hyödyntämistä tuotannossa.

Suoraviivaisesti ajateltuna tuotteen käyttöiän pidentäminen johtaa sen käyttövaiheen päästöjen kokonaismäärän kasvuun. Jos kyseessä ei ole kertakäyttötuote, tulisi hiilijalanjälki siksi aina suhteuttaa johonkin toiminnalliseen yksikköön, kuten esimerkiksi MIPS tekee. Tällöin hiilijalanjälki voidaan ymmärtää asianmukaisessa kontekstissa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että hiilijalanjälkitarkastelun käyttö johtaisi automaattisesti yleiseen tuotteiden käyttöikien pitenemiseen.

Jos ekotehokkuuden perusteena pidetään materiaalivirtoja, tulisi palveluintensiivisyyttä pyrkiä lisäämään. Laajemmassa perspektiivissä voidaan käyttää hiilijalanjälkeä tuotteiden ja palvelujen ilmastovaikutusten vertailussa. Palveluintensiivisyyden lisääntyminen ei nimittäin välttämättä aina tarkoita kokonaisekotehokkuuden kasvua, jos vaikkapa saman tarpeen tyydyttämiseen tarkoitettu palvelu tuottaa enemmän päästöjä kuin konkreettinen tuote. Valittaessa tapoja tarpeiden tyydyttämiseen tulisi perusteena aina pitää kokonais-ekotehokkuuden kasvua. Hiilijalanjälki kertoo vain osan totuudesta ja siksi kokonaisvaltaisen perustelun pohjana pitäisi mahdollisuuksien mukaan käyttää myös muita mittareita.

Myrkyllisten aineiden leviämisen estämiseen hiilijalanjälki ei sinänsä ole yhteydessä. Kuitenkin jos myrkyllisiin aineisiin katsottaisiin kuuluviksi myös pitkällä tähtäimellä ihmiselle haitalliset kasvihuonekaasut, olisi yhteys ilmeinen.

Hiilijalanjäkilaskennan hyödyntäminen saattaa vältetyt päästöt huomioitaessa johtaa uusiutuvien resurssien käytön lisääntymiseen. Hiilijalanjälki ei kuitenkaan suoranaisesti ota kantaa siihen, onko niiden käyttö kestäväällä pohjalla.

5.2.2. Hiilijalanjäljen ominaisuudet

Seuraavassa pohditaan miten hyvin hiilijalanjäljessä toteutuvat tämän työn luvussa 2.3. määritellyt hyvän ekotehokkuuden mittarin yleiset ominaisuudet:

- Luotettavuus
- Käyttökelpoisuus
- Lähtötietojen saatavuus
- Yksinkertaisuus ja helppo tulkittavuus
- Tuloksen toistettavuus
- Kansainvälinen vertailukelpoisuus
- Soveltuvuus eri maiden olosuhteisiin
- Objektiivisuus

Hiilijalanjälkitulosten luotettavuus on pitkälti riippuvainen laskennassa tehtyjen oletusten tarkkuudesta, rajausten tarkoituksenmukaisuudesta ja itse laskennan teknisestä virheettömyydestä. Myös eri päästölähteiden vaikutusarvioinnissa ja tulosten tulkinnassa tehdyillä ratkaisuilla on oma vaikutuksensa tulosten luotettavuuteen. Mahdollisimman suuren luotettavuuden takaamiseksi laskentaprosessin tulisi olla läpinäkyvä ja tulosten kriittisen kolmannen osapuolen tarkastamia. Hiilijalanjäkilaskennan standardoinnilla päästään todennäköisesti eroon ainakin joistakin selvityksen rajauksiin liittyvistä ongelmista.

Hiilijalanjäljen käyttökelpoisuus tuotteiden ja palvelujen ilmastovaikutusten selvittämisessä on kiistaton, edellyttäen että sen pohjalla olevat selvitykset on tehty riittävällä tarkkuudella ja ammattitaidolla. Hiilijalanjäljen laskenta ja sen pohjalla oleva elinkaariselvitys ovat alan ammattilaisille ainakin suhteellisen yksinkertaisia ja suoraviivaisia menetelmiä, olkoonkin että kattavien selvitysten tekeminen vaatii paljon aikaa ja resursseja.

Kuten edellä on jo tullut mainituksi, yksi hiilijalanjäljen laskentaan liittyvistä ongelmista on se, että luotettavia lähtötietoja ei välttämättä läheskään aina ole helposti saatavilla. Tämän vuoksi joudutaan usein laskennan kuluessa tekemään oletuksia, millä on oma vaikutuksensa tulosten luotettavuuteen. Tätä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan luomalla kansainvälisiä julkisia tietopankkeja, jotka sisältävät tutkittua elinkaaritietoa mm. yleisesti käytetyistä raaka-aineista. Tällaisia tietolähteitä käytettäessä tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota niiden soveltuvuuteen omassa selvityksessä.

Hiilijalanjälkilaskennan tulokset ovat ainakin näennäisesti helposti ymmärrettävissä ja yksinkertaisuuden sekä helpon tulkittavuuden vaatimus ainakin siinä mielessä täyttyy. Laskenta itsessään ei kuitenkaan ole ainakaan maallikon näkökulmasta kovin yksinkertaista ja siksi tuloksen ilmoittaminen yhtenä lukuna on ongelmallista. Myös tämän vuoksi laskentaprosessin läpinäkyvyys ja kolmannen osapuolen kriittinen arviointi ovat tärkeitä.

Yleisiin tieteellisyyden periaatteisiin liittyvä tulosten toistettavuuden edellytys toteutuu hiilijalanjäljen tapauksessa tietyin ehdoin. Tiedossa tulee olla ainakin laskennassa tehtyjen oletuksien, rajausten ja arvovalintojen vaikutus sekä teknisen laskentaprosessin metodologia. Tulosten toistettavuus on tärkeää etenkin luonnontieteissä, mutta on aiheellista kysyä, onko sitä kovin tarkoituksenmukaista vaatia hiilijalanjäljen tapauksessa.

Hiilijalanjälkilaskentojen tulokset ovat sinällään kansainvälisesti vertailukelpoisia. Jos laskennassa käytetään apuna kansainvälisten tietopankkien sisältämiä elinkaaritietoja, tulisi kuitenkin huomioida maakohtaiset erot etenkin energiankulutuksen aiheuttamien päästöjen

laskennassa. Eri maissa sähköntuotantorakenne on hyvin erilainen ja tämä saattaa vaikuttaa suurestikin elinkaaren aikaisiin kokonaispäästöihin etenkin energiaintensiivisissä tuotteissa ja palveluissa.

Hiilijalanjälki myös soveltuu hyvin eri maiden olosuhteisiin. Laskentametodit eivät vaadi erityisen kallista tai edistynyttä tekniikkaa. Elinkaariarviointiin liittyvät standardit ovat saatavilla useilla eri kielillä ja vaikka niillä ei olisikaan kaikissa maissa virallisen kansallisen standardin asemaa, voidaan niitä silti käyttää apuna hiilijalanjäljen laskennassa.

Hiilijalanjälkilaskennan tulos on tavallaan hyvinkin subjektiivinen näkemys. Oletukset, rajaukset, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta vaikuttavat kaikki omalta osaltaan lopputulokseen. Kun laskentaprosessi on läpinäkyvä, voidaan subjektiivisuuden vaikutuksia arvioida ja pyrkiä eliminoimaan. Siten voidaan katsoa objektiivisuuden vaatimuksen täyttyvän ainakin tietyllä tasolla.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että hiilijalanjälki täyttää esitetyt vaatimukset vähintäänkin riittävän hyvin, huomioonottaen tietyt ehdollisuudet ja rajoitukset.

5.3. Hiilijalanjälkilaskennan tulevaisuuden käyttökohteita

Hiilijalanjälkilaskentaa voitaisiin tulevaisuudessa soveltaa moniin järjestelmiin ja toimintoihin joiden toteuttaminen vaatii luotettavaa tietoa niihin kuuluvien tuotteitten, palvelujen tai toimintojen ilmastovaikutuksista. Seuraavassa on esitetty joitakin ehdotuksia tällaisiksi järjestelmiksi ja toiminnoiksi joiden tavoitteena on ns. vähähiilisempi yhteiskunta.

Tulevaisuudessa voitaisiin edellyttää kaikilta tuotteilta ja palveluilta, että niihin liitettäisiin jonkinlainen hiilijalanjälkimerkki esimerkiksi elintarvikkeiden ravintosisältö-selosteen tapaan. Merkkien tulisi mahdollistaa tuotteiden ja palvelujen helppo vertailu siten, että

kuluttajilla olisi halutessaan mahdollisuus valita ilmastoystävällisempi tuote tai palvelu. Tällaisten merkkien käyttöönotolla saattaisi olla huomattava vaikutus kansantalouden kokonaispäästöihin. Esimerkiksi kodinkoneissa käyttöönotettu energiatehokkuusmerkintä on ohjannut kysyntää ja sitä kautta tarjontaa siten, että nykyisin on myynnissä lähes yksinomaan vain energiatehokkuudeltaan parhaan A-luokan tuotteita. Merkkien laajamittainen käyttöönotto vaatisi kuitenkin elinkaaritietojen tuottamisen tehostamista ja kustannusten merkittävää laskua.

Kuluttajia voitaisiin palkita ilmastoystävällisistä valinnoista erilaisten bonus-järjestelmien välityksellä. Tällaisten järjestelmien toteuttamismahdollisuuksia on tutkittu Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen Climate Bonus-hankkeessa (Mustonen 2008, 27). Alankomaiden Rotterdamissa oli kokeiluluontoisesti vuosina 2002-2003 käytössä NU Card-bonuskorttijärjestelmä. Siinä bonusta kertyi monista erilaisista ympäristöystävällisiksi katsotuista hankinnoista, kuten esimerkiksi luomuelintarvikkeista tai uusiutuvista energialähteistä tuotetusta sähköstä. Kertyneitä bonuspisteitä pystyi sitten käyttämään mm. joukkoliikenteessä ja vapaa-ajan palveluissa kuten elokuvateattereissa. (Nissinen & Sepälä 2008, 23.)

Valtion ja kuntien sekä muiden julkisten organisaatioiden tulisi tulevaisuudessa kiinnittää toiminnassaan yhä enemmän huomiota ilmastonäkökohtiin. Esimerkiksi julkisissa hankinnoissa tulisi mahdollisuuksien mukaan suosia ilmastoystävällisempiä ratkaisuja. Ilmastonäkökulmaa voitaisiin soveltaa myös kaupunkisuunnittelussa. Sitran energiaohjelman työryhmä on esittänyt, että kuntien kauppapaikkoja voitaisiin kilpailuttaa esimerkiksi kauppaketjun palveluverkoston hiilijalanjäljen ja myymälän energiatehokkuuden perusteella (HS 2009). Valtio voisi myös tukea vähäpäästöisemmiksi todettuja tuotteita ja palveluja verohelpotuksin. Esimerkiksi arvonlisäveroa voitaisiin porrastaa kasvihuonekaasupäästöjen mukaan.

6. YHTEENVETO

Tässä työssä on käsitelty hiilijalanjälkilaskennan perusteita ja nykytilaa sekä tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia. Hiilijalanjäljen käytännön laskemisen metodologiaa on sivuttu lähinnä elinkaariarvioinnin osalta. Elinkaariarviointi on nykyisin yksi tärkeimmistä työkaluista hiilijalanjälkien määrittämisessä. Työssä on myös määritelty joitakin hyvän ekotehokkuuden mittarin yleisiä ominaisuuksia ja todettu hiilijalanjäljen täyttävän nämä vaatimukset vähintäänkin hyvin, tietyt ehdot huomioonottaen. Lisäksi on kiinnitetty huomiota ongelmiin joita syntyy siitä, että hiilijalanjälkilaskentaa ei vielä toistaiseksi ole standardoitu.

Hiilijalanjälki mittaa suoraan syntyviä ympäristövaikutuksia ja on siten panos-tuotomäärittelyn kautta kytköksissä ekotehokkuuden käsitteeseen. Työssä on pohdittu kokonaisekotehokkuuden parantamisen mahdollisuuksia käyttämällä apuna hiilijalanjälkilaskentaa. Hiilijalanjälki on parhaimmillaan erittäin hyvä väline pyrittäessä ilmastoystävällisempään ja sitä kautta myös ekotehokkaampaan tuotantoon ja kulutukseen. Siihen sisältyy kuitenkin joitakin ongelmia. Pyrittäessä kokonaisvaltaisempaan ekotehokkuuteen tulee ottaa huomioon monia ekologisia, sosiaalisia ja taloudellisia seikkoja, joihin hiilijalanjälki ei sinällään ota minkäänlaista kantaa. Ilmastonmuutoksen torjunnassa tulisi aina pitää huolta siitä että suoritettut toimet myös tukevat kestävää kehitystä. Tätä ei kuitenkaan pystytä takaamaan käyttämällä ympäristövaikutusten mittaamiseen pelkkää hiilijalanjälkeä. Kaiken kaikkiaan hiilijalanjäljen kasvava suosio osoittaa kuitenkin, että haaste ilmastonmuutoksen torjumiseksi otetaan vakavasti ja siihen myös pyritään tarttumaan.

LÄHTEET

BSI. 2008. PAS 2050:2008 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Sinden Graham et al. Lontoo: British Standards Institution. 36 s. ISBN 978-0-580-50978-0

EC. 2008. ELCD database v 1.0.1. [Euroopan unionin komission www-sivustolla]. Päivitetty 1.10.2008. [viitattu 12.4.2009].
Saatavissa: <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm>

Ekotehokkuustyöryhmä. 1998. Ekotehokkuus ja factor-ajattelu. Ranki Risto et al. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriö. 45 s. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998. ISSN 1236-1852.

Ewing Brad et al. 2008. The Ecological Footprint Atlas 2008. [verkkójulkaisu]. Oakland: Global Footprint Network. 82 s. [viitattu 23.3.2009]
Saatavissa: <http://www.footprintnetwork.org/download.php?id=506>

Forster P. et al. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Teoksessa: Solomon S. et al. (toim.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. s.129. ISBN 978-0521-88009-1.

Honkasalo Antero. 2001. Ekotehokkuus, tuotepolitiikka ja ympäristöpolitiikan ohjauskeinot. Helsinki: Helsingin kauppakorkeakoulu. 66 s. Helsingin kauppakorkeakoulun julkaisuja B-37. ISBN 951-791-653-1.

HS. 2008. Hiilijalanjälkitesti. [Helsingin sanomien www-sivustolla]. Päivitetty 7.11.2008. [viitattu 7.4.2009]. Saatavissa: <http://www.hs.fi/viesti/hiilijalanjalkitesti>

HS. 2009. Työryhmä: Kauppojen sijainnin kriteeriksi energiankulutus. Samuli Laita. [Helsingin sanomien www-sivustolla]. Julkaistu 9.2.2009. [viitattu 14.4.2009]. Saatavissa: <http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Ty%C3%B6ryhm%C3%A4+Kauppojen+sijainnin+kriteeriksi+energiankulutus/1135243372708>

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri R.K., Reisinger A. et al. (toim.). Geneva: IPCC. 104 s. ISBN 92-9169-122-4.

ISO. 2008. ISO/NP 14067-1, ISO/NP 14067-2. [ISO:n www-sivustolla]. Päivitetty 5.11.2008. [viitattu 5.4.2009]. Saatavissa: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=43278
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=52423

Katajajuuri Juha-Matti et al. 2003. Elovena-kaurahiutaleiden ympäristövaikutukset. Jokioinen: MTT. 47 s. Maa- ja elintarviketalous 33. ISBN 951-729-801-3.

Kenny T. & Gray N.F. 2009. Comparative performance of six carbon footprint models for use in Ireland. Environmental Impact Assessment Review, 2009 volume 29: issue 1. s.1. ISSN 0195-9255.

Kiehl J.T. & Trenberth Kevin E. 1997. Earth's Annual Global Mean Energy Budget. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997 volume 78: issue 2. s.197. ISSN 1520-0477.

Linnanen Lassi. 2007. Ekotehokkuus ja sen mittaaminen. Ympäristöjohtamisen ja - talouden perusteet-kurssin luento, Lappeenrannan teknillinen yliopisto 9.10.2007. Lappeenrannan teknillisen yliopiston energia- ja ympäristötekniikan osasto.

Matthews H. Scott et al. 2008. The Importance of Carbon Footprint Estimation Boundaries. *Environmental Science & Technology*, 2008 volume 42: number 16. s.5839. ISSN 1520-5851.

Mustonen Sirpa. 2008. Hiilijalanjälkimerkinnot ja vihreät bonusjärjestelmät tulevat. *Ympäristö*, 2008 volume 22: numero 4. s.26. ISSN 1237-0711.

Nissinen Ari & Seppälä Jyri. 2008. Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. 50 s. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2008. Diaarinumero 639/23/2008. ISBN 978-952-5631-74-6.

OECD. 1998. *Eco-efficiency*. Pariisi: OECD Publications. 86 s. ISBN 92-64-16085-X.

Raisio. 2008. Elovena-kaurahiutaleissa hiilidioksidipäästön kertova merkki. [Raisio Oyj:n lehdistötiedote]. Julkaistu 17.4.2008. [viitattu 10.4.2009]. Saatavissa: <http://www.raisio.com/modules/system/stdreq.aspx?P=14&VID=default&SID=247542554010989&A=open%3anews%3aitem%3a1044&S=3&C=36312>

Raisio. 2009. Tuotteet, joissa CO₂-merkki. [Raision www-sivustolla]. Päivitetty 11.3.2009. [viitattu 10.4.2009]. Saatavissa: <http://www.raisio.com/www/page/2385>

Rees William & Wackernagel Mathis. 1996. *Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth*. Philadelphia PA, USA: New Society Publishers. 160 s. ISBN 1-55092-251-3.

Rissa Kari. 2001. *Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä*. Helsinki: Ympäristöministeriö. 208 s. ISBN 951-37-3577-X.

Ritthoff M. et al. 2002. MIPS-laskenta – Tuotteiden ja palveluiden luonnonvaratuottavuus. North Rhine-Westphalia: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. 53 s. Toimittaneet V. Kinnunen, E. Koski ja M. Lettenmeier. Suomalainen julkaisija Suomen luonnonsuojeluliitto, 2004. ISBN 952-9693-28-1.

SFS-EN ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Suomen standardisoimisliitto SFS. 2.painos. 49 s.

SFS-ISO 14025. 2006. Ympäristömerkit ja –selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt. Suomen standardisoimisliitto SFS. 1.painos. 54 s.

SFS-ISO 14064:en. 2006. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. 31 s. Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements. 39 s. Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions. 45 s. International Organization for Standardization.

Tesco. 2007. Measuring Our Carbon Footprint. [Tescon www-sivustolla]. Päivitetty 5/2007. [viitattu 10.4.2009].

Saatavissa: <http://www.tesco.com/climatechange/carbonFootprint.asp>

Tesco. 2008. Carbon Labelling and Tesco. [verkkójulkaisu]. 14 s. [viitattu 8.4.2009].

Saatavissa:

http://www.tesco.com/assets/greenerliving/content/pdf/Carbon_Labelling_and_Tesco.pdf

WBCSD. 1996. Eco-efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance. [verkkójulkaisu]. 16 s. [viitattu 23.3.2009].

Saatavissa: <http://www.wbcsd.org/DocRoot/DIFMcUZj32ZOMj5xNMXq/eeleadership.pdf>

Wiedmann Thomas & Minx Jan. 2007. A Definition of 'Carbon Footprint'
[verkkajulkaisu]. Durham, UK: ISA UK Research & Consulting. 9 s. ISA UK Research
Report 07-01. [viitattu 22.3.2009] Saatavissa: www.censa.org.uk/reports.html