



LAUREA
AMMATTIKORKEAKOULU

Uuden edellä

Kerta- ja kestäkäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus

Salminen, Kristiina

2011 Hyvinkää

Laurea-ammattikorkeakoulu
Laurea Hyvinkää

Kerta- ja kestokäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus

Kristiina Salminen
Kestävän kehityksen ko.
Opinnäytetyö
Toukokuu, 2011

Kristiina Salminen

Kerta- ja kestäkäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutukset

Vuosi 2011 Sivumäärä 46

Tämä opinnäytetyö on osa laajempaa "Kestokäyttöinen leikkausliina"-hankekokonaisuutta ja työn tarkoituksena on tuottaa objektiivista tietoa kerta- ja kestäkäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarojen kulutuksesta.

Opinnäytetyön leikkausliinoiden ympäristövaikutusten laskelmat tuotettiin Töölön sairaalan b-käsileikkaussalin käyttämästä kestäkäyttöisestä mikrokuitukäsileikkausliinasta, mikä on Uudenmaan Sairaalapesula Oy:n (USP) valmistuttama tuote sekä Herttoniemen sairaalan käsikirurgian yksikön käytetyimmistä käsileikkausliinamallista. Näistä kahdesta käsileikkausliinasta laskettiin Wuppertal-Instituutin kehittämän MIPS-mittarin (material input per service unit) avulla luonnonvarakulutukset abioottisten, bioottisten, veden ja ilman kulutuksen osalta. Laskelmissa huomioitiin raaka-aineet, kuljetukset, osittain tuotanto, käyttöönotto, pesu, kuivaus ja sterilointi sekä osittain jätteenä hävitys.

Opinnäytetyö toteutettiin niillä tiedoilla, jotka saatiin USP:lta heidän kestäkäyttöisen käsileikkausliinan elinkaaresta sekä niillä tiedoilla, jotka saatiin Mölnlycke Health Carelta kertaikäisestä käsileikkausliinasta. Puuttuvat tiedot pyrittiin selvittämään tai arvioimaan parhaan tiedon mukaan sekä vähemmän tärkeiksi katsotut jätettiin laskelmien ulkopuolelle.

Tässä opinnäytetyössä saatujen tietojen, arvioiden ja laskelmien perusteella näyttää siltä, että kestäkäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutukset on abioottisten eli uusiutumattomien osalta 4,7 kertaa pienempi, veden osalta 4,2 kertaa pienempi ja ilman kulutuksen osalta 2,8 kertaa pienempi kuin verrattu kertakäyttöinen käsileikkausliina.

Laskelmilla saatua tietoa voidaan käyttää tukena valittaessa ympäristöä vähemmän kuormittavaa käsileikkausliinavaihtoehtoa, mikä tässä työssä osoittautui kestäkäyttöiseksi käsileikkausliinaksi.

Kristiina Salminen

Natural Resource Consumption of the Durable and Disposable Hand Surgery Drape

Year	2011	Pages	46
------	------	-------	----

This thesis is a part of "Disposable Hand Surgery Drape"-project. The goal of the thesis is to produce objective information on disposable and durable hand surgery drape's consumption of natural resources.

The environmental impact of surgery drapes were calculated on drapes used in Töölö Hospital and Herttoniemi Hospital. The drapes used in Töölö Hospital are durable hand surgery drapes made of microfiber and are in use in hand operating room B. They were commissioned by Uudenmaan Sairaalapesula Oy (USP). The drapes used in Herttoniemi hospital are the most consumed model in that particular hospital, and are commissioned by Mölnlycke Health Care. The natural resource consumptions of both these products were calculated by using the MIPS (Material Input per Service Unit) approach developed by Wuppertal Institute. The resource consumption was calculated for four categories of natural resources: abiotic, biotic, water and air consumption. In the calculations, raw materials, transportation, production (partly), implementation, washing, drying, sterilizing and disposing (partly) were taken into consideration.

The research was based on information given by USP about the life cycle of their durable hand surgery drape, and by Mölnlycke Health Care of the disposable hand operating hand surgery drape. If there was information lacking, it was evaluated and researched as best as possible, and if the information value was low enough, it was excluded.

Based on the information, estimations and calculation showed that the natural resource consumption of durable hand surgery drapes is 4,7 times lower in abiotic resources, 4,2 times lower in water, and 2,8 times lower in air than the disposable hand drape that was used in comparison.

When choosing the less environmentally damaging alternative in hand surgery drapes, the information gained in this thesis can be helpful. According to this thesis, the more environmentally friendly alternative is the durable hand surgery drape.

Keywords: Hand Surgery Drape, MIPS, Eco-Efficiency

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Opinnäytetyön tausta	8
2.1	Opinnäytetyön tavoitteet	8
2.2	Hankeympäristö ja opinnäytetyöryhmä	9
2.3	Aiemmat leikkausliinujen ympäristövaikutusten vertailut	9
3	Käsileikkausliinat	9
3.1	Käsileikkausliinujen vaatimukset	11
3.2	Käsileikkausliinujen sterilointitavat	12
3.3	Käsileikkausliinujen materiaalit	13
3.3.1	Kestokäyttöisten leikkausliinujen materiaalit	13
3.3.2	Kertakäyttöisten leikkausliinujen materiaalit	14
3.4	Käytetyin kestäväkäyttöinen käsileikkausliina	14
3.5	Käytetyin kertakäyttöinen käsileikkausliina	15
3.6	Käsileikkausliinujen ympäristövaikutukset	16
4	Käsileikkausliinujen luonnonvarojen kulutuksen laskenta	18
4.1	Ympäristövaikutusten erilaisia mittaustapoja	19
4.2	Luonnonvarakuluttavuuden mittari MIPS	20
4.3	Leikkausliinoille laskettavien materiaalien rajoittaminen	22
4.4	Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS	23
4.4.1	Raaka-aineiden ja tuotannon MIPS	23
4.4.2	Kuljetusten MIPS	24
4.4.3	Valmistuksen MIPS	25
4.4.4	Tuotteen käytön MIPS	25
4.4.5	Jätehuollon MIPS	26
4.5	Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS	26
4.5.1	Raaka-aineiden ja tuotannon MIPS	26
4.5.2	Kuljetusten MIPS	27
4.5.3	Valmistuksen MIPS	28
4.5.4	Käyttöönoton MIPS	28
4.5.5	Jätehuollon MIPS	29
5	Tulokset	30
5.1	Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS	30
5.2	Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS	31
5.3	MIPS-laskelmien yhteenveto	32
6	Johtopäätökset	33
	Kuvat	38
	Kuviot	39

Taulukot	40
Liitteet	41

1 Johdanto

Tuotteiden ja tavaroiden tuottamiseksi tarvitaan paljon materiaalia luonnosta muun muassa raaka-aineisiin. Pelkän valmiin tuotteen näkemisen perusteella on vaikea ymmärtää, kuinka paljon ja minkälaisia raaka-aineita tuotteen tekeminen on vaatinut sekä minkä tyyppisiä ympäristöä rasittavia aineita ja kemikaaleja tuotteen valmistuksessa on käytetty. Maapallon luonnonvarojen riittävyyteen on onneksi alettu kiinnittää huomiota ja myös tavaroiden tuottajat ovat ryhtyneet suunnittelemaan tuotteita, joiden valmistamiseen tarvitaan mahdollisimman vähän luonnonvaroja tuotteen laadusta tinkimättä.

Myös terveydenhuollossa on alettu tiedostaa toiminnan ympäristövaikutuksia. Kertakäyttötuotteiden käyttö on usein ainoa mahdollisuus turvata potilaan hoidon turvallisuus ja muun muassa tämän vuoksi jätemäärät ovat olleet terveydenhuollossa lisääntyvä ympäristöhaitta. On ryhdytty etsimään vaihtoehtoja materiaalin säästämiseksi, ekotehokkuudelle kuin energiansäästölle. Kertakäyttöinen versus kestäkäyttöinen tuoteasetelmia on terveydenhuollossa tutkittu ja pohdittu jo pitkät ajat. Kertakäyttötuotteiden suosioon vaikuttavat monet seikat, kuten esimerkiksi suuret tavaravolyymit, tilojen ahtaus, varaston hoito, hygieniavelvoitteet ja -uskomukset, asenteet ja työn kiireys sekä jatkuvat säästövaatimukset ja kertakäyttötavaran käytön helppous.

Terveydenhuollossa tuotteiden ja palvelujen laadusta ei voida tinkiä, joten materiaalien ekologisemmat tuottamistavat eivät ole olleet useinkaan tarpeeksi merkityksellisiä; tavara on mennyt kaupaksi ilman ympäristömerkkejä. Lisäksi terveydenhuollossa ei ole juurikaan mahdollista käyttää kierrätettäviä raaka-aineita, joten ympäristönsuojelu ei ole ollut niin ”helppoa” kuin muilla tuotantosaroilla.

Terveydenhuoltotavaroiden käyttäjät harvoin näkevät tuotteiden valmistusmateriaaleja tai tietävät niiden tuotannon ympäristövaikutuksista, vaatii työntekijöiltä paneutumista selvittää, kuinka paljon ja minkälaisia raaka-aineita tuotteiden valmistaminen on vienyt. Koska terveydenhuolto on suurimmalta osin yhteiskunnan rahoittamaa, eivät palveluiden käyttäjät joudu suoraan maksamaan niistä tuotteista, joita terveydenhuolto puoli hoitoon käyttää. Myöskään hoitohenkilökunta harvoin tietää mitä heidän käyttämänsä hoitotarvikkeet kustantavat.

Kertakäyttötuotteet ovat terveydenhuollossa välttämätön paha, mutta käyttäjillä on silti monesti mahdollista valita kestäkäyttöisiä tuotteita ja tarvikkeita. Esimerkiksi Uudenmaan Sairaalanpesula Oy (USP) tuottaa muun muassa kestäkäyttöisiä työasuja ja leikkausliinoja Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin sairaaloihin. Töölön sairaalan käsikirurgian osasto käyttää enimmäkseen käsileikkausliinoituksissaan kestäkäyttöisiä leikkausliinoja. Ajankohtaisena

haasteena on ilmennyt tarve kehittää kestäkäyttöisiä käsileikkausliinoja käytettävyyden, turvallisuuden sekä ekotehokkuuden osalta. Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tuottaa objektii- vistä tietoa kerta- ja kestäkäyttöisen käsileikkausliinan ympäristövaikutuksista.

2 Opinnäytetyön tausta

USP ja Laurea ammattikorkeakoulu (Laurea AMK) ovat tehneet yhteistyötä vuodesta 2001 alkaen, jolloin yhteisessä hankkeessa tuotettiin tietoa leikkausliinojen hiukkas- ja sähköpur- kauspäästöistä neljän avosydänleikkauksen aikana Helsingin Yliopistollisen Keskussairaalan Lastenklinikan leikkausosastoilla. Jatkoa tälle yhteistyölle on käynnistynyt ”Kestäkäyttöinen leikkausliina” -projektin nimellä vuonna 2009. (Kestäkäyttöinen leikkausliina-projektin suunnitelmaluonnos 05/2010.)

USP on Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) ja Helsingin kaupungin omistama osa- keyhtiö, joka tuottaa tekstiilejä, kuten leikkausliinoja ja niiden huoltopalveluja asiakkailleen. USP haluaa toteuttaa käyttäjien kokemuksista syntyvää tietoa ja vaatimuksia kestäkäyttöisten leikkausliinojen suunnittelutyössä. Leikkaustilanteissa tarvitaan erilaisia leikkausliinoja, jotta tarkat hygieniavaatimukset täyttyisivät. Lisäksi leikkausliinoja kohtaan asetetaan myös muita vaatimuksia kuten esimerkiksi potilaan lämpimänä pysyminen leikkauksen aikana, liinan vah- vuus leikkausinstrumenttien painolle ja liinan materiaalin imevyys leikkauksessa valuville nes- teille (Lintukorpi 2010).

Tässä työssä leikkausliinojen ympäristövaikutusten laskelmat tuotetaan Töölön sairaalan b- käsileikkaussalin käyttämästä kestäkäyttöisestä mikrokuitukäsileikkausliinasta, mikä on Uu- denmaan Sairaalapesula Oy:n (USP) valmistuttama tuote sekä Herttoniemen sairaalan käsi- leikkausosaston käytetyimmistä käsileikkausliinamallista, mikä on puolestaan Mölnlycke Health Caren valmistuttama tuote. Näistä kahdesta käsileikkausliinasta lasketaan Wuppertal Instituutin kehittämän MIPS-mittarin avulla luonnonvarakulutuskalkelmat.

2.1 Opinnäytetyön tavoitteet

Kestäkäyttöinen leikkausliina-projektin tarkoituksena on tuottaa vertailevaa tietoa kerta- ja kestäkäyttöisen käsileikkausliinan käytöstä käsikirurgisen hoitotyön päätöksentekoon. Opin- näytetyön tarkempana tavoitteena on tuottaa vertailevaa tietoa tiettyjen kerta- ja kestäkäyt- töisten käsileikkausliinojen ympäristövaikutuksista. Ympäristövaikutusten arviointi lasketaan kahdesta eri leikkausliinavaihtoehdosta MIPS-laskentamenetelmällä (material input per servi- ce unit). (Kestäkäyttöinen leikkausliina-projektin suunnitelma luonnos 05/2010.)

2.2 Hankeympäristö ja opinnäytetyöryhmä

Hankkeen työryhmässä ovat mukana USP, HUS/HYKS operatiivinen toimiala ja Laurea AMK. USP:sta yhteyshenkilönä toimii tuotepäällikkö Anne Lintukorpi, HYKS:sta Töölön sairaalan käsikirurgian b-leikkaussalista ylihoitaja Jarmo Nivalainen ja osastonhoitaja Kaarina Enontekiö ja klinisen hoitotyön asiantuntijana toimii sairaanhoitaja Merja Pöyhtäri sekä Herttoniemen sairaalan käsikirurgian yhteyshenkilönä toimii apulaisosastonhoitaja Marja Österberg. Laurea AMK:n puolelta kehittämistyön ja opiskelijoiden yhteyshenkilöä edustaa yliopettaja Teija-Kaisa Aholaakko (Laurea Tikkurila) ja rahoitusasioissa hankkeen yhdyshenkilönä toimii Sirpa Louhemäki. Kestävän kehityksen Hyvinkään yksikön päällikkönä ja opinnäytetyön ohjaajanani toimii Jukka Korhonen.

Opinnäytetyössä olen yhteistyössä ohjaajieni sekä USP:n Anne Lintukorven, Teija-Kaisa Aholaakon, Töölön sairaalasta Merja Pöyhtäriin ja Herttoniemen sairaalasta Marja Österbergin kanssa. Kertakäyttöisen käsileikkausliinan osalta tietoja on antanut Mölnlycke Health Caren tuotepäällikkö Anne Peuraniemi.

2.3 Aiemmat leikkausliinojen ympäristövaikutusten vertailut

Factor X-hankkeessa on HUS-yhtymässä laskettu MIPS-menetelmällä lonkkaleikkausliinoille materiaalipanoksia, mistä tuloksena saatiin, että kestokäyttöliinoitus kuluttaa luonnonvaroja 4 prosenttia siitä mitä kertakäyttöliinoituksessa käytetään (Autio & Lettenmeier 2002, 45). Muita suomalaisia leikkausliinoille tehtyjä vertailuja kerta- ja kestokäyttötuotteen kesken ei löytynyt, mutta terveydenhuollossa on tehty vertailuja kerta- ja kestokäyttötuotteen ympäristövaikutuksista muista tuotteista. ”Ympäristövastuu erikoissairaanhoidossa” -tutkimustyössä on laskettu muun muassa kertakäyttöiselle ja kestokäyttöiselle työasulle luonnonvarojen kuluksia materiaalien ja kuljetusten osalta. Tässä karkeassa vertailussa kertakäyttötyöasu kulutti abiioottisia eli uusiutumattomia luonnonvaroja yhtä käyttökertaa kohden 0,8 kilogrammaa, kun taas kestokäyttöinen työasu kulutti vain 0,04 kilogrammaa; kertakäyttötyöasu kulutti siis 20 kertaa enemmän uusiutumattomia luonnonvaroja kuin kestokäyttöasu. Samoin kertakäyttötuotteen veden ja ilman kulutus oli yli 20-kertainen verrattuna kestokäyttöasuun. (Känkänen 2008, liite 12.)

3 Käsileikkausliinat

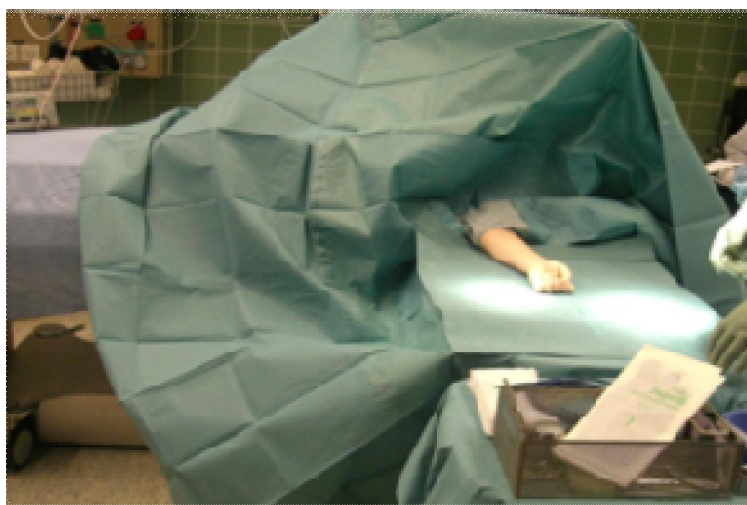
Käsileikkauksia tehdään HUS-yhtymässä Helsingin ja Uudenmaan yliopistollisen sairaanhoitoalueen (HYKS) operatiivisen toimialan Töölön sairaalan ja Herttoniemen sairaalan yksiköissä. Töölön sairaalan b-leikkaussalissa käsileikkauksia suoritettiin syyskuu 2009-syyskuu 2010 välisenä aikana reilut 700 kappaletta (Heiskanen 2011). Töölön sairaalan käsileikkauksissa käyte-

tään pääsääntöisesti USP:n tuottamia kestäkäyttömateriaaleista tehtyjä käsileikkausliinoja. Kuvassa 1 on kestäkäyttöinen käsileikkausliina käytössä käden leikkauksessa Töölön sairaalassa (isoin vihreä liina).



Kuva 1: Kestäkäyttöinen käsileikkausliina levitettynä leikkauksessa

Herttoniemen sairaalan yksikössä tehtiin vuonna 2010 käsileikkauksia 1480 kappaletta (Herttoniemen sairaalan leikkausosaston toimintakertomus 2010). Herttoniemen sairaalan käsileikkaustilat ovat vuokralla HUS-yhtymällä Helsingin kaupungilta. Herttoniemen sairaalan käsileikkaussaleissa käytetään kertakäyttöisistä materiaaleista tehtyjä käsileikkausliinoja. Kuvassa 2 nähdään kertakäyttöinen käsileikkausliina aidossa leikkaustilanteessa Herttoniemen sairaalassa (isoin vihreä liina).



Kuva 2: Kertakäyttöinen käsileikkausliina käytössä

Sekä kerta- että kestopäyttöiset käsileikkausliinat tulevat käsileikkauksia varten suunnitelluissa steriileissä tarvikepaketeissa, joissa on sisällä myös muita leikkauksessa tarvittavia välineitä ja leikkausliinoja. Valmiissa kootuissa kerta- ja kestopäyttöisissä leikkauspakkauksissa on usein erilainen määrä tavaroita. Erilaisen tavaravalikoiman takia ei kahden paketin ympäristövaikutuksia voitu suoraan verrata toisiinsa. Siksi tässä työssä materiaalipanokset lasketaankin tavarapakkauksen isolle käsileikkausliinalle.

3.1 Käsileikkausliinojen vaatimukset

Leikkausliinojen ominaisuuksiin ja tuotekehittelyyn vaikuttavat erilaiset standardit kuten SFS- ja ISO-standardit, jotka asettavat vaatimuksia leikkausliinoille. Eurooppalainen standardi SFS-EN 13795 "Potilaiden ja terveydenhuoltohenkilökunnan käyttöön tarkoitettujen kirurgisten leikkausliinat, leikkaustakit ja puhdasilmavuvut, joita käytetään terveydenhuollon laitteina ja tarvikkeina" on hyväksytty suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi. Tämä standardi asettaa vaatimukset muun muassa kerta- ja kestopäyttöisten leikkausliinojen mikrobien läpäisyille märkinä ja kuivana, partikkelien eli hiukkasten irtoamiselle ja puhkaisulujuudelle. (SFS-EN 13795-3 2003, 1-4, 12.)

Leikkausliinojen kosteudenläpäisykyky on hyvin oleellinen tekijä infektiolta suojautumisessa samoin kuin käyttömukavuus ja ilmanläpäisykyky. Leikkausliinojen tulee kestää painetta ja venytystä, olla valoa heijastamattomia, pehmeitä, laskostettava ja steriloinnin kestäviä (Korte, Rajamäki, Lukkari & Kallio 2000, 268). Lisäksi kestopäyttöisten leikkausliinojen tulee olla pesunkestäviä, koska niiden tulee pysyä hyväkuntoisina keskimäärin 80, jopa satakin kertaa.

Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista koskettaa myös leikkausliinoja. Määräys on astunut voimaan kesällä 2010 ja lain tarkoituksena on ylläpitää ja edistää terveydenhuollon tarvikkeiden turvallisuutta. (Finlex 629/2010.)

Rajausmateriaalien eli leikkausliinojen tehtävänä on suojata sekä potilasta että henkilökuntaa ulkoisilta ja potilaasta lähteviltä mikrobikannoilta (Lukkari ym. 2007, 180, 216.) Rajausmateriaaleja kutsutaan rajausliinoiksi, steriileiksi liinoiksi tai leikkausliinoiksi, kuten myös niitä tässä työssä nimitetään. Leikkausliinoilla vähennetään riskiä potilaan ihon bakteerien joutumiseksi haavaan. Lisäksi leikkausliinat estävät ruumiinnesteiden valumista haava-alueelta. (SFS-EN 13795-3 2003, 22.)

Mikrobien aiheuttamiin tauteihin ja tartuntoihin tulee kiinnittää huomiota, koska leikkauksessa saatu infektio voi aiheuttaa potilaalle vakavia haittoja sekä suurta taloudellista merkitystä sekä asiakkaalle että yhteiskunnalle. Suomessa vuosittaiset leikkausinfektioiden kulut ovat arvioilta 100-200 miljoonaa euroa. Oikeilla toimintatavoilla ennen leikkausta, sen aikana ja

leikkauksen jälkeen voidaan merkittävästi vähentää infektioiden esiintymistä. (Rantala 2010, 204-205.)

Infektiot voivat levitä sekä ilman kautta tai kosketuksen välityksellä. Esimerkiksi leikkausosastolla työskentelevien on laskettu levittävän ympärilleen 100 000 hiukkasta minuutissa ja näistä hiukkasista 10 prosentin on havaittu kantavan mikro-organismeja. Näiden levitettyjen hiukasten koko vaihtelee 5-60 µm välillä, kun infektiota aiheuttavien mikrobien koko vaihtelee 0,3-10 µm välillä. Yhdellä hiukkasella on arvioitu olevan keskimäärin 5 bakteeria. Leikkaussalin sähkövaraukset vaikuttavat hiukasten liikkumiseen ilmassa ja tämän vuoksi mikrokuittuihin käsileikkausliinoihin lisätäänkin hieman hiilikuitua. (Liljeblad 2003, 52, 61-62.)

Infektioiden välttämiseksi leikkaukseen osallistuvalla työryhmällä on muun muassa steriilit suojavaatteet ja -käsineet, suu-nenäsuojus, hiussuojus ja tarvittaessa silmäsuojain (Lukkari ym. 2007, 214). Steriloinnin tarkoitus on tuhota tuotteessa olevat mikrobit ja itiöt niin, etteivät ne pysty lisääntymään tai aiheuttamaan tauteja. Tuote on steriili SFS-EN 556 standardin mukaan, kun elinkykyisten mikrobien esiintymisen teoreettinen todennäköisyys on korkeintaan yhden suhde miljoonaan (Hirvonen 2008, 207).

3.2 Käsileikkausliinojen sterilointitavat

Steriloinnin tarkoituksena on tuhota mikrobit, jotteivät tuotteet sisältäisi elinkykyisiä ja lisääntymiskelpoisia mikrobeja, jotka pystyvät aiheuttamaan tauteja. Sterilointi on kallista ja hankalaa sekä erilaisia menetelmiä on useita. Valittava menetelmä riippuu muun muassa kohteen materiaalista, välineen koosta, käyttötarkoituksesta ja kohteen infektioriskistä. (Ratia, Vuento & Laitinen 2010, 513-515.) Valintaperuste eri sterilointimenetelmille on tuotteen lämmön- ja kosteudensietokyky sekä lämmönvastaanottokyky; valittava sterilointimenetelmä ei saa vahingoittaa steriloitavia tuotteita. Esimerkiksi lämmölle arat tuotteet steriloidaan kemiallisin menetelmin kuten etyleenioksidin avulla. Lämpöä kestävät tuotteet voidaan steriloida esimerkiksi höyrysteriloinnin avulla. (Hirvonen 2008, 209.)

Kestokäyttöisen käsileikkausliinapaketin steriloinnissa käytetään höyryä (Lintukorpi 2011). Höyrysterilointi on kaikkein yleisin käytössä oleva menetelmä, koska se on edullinen ja turvallinen (Karhumäki, Keurulainen & Aalto 2010, 557-558). Höyrysterilointi tapahtuu paineenkestävissä autoklaaveissa eli paineastioissa, joiden rakenteeseen kuuluu muun muassa kammio, johon steriloitavat tuotteet laitetaan (Paul 2008, 74-75). Kosteaa höyryä koaguloivat valkuaisaineet, minkä takia mikrobit tuhoutuvat. Sterilointiajan jälkeen tuotteet kuivatetaan ja annetaan jäähtyä rauhallisesti. (Karhumäki ym. 2010, 557-558.) USP:n käsiliinapakkaukset steriloidaan heidän toimitiloissaan Keravalla.

Kertakäyttöisen käsileikkausliinapaketin steriloinnissa käytetään kaasumaista etyleenioksidia (Peuraniemi 2011). Tällaista menetelmää käytetään silloin, kun höyrysterilointia ei voida tehdä tai kun tuotetta ei voida upottaa liuokseen. Etyleenioksidikaasun avulla tuhotaan mikrobit kemiallisesti 40-45 °C lämpötilassa. Tässä lämpötilassa tuhoutuvat mikrobien valkuaisaineet ja nukleiinihapot. Etyleenioksidisterilointi on tehokas tapa steriloida, mutta haittapuolena on aineen myrkyllisyys. (Karhumäki ym. 2010, 557-558.) Etyleenioksidi on myös tulenarkaa ja tätä ominaisuutta pyritään poistamaan lisäämällä etyleeni nestemäiseen hiilidioksidikaasuun. (Värtö 2008, 232.)

Etyleenioksidisterilointiprosessi käynnistyy ilman poistolla kammioista, jonka jälkeen tapahtuu kostutus ja lämmitys sekä etyleenioksidikaasun johtaminen kammioon. Steriloinnin jälkeen kammioista imetään etyleenioksidikaasu pois, sekoitetaan veteen ja johdetaan viemäriin tai muutetaan myrkyttömäksi kaasuksi. (Värtö 2008, 233, 237.) Steriloinnin jälkeen on useita tuuletusvaiheita etyleenioksidin poistamiseksi, joten aikaa koko prosessiin kuluu usein 14-16 tuntia (Karhumäki ym. 2010, 557-558).

3.3 Käsileikkausliinojen materiaalit

3.3.1 Kestokäyttöisten leikkausliinojen materiaalit

Erilaisten rajausliinojen tarkoituksena on ensisijaisesti estää mikrobien leviäminen. Kestokäyttöisten materiaalien suosiossa ovat mikrokuidusta valmistetut monikäyttöiset, kankaaiset pestävät leikkausliinat, koska mikrokuidulla on sellaisia ominaisuuksia, joita leikkausliinoilta vaaditaan. Mikrokuituliinat voivat olla valmistettu esimerkiksi polyesteri- tai polyamidikaasta. Kankaaseen lisätään hieman hiilikuitua, jolla varmistetaan leikkausliinoilta vaadittu antistaattisuus -ominaisuus. (Korte ym. 2000, 268.) Hiilikuidut saadaan käsittelemällä tiettyjä orgaanisia kuituja, kuten esimerkiksi akryylinitriiliä tai selluloosakuituja (Boncamper 2004, 251).

Polyesterikuitu on synteettistä tekokuitua ja raaka-aineena käytetään mineraaliöljyä. Polyesterin valmistusprosessi tapahtuu nk. sulakehruumenetelmällä ja itse valmistusprosessi on monimutkainen. Polyesterituotanto oli vuonna 2002 noin 37 prosenttia kaikesta tilastoidusta kuituntuotannosta ja polyesteri onkin maailman eniten tuotettu tekstiilikuitu. Sen hyviä ominaisuuksia on kestävyys, lujuus, oikenevuus, elastisuus ja hyvä kosteudensietokyky sekä sitä voidaan yhdistää helposti muihin kuituihin. (Boncamper 2004, 280-284; Markula 1999, 8,112.)

Mikrokuituliina voidaan käsitellä kosteutta hylkiväksi niin kutsutulla impregnoinnilla joko valmistuksen yhteydessä tai pesujen yhteydessä. Mikrokuituliinoiniin voidaan lisätä myös erilaisia lisämateriaaleja kuten Gore-Tex® materiaalia, jotta tuotteeseen saadaan tarvittavia ominai-

suuksia. (Korte ym. 268; Lukkari ym. 216.) Gore-Tex® kalvo on mikrohuokoinen kalvo, joka voidaan laminoida kankaan tai leikkausvaatteen toiselle puolelle, jolloin se suojaa bakteereilta. Kangas voidaan myös laminoida muulla tavalla, jolloin kankaan ympärille liimataan tai sulatetaan kaksi tai useampi kerros yhteen. (Markula 1999, 253, 258.)

Leikkausliinoinhin voidaan lisätä kaksipuolinen teippi, jonka avulla leikkausliina saadaan leikkaustilanteessa kiinnitettyä potilaan ihoon. Teippikiinnitys liukenee leikkausliinan pesussa pois ja käsittelyn yhteydessä asennetaan uusi teippi. (Korte ym. 268; Lukkari ym. 216.)

3.3.2 Kertakäyttöisten leikkausliinoiden materiaalit

Kertakäyttöisten leikkausliinoiden materiaali on usein kangasta muistuttavaa, niin sanottua "nonwoven" materiaalia, joka on suoraan kuiduista kemiallisin keinoin valmistettua. Kuituina voidaan käyttää esimerkiksi polyesteriä, viskoosia tai puuselluloosaa (Korte ym. 268-269; Lukkari ym. 217). Materiaaliksi kelpaa myös polypropyleeni (Lintukorpi 2010).

Viskoosi on muuntokuitu ja kuuluu tekokuitujen ryhmään, koska viskoosin kuidut eivät ole luonnon valmistamia, mutta niiden molekyylit ovat luonnon valmistamia. Tekstiilituotannon eniten käytetty luonnon valmistama molekyyli oli selluloosa 2000-luvun alussa. Viskoosi on selluloosamuuntokuitu ja viskoosin voi sanoa olevan kemiallisesti selluloosaa. Viskoosin valmistuksen raaka-aineena käytetään puuselluloosaa ja raaka-ainepuiksi sopii esimerkiksi kuusi, koivu, eukalyptuspuu tai pyökki. (Boncamper 2004, 212-216.)

3.4 Käytetyin kestokäyttöinen käsileikkausliina

Töölön sairaalan b-leikkaussalin käyttämä kestokäyttöinen käsileikkausliina ommellaan Burlingtonin valmistamasta "Maxima" - tuotemerkin kankaasta ja painoa valmiilla leikkausliinalla on 1155 grammaa vaihdettavan insertin kanssa (insertin paino 37 grammaa). Leikkausliina on kooltaan 365 cm x 255 cm ja sen valmistukseen käytetään 99 prosenttia polyesterikuitua ja 1 prosentti hiilikuitua, joten polyesteriä on valmiissa käsileikkausliinassa 1107 grammaa ja hiilikuitua 11 grammaa. Taulukossa 1 esitetään perustiedot molemmista vertailtavista käsileikkausliinoista.

Kestokäyttöiseen käsileikkausliinaan kiinnitetään lisäksi kertakäyttöinen insertti. Insertilla on painoa 37 grammaa ja sen valmistusmateriaalina käytetään lateksia. Insertin reunoissa on lisäksi liimareuna, jolla se saadaan kiinnitetyksi käsileikkausliinaan; teippi liukenee leikkausliinan pesussa irti. Liiman määrä on mukana 37 gramman painoisessa insertissä. Insertti on kertakäyttöinen, koska leikkauksen jälkeen potilaan käsi sidotaan sidoksilla ja taitoksilla, jolloin se ei enää mahdu insertin reiästä ulos. Näin ollen insertti joudutaan leikkaamaan suuremmak-

si aukoksi ja näin siitä tulee käyttökelvoton (Lintukorpi 2011). Kun kestäväkäyttöinen käsileikkausliina palautuu pesulaan pestäväksi, irtautuu insertti pesussa leikkausliinasta, jolloin se voidaan hävittää energiajätteenä.

Malli	Paino yhteensä	Koko	Materiaalit	Materiaalin osuus kokonaispainosta
Kestokäyttöinen käsileikkausliina	1155 g	365 cm x 255 cm	Polyesteri	1107 g
			Hiilikuitu	11 g
			Lateksi + liima yht.	37 g
Kertakäyttöinen käsileikkausliina	554 g	230 cm x 315 cm	Styreeni	11 g
			Polyesteri	11 g
			Viskoosi yht.	141,5 g
			Akrylaatti	93,5 g
			Polyeteeni	297 g

Taulukko 1: Vertailtavien käsileikkausliinoiden tiedot

3.5 Käytetyin kertakäyttöinen käsileikkausliina

Herttoniemen sairaalan eniten käyttämä kertakäyttöinen käsileikkausliina on Mölnlycke Health Caren valmistuttama malli, mikä on kooltaan 230 cm x 315 cm ja painaa noin 554 grammaa. Tämä kertakäyttöinen käsileikkausliina koostuu monesta eri materiaalista, jotka ovat kerroksittain tai limittäin kankaassa kiinni. Käsileikkausliinan imukyinen kerros on valmistettu viskoosikuidusta, jonka sideaineena on akrylaatti. Leikkausliinan läpäisemättömän kerroksen materiaalina on polyeteenimuovi ja tuotteen niin kutsuttu mukavuuskerros koostuu viskoosista. Tuotteen saareke on viskoosi- ja polyesteristä valmistettu ja elastinen kalvo on styreeni/butadieni/styreeni kopolymeeri aineksista muodostettu. (Mölnlycke Health Care Article 70309 Hand and foot drape.) Näiden eri materiaalien määrää ei liikesalaisuuksien vuoksi kerrottu, joten tässä työssä on arvioitu, että imukyinen kerros muodostuisi 50 prosenttisesti viskoosista ja 50 prosenttisesti akrylinitriitistä, saareke 50 prosenttisesti viskoosista ja 50 prosenttisesti polyesteristä ja elastinen kalvo on laskettu kokonaan styreenin mukaan.

Artikkelin 70309 "Hand and foot drape" mukaan leikkausliinakerros (drape area) sisältää kriittisellä ja vähemmän kriittisellä alueella nonwoven kangasta 30 grammaa neliometriä kohti ja reuna-alueella (edge area) 23 grammaa neliometriä kohti. Tässä työssä mitattiin mittanauhalla eri kriittisyysalueiden pinta-alat ja ne kerrottiin ilmoitetuilla painoilla neliometriä kohden. Leikkausliinakerroksen (drape area) painoksi saatiin yhteensä 187 grammaa. Painot on pyöristetty gramman tarkkuuteen, koska USP:Ita saatiin vertailtavalle tuotteelle painotiedot gramman tarkkuudella. Imukyisen alueen (absorbent area) paino on 70309 "Hand and foot drape" artikkelin mukaan 50 grammaa neliometriä kohden. Pinta-alaksi mitattiin ja laskettiin 4900 cm² ja näin painoksi laskettiin yhteensä 22 grammaa imukyistä aluetta kohden.

Kertakäyttöisessä käsileikkausliinassa on polyeteenikalvoa ko. artikkelin mukaan kriittisellä/vähemmän kriittisellä alueella 15 mikronia ja reuna-alueilla 40 mikronia. Näiden kahden eri alueen eri paksuisille PE-kalvoille laskettiin punnitsemalla 1 cm x 10 cm koealat Laurea AMK Hyvinkään toimipisteen laboratorion digitaalisella vaa'alla yhdessä ohjaaja Jukka Korhosen avustuksella maaliskuussa, koska painoja pinta-alaa kohden ei ilmoitettu. Laskettujen pinta-alojen mukaan painot kerrottiin koealojen tuloksen perusteella ja painoksi saatiin yhteensä 297 grammaa.

Mukavuuskerroksen painoksi saatiin laskemalla ja punnitsemalla 37 grammaa. Koealan punnitsemisen ja pinta-ala mittauksen perusteella saatiin elastiselle kerrokselle painoa 11 grammaa. Yhteensä leikkausliinan painoksi saatiin laskemalla ja koealat punnitsemalla 554 grammaa. Koko kertakäyttöinen käsileikkausliina punnittiin leikattuine koepaloineen kokonaisuudessaan ja tulokseksi saatiin 557 grammaa. Punnittu tulos oli muutaman gramman enemmän kuin laskelmien tulos, mutta tähän työhön päätettiin käyttää laskemalla saatua lukemaa 554 grammaa.

3.6 Käsileikkausliinojen ympäristövaikutukset

Käsileikkausliinojen ympäristövaikutukset liittyvät muun muassa raaka-aineen hankintaan, koska molemmissa leikkausliinoissa valmistusmateriaaleissa käytetään raakaöljystä jalostettuja tuotteita: polyesteriä ja polyeteenimuovia. Toisekseen molemmat leikkausliinat valmistetaan Aasian maissa, joissa kulttuuri, määräykset, valvonta ja ihmisoikeudet ovat erilaisia kuin länsimaissa. Kolmanneksi kuljetuksista aiheutuu päästöjä maahan, mereen ja ilmaan, koska molemmat leikkausliinat tulevat kuljetaan rahtilaivoilla ja rekka-autoilla kaukomaista Suomeen. Päästöjä pystyttäisiin pienentämään, jos käsileikkausliinat valmistettaisiin Euroopassa. Lisäksi jalostus, tuotanto, valmistus, kuljetus, kestokäyttöleikkausliinan käyttökierro ja molempien tuotteiden jätehuolto kuluttavat energiaa, vettä ja ilmaa.

Kestokäyttöisen käsileikkausliinan käyttökierro kuluttaa vettä, sähköä ja pesuaineita sekä maakaasua höyryn tuotannossa pyykin desinfioimiseksi, kuivaamiseksi ja steriloimiseksi. Pakkausmateriaaleissa kestoliina säästää kertakäyttökäsiliinaa enemmän, koska pakkausmateriaalia kestokäsiliinan pesukierrojen välissä kuluu vain steriloitavaan tarvikepakkaukseen, koska puhdas pakkaus kuljetetaan alumiinisissa monikäyttöisissä rullakoissa. Suomeen saapuvat kertakäyttöiset käsileikkausliinat ovat puolestaan pakattu kertakäyttöisiin pakkauksiin ja pahvilaatikoihin.

Myös tuotteiden sterilointiprosessi kuluttaa luonnonvaroja. Kertakäyttöinen leikkausliina steriloidaan myrkyllisellä etyleenioksidilla ja vaikka se on haitallista vesieliöstölle, ei sitä kuitenkaan ole luokiteltu ympäristölle vaaralliseksi (Värtö 2008, 233, 237). Etyleenioksidikaasu muutetaan myrkyttömäksi sterilointiprosessin jälkeen, mutta saattaa olla mahdollista, että ety-

leenioksidia vapautuu ilmakehään tai vesistöihin jätevesipuhdistamoiden kautta, koska steriloituneet tuotteet tuuletetaan koneellisesti.

Lisäksi käsileikkausliinojen raaka-aineet kuluttavat ympäristöä. Sekä kestävässä että kertakäyttöisessä käsileikkausliinassa on materiaalina käytetty polyesteriä. Polyesterin käytöllä ei ole havaittu terveydellisiä haittavaikutuksia, mutta haitat liittyvät itse tuotantoon. Polyesteri värjäytyy huonosti, jolloin kuituja täytyy väljentää erityisillä turvotusaineilla, jotka ovat ihoa ja hengityselimiä ärsyttäviä. Vaikutukset kohdistuvat värjäämön työntekijöihin. (Boncamper 2004, 287-288.) Polyesterin valmistuksessa käytetään erilaisia kemiallisia yhdisteitä tuomaan kankaaseen haluttuja ominaisuuksia. Näitä ympäristöhaittoja on pyritty vähentämään käyttämällä suljettuja kiertosysteemejä. (Talvenmaa 1998, 28.) Polyesteriä valmistetaan kuitenkin mineraaliöljystä ja öljyn tuotantoon liittyy ympäristöriskejä sekä lisäksi se on uusiutumaton luonnonvara.

Polyesteriä voitaisiin kierrättää esimerkiksi sulattamalla sitä ja uudelleen muotoilemalla esimerkiksi virvotusjuomapulloiksi (Markula 1999, 114). Kierrätetyt juomapullot voitaisiin myös rakeistaa ja muuttaa esimerkiksi vanuksi (Boncamper 2004, 288). Kestävästi käytetyn käsileikkausliinan kierrätysmahdollisuuksia kannattaisi tarkastella lähemmin, jotta luonnosta otetut raaka-aineet kiertäisivät mahdollisimman pitkään aineena, ennen kuin materiaali poltetaan energiaksi, niin kuin kestävästi käytetyn käsileikkausliinan kohdalla tehdään.

Kertakäyttöisen käsileikkausliinan materiaaleissa on myös viskoosia ja sen valmistukseen tarvitaan selluloosaa. Selluloosa toimitetaan valkaistuna ja sitä käsitellään eri ainein, jotta se saataisiin liukenevaan muotoon ja epäpuhtauksista vapaaksi. (Boncamper 2004, 216, 227-228.) Selluloosa valkaistaan kloorilla tai vetyperoksidilla, mutta liuotusaineet ovat suhteellisen kalliita ja siksi ne yleensä kierrätetäänkin hyvin. (Suojanen 1995, 34-35.)

Viskoosista voidaan valmistaa ns. kuitukankaita, jolloin se sopii hyvin esimerkiksi sairaalatarvikkeiden kuituksi, koska sen imukyky on melko suuri. Viskoosin sanotaan olevan ympäristöystävällinen kuitu, mutta myös viskoosin valmistuksessa syntyy sivuaineita, kuten rikkihiiltä, rikkihappoa ja natriumsulfaattipäästöjä. (Boncamper 2004, 216, 227-228.) Lisäksi viskoosin valmistusprosessi kuluttaa runsaasti vettä ja energiaa. Näiden ympäristöongelmien ehkäisemiseksi on tehty paljon työtä länsimaissa ja valmistusprosessin haitallisia aineita on korvattu ympäristöä vähemmän rasittavilla aineilla. (Talvenmaa 1998, 23.) Mutta myös metsätalouden kestävä kehityksen periaatteet täytyisi huomioida selluloosan käytössä (Suojanen 1995, 34-35). Vaikka ympäristöasioiden eteen on tehty paljon länsimaissa, on toinen kysymys, miten ympäristöasiat on hoidettu Aasian maissa, missä molempien käsileikkausliinojen tekstiilimateriaalit tuotetaan.

Kertakäyttökäsileikkausliinan valmistukseen tarvitaan myös polyeteeniä. Polyeteenin (PE) valmistukseen käytetään öljyteollisuuden puhdistusjätteitä ja muita halpoja sekä runsaasti esiintyviä raaka-aineita. Polyeteeniä käytetään pääasiassa muovin tuotantoon. PE kuitu on lujaa ja kemiallisesti kestävä, mutta värjäytyy huonosti. Myös polyeteenin ympäristövaikutukset liittyvät öljyn tuotannon riskeihin ja uusiutumattomiin raaka-aineiden käyttöön. Lisäksi polyeteenin kuin muidenkin synteettisten (akryyli) muuntokuitujen ympäristövaikutukset liittyvät alkutuotannon lisäksi runsaaseen energian kulutukseen. (Boncamper 2004, 303-305.)

Käsileikkausliinat kuormittavat ympäristöä myös jätehuollon kautta. Kestokäyttöinen käsileikkausliina päätty poltettavaksi energiaksi Riihimäelle Ekokemille, kun se on kulunut pesuissa niin, ettei sitä voi enää käyttää alkuperäiseen tarkoitukseensa. USP:n poistoon menevät loppuun käytetyt leikkausliinat menevät poltettavaksi jätteenpolttolaitokselle Ekokemille Riihimäelle, koska USP kuuluu Kiertokapulan jätehuoltopiiriin. Kestokäyttökäsileikkausliinat kestävät suurin piirtein 80-100 pesua. Vanhoja leikkausliinoja on kierrätetty muun muassa kangaskasseiksi ja myös USP:n vanhat leikkausliinat voisivat soveltua uudelleenkäytettäväksi jossain muodossa.

Herttoniemen sairaalan käsileikkausyksikön jätteet, lukuun ottamatta röntgen-, laboratorio- ja lääkejätteitä, käsitellään Helsingin kaupungin eri virastojen jätehuoltosopimusten mukaisesti (Österberg 2011). Herttoniemen sairaala ei kerää energiajätettä vuonna 2011, joten Herttoniemen sairaalan kertakäyttöiset käsileikkausliinat menevät Espoon Ämmässuon jätteenkäsittelykeskukseen niin kutsuttuna sairaalajätteenä. Jos käsileikkausliinat ovat havaittavasti verellä tahriintuneita, tulee ne hävittää biologisena jätteenä, jolloin se Herttoniemen sairaalan tuottamana päättyisi haudattavaksi Ämmässuon kaatopaikalle. (Partti 2011.)

Herttoniemen sairaalassa tehtiin vuonna 2010 käsileikkauksia 1480 kappaletta (Herttoniemen sairaalan leikkausosaston toimintakertomus 2010). Kaikissa näissä operaatioissa oli käytössä kertakäyttöinen käsileikkausliina, joten jätettä päätyi Ämmässuolle 1480 kertaa 554 grammaa eli yhteensä 819 920 grammaa eli melkein 820 kilogrammaa pelkän kertakäyttökäsileikkausliinan osalta. Töölön sairaalan b-leikkaussalissa tehtiin vuoden aikana noin 700 käsileikkausta ja jos joka 80. kestävä käyttöinen leikkausliina päätty jätteeksi, niin jätettä muodostui pelkän kestävä käyttöisen käsileikkausliinan osalta 36 kilogrammaa (9 kestävä käyttöistä ja 700 inserttiä).

4 Käsileikkausliinojen luonnonvarojen kulutuksen laskenta

Luonnonvarojen kulutuksen laskemiseen on luotu erilaisia mittareita ja laskentatapoja. Yleisimpiä lienevät erilaiset jalanjäljet ja ekologisen selkärepun määräte. Myös MIPS ja elinkaarivointeja on laskettu tuotteille ja palveluille jo yli vuosikymmenen ajan. Seuraavassa luvussa on esitelty lyhyesti muutamia ympäristövaikutusten mittareita.

4.1 Ympäristövaikutusten erilaisia mittaustapoja

Ekologinen selkäreppu ilmoittaa materiaalmäärän, jonka tuotteen tai palvelun aikaansaaminen, käyttö ja jätehuolto ovat kuluttaneet. Tällä tavalla näytetään sitä näkymätöntä materiaalivirtaa, jonka tuotteen valmistaminen, käyttö ja hävitys aiheuttavat. (Suomen Luonnonsuojeluliitto 2008.) Ekologinen selkäreppu sisältää tuotteen piilo- ja sivuvirrat eli ne materiaalipanokset, jotka on otettu luonnosta tuotteen valmistukseen, mutta jotka eivät sisälly itse tuotteeseen. Esimerkiksi yksi 5 grammaa painava kultasormus kantaa mukanaan 2000 kiloa muuta luonnosta irrotettua materiaalia ja yhden litran appelsiinimehu sisältää itse asiassa 25 kiloa materiaalia. (HSY 2010.) Noin 90 prosenttia tuotteen ympäristövaikutuksista syntyy ennen kuin tuote päättyy jätteeksi (Partti 2007).

Ekotehokkuudesta puhutaan, kun tuotteesta tai palvelusta saatu hyöty jaetaan panoksilla. Vähemmästä materiaalmäärästä pyritään saamaan kaikki hyöty irti. (Rissa 2001.) Elinkaariarvioinnin avulla puolestaan lasketaan mitä ympäristövaikutuksia tuotteella tai palvelulla on koko sen elinkaaren aikana. Elinkaariarviointi alkaa tuotteen alkupäästä, josta lasketaan raaka-aineiden hankinta ja päättyy loppupäässä jätteiden käsittelyyn. Elinkaariarvioinnin avulla voidaan tuottaa myös ekotase, jonka avulla voidaan tarkastella koko elinkaaren ympäristövaikutuksia. Tämä mahdollistaa esimerkiksi yrityksen arvioimaan tuotantoprosessinsa ongelma-kohtia ja ympäristöongelmia. (Rissa 2001, 78-79.)

Ekologisen jalanjäljen avulla voidaan mitata kuinka paljon valtion, kaupungin tai yhden asukkaan tarpeiden tyydyttämiseen tarvitaan maata vuotta kohti. Mittayksikkönä toimii tuottava maa-ala hehtaareina. Tämän avulla ekologista jalanjälkeä verrataan siihen kuinka paljon ekologista kapasiteettia maapallolla on olemassa ja mihin suuntaan se on kehittymässä. Toisin sanoen jalanjäljessä lasketaan yhtä asukasta kohti se tuottava maa-ala, jota tämä asukas tarvitsee kulutukseensa ja miten luonnonvarojen käyttö vaikuttaa luontoon. Asukkaan kaikki käyttämät tuotteet, elintarvikkeet, tavarat ja palvelut lasketaan yhteen ja ilmaistaan hehtaareina. Ekologiseen kapasiteettiin lasketaan viljelymaa, laitumet, metsät ja rakennettu maa. (Rissa 2001, 54-55, 66-67.)

WWF:n Living Planet raportoinnin mukaan ekologinen jalanjälki mitataan globaalihehtaareina eli mittaus sisältää ne maa- ja vesialueet, joita tarvitaan tuottamaan tarvitsemamme varat ja käsittelemään päästömme. Biokapasiteetti (ekologinen kapasiteetti) on jakautunut eri maiden kesken epätasaisesti. (WWF 2008.) Suomi on WWF:n Living Planet vuoden 2010 raportissa sijalla 12 globaalihehtaarien kulutuksen mukaisesti luokiteltuna. (WWF 2010.)

Ekologisen jalanjäljen lisäksi saatetaan tuotteeseen tai palveluun liittää hiilijalanjäljen tai vesijalanjäljen laskenta. Hiilijalanjälki voidaan laskea esimerkiksi toimistolle, tuotantolaitokselle tai koko toimitusketjulle. Laskelmiin sisällytetään päästötiedot esimerkiksi sähkön, lämmön ja polttoaineen kulutuksesta, logistiikasta, matkustuksesta ja jätehuollosta. (Gaia 2011.)

4.2 Luonnonvarakuluttavuuden mittari MIPS

MIPS ilmaisee tuotteen tai palvelun koko materiaalipanoksen palvelusuoritetta kohden. MIPS nimike tulee englanninkielisistä sanoista material input per service unit. Tavaroiden ja palvelujen tuottajat pystyvät MIPS-laskennan avulla tarkastelemaan hyödykkeidensä ympäristövaikutuksia. Professori Schmidt-Bleek kehitti 1990-luvulla MIPS-mittarin huolestuttuaan luonnonvarojen riittävydestä. Mittarin on tarkoitus palvella tuottajia ja kuluttajia, jotta he onnistuisivat vähentämään luonnonvarojen kulutusta. (Ritthoff 2002, 5-6.)

Mittarin on tarkoitus olla käytännönläheinen ja kertoa kehityksen suunta. Useimmat käytössä olevat ympäristövaikutusten indikaattorit kuvaavat vain tuotteen tuotoksia ja päästöjä, joten MIPS tarkastelee myös tuotteen panoksia eli niitä materiaalivirtoja, joita tuotteen tekeminen on vaatinut. MIPS huomioi siis tällä tavalla automaattisesti myös tuotteen tuotokset. Mittari kertoo enemmän käytettyjen luonnonvarojen määrästä kuin laadusta. (Ritthoff 2002, 9.)

MIPS-mittarin mukaan ympäristökuormitukseen lasketaan se materiaalin kulutus, mikä aiheutuu tuotteen koko elinkaaren aikaisista kuljetuksista, infrastruktuurista, käytöstä, laitteista ja pakkauksista lukuun ottamatta jätevirtoja. Jätteitä ei periaatteessa lasketa MIPS-laskelmiin, koska ne eivät ole elinkaaren panoksia (input) vaan tuotoksia (output). (Schmidt-Bleek 2002, 111-112, 119, 127.) Tosin Salo on tutkimustyössään laskenut jätteiden kaatopaikkakäsittelyn MI-kertoimen Suomen oloihin, suhteuttamalla kaatopaikalta louhitut maa-ainekset luonnonvarojen kulutukseen (2004, 54-55). Tätä hänen laskemaa MI-kerrointa käytetään tässä työssä molempien käsileikkausliinujen jätteenkäsittelyn MI-kertoimena.

MIPS-laskelmien avulla voidaan siis tuottaa alustavia ja karkeita elinkaariarvioita. Kun tuotteen materiaalipanos saadaan lasketuksi, on havaintojen perusteella lähdettävä etsimään, miten tuotteen vaatimaa materiaalmäärää saataisiin pienennetyksi. Materiaalivirran vähenys voi alkaa esimerkiksi tuotteen raaka-aineista, kuljetuksista tai käytöstä. (Schmidt-Bleek 2002, 111-112, 119, 127.) MIPS sen sijaan ei huomioi suoranaisesti ainevirtojen myrkyllisyyttä, koska mittari on nimenomaan kehitetty materiaalivirtojen tarkastelua varten. Eikä se suoraan ole yhteydessä biologiseen monimuotoisuuteen. Lisäksi Schmidt-Bleek korostaa, että MIPS on karkea arvio tuotteen ympäristökuormittavuudesta. (2002, 129, 130, 132.)

MIPS erotellaan viiteen eri luonnonvaraluokkaan: abioottisiin ja bioottisiin materiaaleihin, eroosioon, veden ja ilman kulutukseen. *Abioottisilla* eli elottomilla luonnonvaroilla tarkoitetaan mineraaliraaka-aineita kuten kiviä ja hiekkaa, sekä elottomia orgaanisia aineita kuten hiiltä ja maakaasua sekä louhimisessa siirrettyjä kivi- ja maamassoja sekä lisäksi rakentamisen ylijäämämaita. (Schmidt-Bleek 2002, 132.)

Bioottisiin eli elollisiin materiaaleihin kuuluvat kaikki ihmisten käyttämät kasvien biomassat kuten viljellyt ja kerätyt kasvit. Lisäksi tähän luokkaan kuuluvat myös eläinten biomassat, jotka lasketaan sen mukaan, minkä verran eläin on tarvinnut kasveja syödäkseen. *Eroosio* luokkaan puolestaan kuuluu maa- ja metsätaloudessa siirretyn maamassan aiheuttama eroosio eli maan kuluminen. *Vesi* lasketaan materiaalivirtoihin mukaan silloin, kun sitä otetaan luonnosta aktiivisesti eli teknisin keinoin. Myös *ilma* luetaan materiaalipanokseksi silloin, kun sitä kulutetaan aktiivisesti ja tällainen toimenpide on esimerkiksi polttamiseen tarvittu ilma. Näin MIPS-mittari näyttää myös ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden muutoksen eli toimii karkeana hiilidioksidipäästöjen mittarina. Mekaanisesti siirretty ilma kuten tuulimyllyjen ilmaa tai ilmastointia ei materiaalipanoksiin lasketa. (Schmidt-Bleek 2002, 132-133.)

MIPS-tarkastelussa arvioidaan tuotteen koko elinkaaren vaiheet. Elinkaaritarkastelun tarkoituksena on tuoda näkyviin eri vaiheiden ympäristövaikutukset, etenkin tekstiilien maailmanlaajuinen tuotanto kuluttaa runsaasti luonnonvaroja. MIPS-ajattelu perustuu oivallukseen, että mitä pienemmillä raaka-aine määrillä päästään, sitä pienempi on myös ympäristöhaittojen riski. (Ritthoff 2002, 10-11.)

Koskinen on esittänyt opinnäytetyössään ongelmakohtia, jotka liittyvät MIPS-laskentamene-
telmään. Eräksi havainnokseen hän ilmoittaa, että tiedon kerääminen voi olla vaikeaa yritysten haluttomuudesta luovuttaa materiaalipanostietojaan (Koskinen 2001, 3, 70). Tämä seikka tuli konkreettisesti myös tässä työssä esiin kertakäyttöisen leikkausliinan kohdalla, koska liikesalaisuuksien vuoksi monet tiedot jäivät ko. leikkausliinan osalta saamatta. Tämä tietysti heikentää tämän työn luotettavuutta. Koskinen kirjoittaa myös, ettei MIPS selkeästi tai avoimesti arvioi materiaalivirtojen ympäristövaikutuksia eikä sen avulla kyetä arvioimaan tuotteiden aiheuttamien ympäristövaikutusten määrää, koska MIPS-menetelmässä annetaan sama painoarvo eri ympäristöpäästöille (Koskinen 2001, 3, 70).

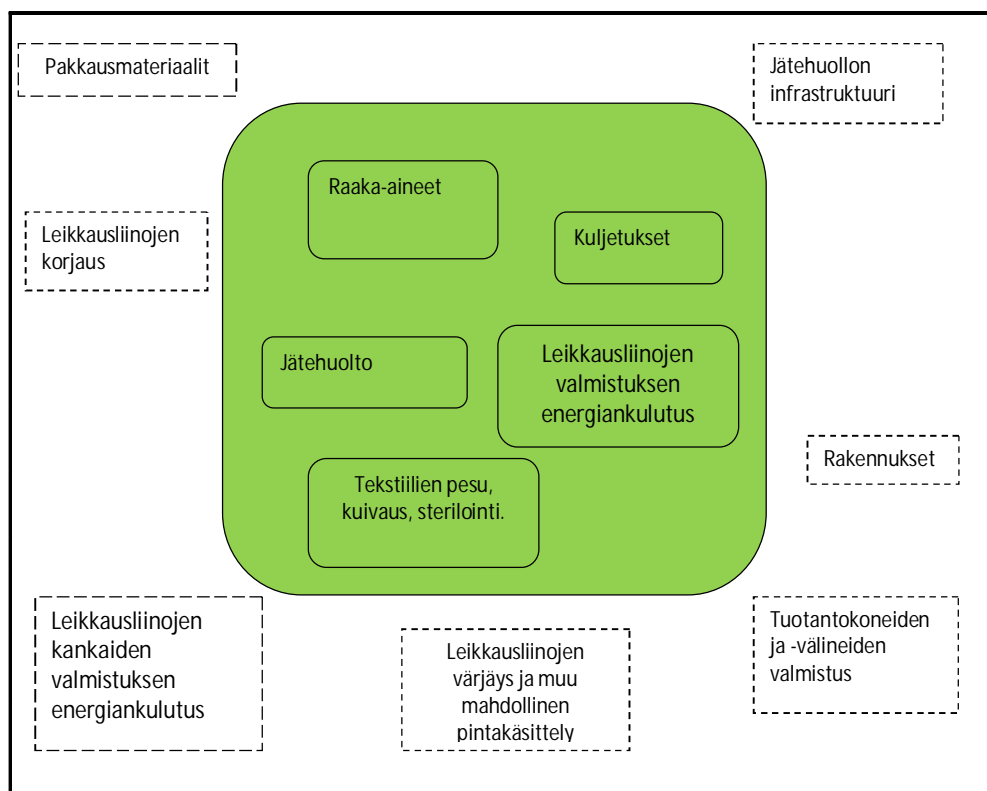
Koskinen (2001) kirjoittaa myös, ettei materiaalin kulutuksen vähentämistä eli dematerialisaatiota ole syytä nostaa ympäristönsuojelun ensisijaiseksi tavoitteeksi. Jätelain hierarkiassa jätteen synnyn ehkäisy on kuitenkin määritelty ensisijaiseksi tavoitteeksi (HSY 2011). Tässä mielessä dematerialisaatio on toivottava ja tavoiteltava asia tuotekehittämissä ja kulutuksessa.

4.3 Leikkausliinoille laskettavien materiaalipanosten rajaaminen

MIPS-analyysissä on tarkoituksenmukaista rajata pois sellaiset prosessiketjut, joiden merkitys arvioinnissa on olematon. Esimerkiksi rahtilaivan rakentamista ei lasketa erikseen MIPS-laskelmiin, koska laivaa käytetään niin usein, ettei sen rakentamisesta kohdennu juurikaan materiaalipanoksia oman yksittäisen tuotteen analyysiin. Lisäksi laskelmiin ei välttämättä tarvitse ottaa mukaan tuotantolaitoksia tai tuotantovälineitä samaisesta syytä. (Ritthoff ym. 2002, 16.) Tähän työhön ei laskettu mukaan tuotantolaitoksia eikä tuotantokoneita, koska katsottiin, että niitä käytetään niin paljon, ettei yksittäiselle tuotannon välineelle tulisi juurikaan materiaalipanosta.

Kuljetusten materiaalipanosten laskemiseen käytetään Suomen oloihin laskettuja kertoimia, koska ulkomaisiin oloihin laskettuja kertoimia ei löydetty. Kuljetusten MI-kertoimet on otettu Lähteenojan ym. Liikenne MIPS (2006) työstä. Kuljetusten MI-kertoimiin on laskettu puoliperävaunun polttoaineen kulutukseksi 39 l/100 km ja täysperävaunurekan kulutukseksi 42 l/100 km (Lähteenoja ym. 2006, 23.) Nämä tiedot Liikenne MIPS:iin oli otettu VTT:n LIPASTO tietokannasta vuodelta 2005.

Pakkausmateriaaleja ei tässä työssä otettu huomioon, koska ulkomailla tapahtuvan valmistuksen vuoksi pakkausmateriaaleja ja niiden määriä olisi ollut vaikka selvittää. Tuloksella tuskin olisi ollut merkitystä tuotteiden välisessä vertailussa, koska molemmat tuotteet kulkevat mitä todennäköisimmin jonkinlaisissa pakkauksissa. Kuviossa 1 nähdään sisäpuolisessa kuviossa ne asiat, jotka otettiin huomioon laskelmissa ja ulkopuolella ne, joita ei huomioitu.



Kuvio 1: MIPS-laskelmien rajaus tässä työssä

4.4 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS

Seuraavassa käydään läpi kestävästi käytettävän käsileikkausliinan elinkaaren aikaiset materiaali-panoslaskelmat. MIPS-laskelmiin on otettu mukaan kestävästi käytettävän käsileikkausliinan raaka-aineiden ja tuotannon luonnonvarakulutukset, kuljetusten ja valmistuksen materiaali-panokset sekä tuotteen käytön eli pesun, kuivauksen ja steriloinnin panokset sekä lopuksi jätteen kaatopaikalla eli sekajätteenä käsittely.

4.4.1 Raaka-aineiden ja tuotannon MIPS

Kestävästi käytettävän käsileikkausliinan elinkaari alkaa raakaöljyn hankinnasta ja sen jalostamisesta mineraaliöljyksi. Mineraaliöljystä valmistetaan Kiinan tuotantolaitoksissa polyesterilankaa, johon lisätään hieman hiilikuitua. Polyesterin ja hiilikuidun MI-kertoimina on käytetty polyesterilangan ja hiilikuidun kertoimia, jotka on otettu Wuppertal Instituutin (2003) taulukosta Internetistä. Polyesterikankaan ja lateksin tuotannon energiakulutuksia ei saatu selville, joten niitä ei voitu laskea tähän työhön mukaan. Kestävästi käytettävässä käsileikkausliinassa on polyesteriä 99 prosenttia eli 1107 grammaa ja hiilikuitua 11 grammaa. Leikkausliinan insertti on puolestaan lateksia ja painaa 37 grammaa. Nämä painot kerrottiin Wuppertal Instituutin ilmoitta-

milla (vuonna 2003) polyesterilangan, hiilikuidun ja kumin (styrol buradien rubber) MI-kertoimilla.

Kestokäyttöisen käsileikkausliinan lateksi -insertin 37 gramman painossa on mukana liima, jolla tuote kiinnitetään varsinaiseen leikkausliinaan. Liitteessä 3 esitetään koko kestokäyttöisen käsileikkausliinan elinkaaren aikaiset prosessit.

4.4.2 Kuljetusten MIPS

Tässä työssä oletetaan, että valmis Kiinassa valmistettu polyesterikangas kuljetetaan Shanghai satamasta Suezin kanavan kautta Tallinnan satamaan. Maersk:lta puhelimitse saadun tiedon mukaan rahtilaivan matka Shanghaista Tallinnaan kestää noin 29 päivää (Maersk 2011). Maersk:n asiakaspalvelija ei löytänyt tietoa rahtilaivojen matkojen pituuksista, mutta sain heiltä tiedon PortWorld Distance - Internet-sivustoon. Sieltä sain tiedot eri maiden satamien välisistä pituuksista. Matkan pituus Shanghaista Tallinnaan on meriteitse noin 21 155 km kyseisen Internet-sivuston mukaan.

Ennen kuin kuljetusten materiaalipanoksia voi laskea, täytyy matkan pituus kertoa tuotteen painolla tonneiksi muutettuna, koska MI-kertoimet on esitetty tonnikipometrejä kohden. Kestokäsileikkausliinan paino ilman inserttiä on 1118 grammaa, joka tonneiksi muutettuna on 0,001 118. Tämä luku kerrotaan 21 155 kilometrillä, jolloin saadaan tulos 23,651 tkm eli tonnikipometriä. Saadut tonnikipometrit kerrotaan LiikenneMIPS työssä lasketuilla MI-kertoimilla.

Tallinnasta polyesterikangas oletetaan kuljetettavaksi rekka-autolla Rakvereen, jossa kangas leikataan ja ommellaan valmiiksi käsileikkausliinaksi. MI-kertoimena tässä on käytetty LiikenneMIPS työssä (2006) laskettuja kertoimia täysperävaunu- ja puoliperävaunurekalle. Tässä työssä käytettiin näiden kahden kulkuneuvon keskiarvoa, koska selville ei saatu, kummalla perävaunuyhdistelmällä tuotteita kuljetetaan. Tallinnasta valmis ommeltu leikkausliina rahdataan meriteitse Helsinkiin ja tässä MI-kertoimena käytettiin *lähialueiden tavaraliikennealuksen* MI-lukuja. Helsingistä käsileikkausliina ajetaan rekka-autolla Keravalle Uudenmaan sairaalapesulaan tarkistettavaksi ja merkittäväksi. Kuljetuksen laskemiseen käytettiin myös Lähteenojan ym. laatimaa *keskimmäisen väylän kevyt kuorma-auton* MI-kerrointa.

Tässä työssä on oletettu, että kaikki 80 kertakäyttöistä lateksi-inserttiä tulee kuljetuksella Alankomaista täysi- ja puoliperävaunurekan yhdistelmällä Tallinnan satamaan ja sieltä Suomeen rahtialuksella ja edelleen Keravalle. Lateksi-inserttejä kuluu yhden kestokäyttöisen käsileikkausliinan elinkaaren aikana 80 kappaletta. MI-kertoimena käytettiin puoliperävaunun ja täysperävaunun MI-kertoimien keskiarvoa ja *tavaraliikenne aluksella lähialueilla* MI-kertoimia.

Myös jätehuolto vaatii kuljetuksia. Kestokäsileikkausliinan kuljetusmatkan pituudeksi Keravalta USP:lta Riihimäelle Ekokemille on katsottu 60 kilometriä Internetin erään hakukoneen mukaan. Jätekuljetusten matkaan lisätään jäteauton keskimääräinen jätteen keräysmatka, mikä Salo ilmoittaa olevan noin 6 kilometriä pääkaupunkiseudulla (Salo 2004, 53). Jätteen siirron kuljetusten materiaalipanoks on laskettu kevyt kuorma-auton MI-kertoimilla *keskimmäisellä väylällä*, mikä on otettu LiikenneMIPS työstä (2006). Kestokäyttöinen käsileikkausliina pestään ennen jätteeksi hävitystä, jolloin se voidaan polttaa energiaksi Ekokemillä (Lintukorpi 2011).

4.4.3 Valmistuksen MIPS

Käsileikkausliina leikataan ja ommellaan Viron Rakveressa. Leikkausliinan ompelu kestää ImageWearin myyntiasistentti Kortteuksen saadun tiedon mukaan 43 minuuttia (2011). Ompelukoneen teho on 550 Wattia, joten ompelun kulutus laskettiin kW kertaa aika, jolloin tulokseksi saatiin 0,394 kWh. Tämä kerrottiin Viron sähköntuotannon perusteella laskettujen MI-kertoimien mukaan, jotka otettiin SähkölaiteMIPS työstä. MI-kertoimet ovat suuret johtuen Virossa energiantuotantoon käytettävän liuskekiven käytöstä. (Salo & Lettenmeier 2006, 7.) Kaikki MI-kertoimet löytyvät liitteestä 1.

Ompelukoneen valmistuksen materiaalipanosta ei tässä työssä laskettu, koska sen katsottiin olevan niin pieni osuus yhdelle leikkausliinalle. Myöskään kertakäyttöisen käsileikkausliinan valmistuskoneistoa ei laskettu mukaan työhön tasapuolistamisen mukaisesti. Ompelulanka sisältyy painon muodossa itse tuotteeseen ja tulee tällä tavalla huomioiduksi. Kankaan leikkaamisessa syntyviä jätteitä ei tähän työhön ole laskettu niiden vaikean selvitetävyyden vuoksi.

4.4.4 Tuotteen käytön MIPS

Kestokäyttöinen käsileikkausliina käy läpi koepesun ennen käyttöön siirtymistä. "Ympäristövastuu erikoissairaanhoidossa"-diplomityössä on laskettu USP:ssa tapahtuvan pyykin pesun aiheuttamat materiaalipanokset kilon painoiselle pyykille (Känkänen 2008). Sähkön kulutukseksi oli laskettu kilon painoista pyykkiä kohden 0,37 kWh, veden kulutukseksi 14,61 kg, pesuaineen kulutukseksi 0,019 kg ja höyryn kokonaiskulutukseksi 0,168 kg. Höyrynkulutuskemaan on laskettu pyykin pesussa käytetty höyrydesinfiointi, pyykinkuivauksen höyrynkulutus samoin kuin steriloinnin höyrynkulutus, toisin sanoen, koko USP:n höyrynkulutus on jaettu heidän pesemälleen pyykille yhtä kilogrammaa kohti. Tässä työssä nämä materiaalipanokset suhteutettiin kestokäsileikkausliinan painoon, jolloin sähkön kulutukseksi saatiin 0,427 kWh, veden kulutukseksi 16,875 kg, pesuaineen kulutukseksi 0,022 kg ja höyryn kulutukseksi 0,194 kg. Höyry

muodostetaan USP:ssa suoraan maakaasun avulla ja höyryä käytetään pyykinpesun yhteydessä tapahtuvaan pyykin desinfektioon, kuivaukseen ja höyrysterilointiin.

Lopuksi huollettu kestokäsileikkausliina pakataan asiakasräätelöityyn pakkaukseen ja kuljetaan muiden pakkausten ja tavaroiden kanssa rullakoissa kuorma-autolla Töölön sairaalaan varastoon.

4.4.5 Jätehuollon MIPS

Elinkaaren loppupäässä kestokäyttöinen käsileikkausliina hävitetään energiaksi polttamalla, koska USP sijaitsee Keravalla ja kuuluu Kiertokapula Oy:n jätteenkeräyksen toimialueeseen. Tämän alueen kotitalouden jätteisiin verrattavat jätteet käytetään energiana hyödyntämiseen Ekokem Oy Ab:n kanssa (Kiertokapula 2011). "Jätepolitiikan vaihtoehtojen luonnonvarojen kulutus pääkaupunkiseudulla" -tutkimustyössä (Salo, 2004) on laskettu sekajätteen kaatopaikkakäsittelyn MI-kerroin. Energiajätteelle ei löytynyt omia MI-kertoimia, joten tässä työssä jätehuollon aiheuttama luonnonvarakulutus laskettiin sekä kerta- että kestokäyttöisen käsileikkausliinan kohdalla sekajätteen MI-kertoimien mukaan. Salo (2004) on laskenut Ämmässuon laajennusosan tietojen perusteella kaatopaikkakäsittelyn uusiutumattomien luonnonvarojen kulutuksen, mikä on 0,65 kilogrammaa yhden kilon sekajätteen hävittämistä kohden (Suomen luonnonsuojeluliitto 2011).

4.5 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS

Seuraavaksi esitellään kertakäyttöisen käsileikkausliinan elinkaaren aikaiset materiaalipanoslaskelmat. MIPS-laskelmissa on huomioitu kertakäyttökäsiliinan raaka-aineiden, tuotannon, kuljetusten, valmistuksen ja steriloinnin materiaalipanokset sekä jätteen sekajätteenä käsittely.

4.5.1 Raaka-aineiden ja tuotannon MIPS

Kertakäyttöisessä käsileikkausliinan materiaaleissa on laskettu olevan polyeteeniä arviolta 297 grammaa. Tämä luku on kerrottu polyeteenin MI-kertoimilla, jotka on saatu Wuppertal Institutin laskelmista (2003). Viskoosia on laskelmien perusteella arvioitu olevan 141,5 grammaa, mikä on pyöristetty 142 grammaan. Viskoosille ei löytynyt MI-kertoimia, joten luonnonvarakulutuksen laskemiseen käytettiin Wuppertal Institutin (2003) laskemaa sulfaattiselluloosan kertoimia, koska viskoosi on selluloosasta valmistettu valkaistu kuitu. Liitteessä 2 esitetään kertakäyttöisen käsileikkausliinan elinkaari.

Kertakäyttöisessä käsileikkausliinassa on käytetty akrylaattipohjaista sideainetta viskoosin mukana. Tarkemmin ei selvinnyt, mitä ainetta akrylaatti tässä käsileikkausliinassa on, mutta tässä työssä oletetaan sen olevan akryyliä. Akryylin lähtöaineena voidaan käyttää akryylinitriiliä (Boncamper 2004, 291) ja tässä työssä oletetaan akrylaatin aineeksi akryylinitriiliä. Akryylinitriilin MI-kerroin on otettu Wuppertal Institutin listasta (2003). Akryyliä oletetaan olevan kertakäyttöisessä käsileikkausliinassa 93,5 grammaa. Puolestaan polyesteriä kertakäyttökäsi-liinassa on oletettu olevan 11 grammaa ja tämä luku on kerrottu polyesterin MI-kertoimilla. Lisäksi kertakäyttökäsi-liinassa on myös joustava saareke, jonka laskelmissa käytetään MI-kertoimina styreenin kertoimia, mitkä ovat myös Wuppertal Institutin selvittämiä (2003).

4.5.2 Kuljetusten MIPS

Elinkaaren alkupään raaka-aineiden tuotantopaikat eivät selvinneet, mutta leikkausliinojen tuotanto tapahtuu Mölnlycke Health Caren Internet-sivuston mukaan Thaimaassa Bangkokissa (Mölnlycke Health Care 2011a). Myös yrityksen tuotepäällikkö Peuraniemen mukaan kertakäyttöiset käsileikkausliinat tulevat Aasian markkinoilta (Peuraniemi 2011). Tässä opinnäytetyössä oletetaan, että myös käsileikkausliinat valmistetaan Thaimaassa. PortWorld Distance - Internet-sivuston mukaan matka meriteitse Thaimaan Srirachan satamasta Belgian Zeebrücken satamaan vie noin 16 618 kilometriä. Kyseinen Internet-sivusto ei löytänyt Bangkokista yhtään satamaa, joten merimatka laskettiin Bangkokia lähellä olevan Sriracha sataman mukaan. Matka Srirachasta Bangkokiin on hakupalvelujen mukaan arvioituna noin 50 km meriteitse, joten tämä matka ei ole olennainen tässä tapauksessa, kun kokonaiskilometrimäärä on kuitenkin yli 10 000 kilometriä.

Tässä työssä oletetaan, että Belgian Zeebrücken satamaan saavuttuaan kangas viedään rekka-autolla Waremmen kaupunkiin, jossa se valmistetaan valmiiksi kertakäyttöiseksi käsileikkausliinaksi. Työhön otettiin Waremmen kaupunki siksi, että Mölnlycke Health Caren Internet-sivuilla mainitaan, että Belgiassa tuotanto tapahtuisi Waremmessa (Mölnlycke 2011b). Täältä leikkausliina lähtee Tšekkeihin pakattavaksi räätälöityyn käsileikkausliinapakkaukseksi ja etyleenioksidissa steriloitavaksi (Peuraniemi 2011). Mölnlycke Internet-sivuston mukaan Tšekeissä tuotanto tapahtuisi Karvinassa, joten myös tässä työssä oletetaan pakkauksen koonnin tapahtuvan Karvinassa (Mölnlycke 2011b). Sieltä asiakasräätälöidyt pakkaukset kulkevat rekalla Ruotsin Jönköpingiin (Peuraniemi 2011). Tässä työssä oletetaan, että Jönköpingistä tuote matkaa rekka-autolla Tukholman satamaan ja sieltä meriteitse Helsinkiin. SeaRates.com-sivuston mukaan matkaa Tukholmasta Helsingin satamaan kertyy 240 meripeninkulmaa eli kilometreiksi muutettuna noin 444 kilometriä. Automatka Helsingin satamasta hankintakeskuksen (Stenbäckinkatu) kautta Herttoniemen sairaalaan on noin 15 kilometriä.

Jätteenkuljetus Herttoniemen sairaalasta Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskukseen on Internetin erään hakukoneen mukaan 35,6 kilometriä. Lisäksi kuljetuksiin on lisätty 6 kilometriä jätteen keräysajoa pääkaupunkiseudulla (Salo 2004, 53). Kuljetusmatka on laskettu kevyt kuorma auton keskimmäisen väylän MI-kertoimen mukaan, mikä on otettu LiikenneMIPS työstä (2006).

4.5.3 Valmistuksen MIPS

Kertakäyttöisen käsileikkausliinan valmistukseen kuluva energiamäärä ei saatu selville, joten tässä työssä arvioitiin, että se olisi puolet siitä, mitä kestokäyttöisen käsileikkausliinan ompeluun menee eli 0,197 kWh. Tämä lukema on kerrottu OECD-maiden sähkön MI-kertoimilla, koska leikkausliina valmistetaan Belgiassa. Kertoimet ovat Wuppertal Institutin laskemia (2003).

4.5.4 Käyttöönoton MIPS

Tässä työssä kertakäyttökäsileikkausliinan käyttöönotolla tarkoitetaan etyleenioksidisterilointia, mikä tuotteelle tehdään Tsekeissä. Ensin kertakäyttöinen käsileikkausliina pakataan asiakasräätälöityyn käsileikkausliinapakettiin muiden tuotteiden kanssa, jonka jälkeen paketti steriloidaan etyleenioksidilla. Steriloinnissa kuluva etyleenioksidin oikeaa määrää ei saatu tietää liikesalaisuuksien takia, joten sen menekki arvioitiin HUS:n välinehuollon etyleenioksidisterilointi -menetelmän mukaisesti. HUS:n etyleenioksidisteriloinnin tiedot saatiin Venäläiseltä (2011) HUS välinehuollosta. Eräässä HUS:n yksikössä käytettävä etyleenioksidisterilointilaitteen merkki on AMSCO® Eagle 3017 100 % EO Sterilizer. Tähän sterilointikoneeseen mahtuu kaksi sterilointikoria ja yhden korin tilavuus on $54\,400\text{ cm}^3$ (syvyys 80 cm, leveys 40 cm ja korkeus 17 cm). Kahden korin tilavuus on siis yhteensä $108\,800\text{ cm}^3$. Etyleenioksidia kuluu yhteen sterilointierään, jossa siis kaksi koria, 100 grammaa 100 prosenttista etyleenioksidia (Venäläinen 2011).

Jotta yhden kertakäyttöisen käsileikkausliinapaketin tilavuus ja paino saatiin selville, haettiin Herttoniemen sairaalasta avaamaton käsileikkaustarvikepakkaus, joka mitattiin mittanauhalla ja punnittiin Pääpostin kahdella vaa'alla. Tilavuudeksi saatiin mittaamalla $14\,985\text{ cm}^3$ (37 cm x 9 cm x 45 cm) ja painon keskiarvoksi kolmesta eri punnituksesta 886 grammaa. Näiden tietojen perusteella laskettiin, että käsileikkausta varten räätälöityjä pakkauksia mahtuu kahteen koriin 7,26 kappaletta. Kaikkien 7,26 kappaleen käsileikkausliinapaketin yhteispaino ($886\text{ g} \times 7,26 = 6432,36\text{ g}$) suhteutettiin 554 gramman painoiseen yhteen kertakäyttöiseen käsileikkausliinaan, saatiin etyleenioksidin menekiksi 8,61 grammaa (0,009 kg). Tämä luku kerrottiin etyleenin MI-kertoimilla, jotka otettiin Wuppertal Institutin laskelmista (2003). Tässä työssä oletetaan, että etyleenioksidia kuluu suhteellisesti sama määrä kilogrammaa kohden, vaikka

Tšeikeissä tapahtuvassa steriloinnissa käytetään isoja teollisuuskoneita. Ja koska kuluvan etyleenin määrä on pieni (8 g), kokonaistulos ei juuri muutu, jos määrä hiukan vaihtelisi suuntaan tai toiseen.

Etyleenioksidisteriloinnin energiankulutus arvioitiin AMSCO EAGLE 3017 Sterilizer koneen käyttöohjeen mukaan. Käyttöohjeesta löydettiin koneen tekniset tiedot ja tehdasasetuksen mukaan sterilointiajaksi ilmoitetaan 1 tunti, joten sterilointiajaksi lasketaan 1 tunti, koska myös HUS välinehuollosta vahvistettiin sterilointiajaksi 1 tunti (Venäläinen 2011). Ensin lasketaan koneen teho: 240 voltia (V) kertaa 8 ampeeria (A), saadaan koneen tehoksi 1920 wattia (W). Toiseksi lasketaan sähkönkulutus 1,920 kW kertaa käyttöaika eli 1 tunti saadaan 1,92 kWh. Tämä kokonaisenergian kulutus suhteutetaan 554 gramman kertakäyttökäsileikkausliinaa kohden, jolloin tulokseksi saadaan 0,165 kWh. Etyleenioksidilla steriloituja tuotteita tulee tuulettaa huolella monta tuntia ja HUS välinehuollon mukaan tuuletusaika kyseessä olevalla mallilla ja käytössä olevalla ohjelmalla on 14 tuntia.

Sterilointikoneen tarkkaa energiankulutusta ei saatu selville laitetoimittajalta eikä välinehuollosta, eikä sterilointikoneeseen pystytty laittamaan energianseurantamittaria, jonka avulla olisi nähty todellinen sähkönkulutus. Sterilointikoneen energiankulutus arvioitiin laskemalla: 1 tunti sterilointiprosessissa vie sähköä 1,92 kWh ja 14 tunnin tuuletusprosessi arvioidaan puoleksi siitä energiamäärästä mitä 14 tunnin sterilointi täydellä teholla olisi vienyt ($14 \text{ h} \times 1,92 \text{ kW} / 2 = 13,44 \text{ kWh}$, yhteensä $1,92 \text{ kWh} + 13,44 \text{ kWh} = 15,36 \text{ kWh}$.) Koko sterilointiprosessin arvioitiin siis vievän energiaa 15,36 kWh täydellä määrällä steriloitaessa (6432 g). Tässä työssä energiankulutus täytyy suhteuttaa 554 gramman painoiseen kertakäyttöiseen käsileikkausliinaan, joten tällöin lukemaksi saadaan 1,323 kWh. Tämä luku kerrotaan sähkön MI-kertoimilla. Saadut MIPS-luvut ovat arvioita siitä, mitä ETO-sterilointiprosessi voisi viedä energiaa Tšeikeissä.

4.5.5 Jätehuollon MIPS

Elinkaarensa loppupäässä kertakäyttöinen käsileikkausliina päättyy Ämmässuon jätteenkäsittelykeskukseen Espooseen. Jos leikkausliinat ovat havaittavasti verellä tahriintuneita, tulee ne käsitellä niin sanottuna biologisena jätteenä, jolloin ne HSY:n sopimuspiiriin kuuluvana haudataan kaatopaikalle. Tilanne muuttunee vuonna 2014 lopussa tai 2015 alussa, kun Vantaan Energian jätevoimalan aloittaa toimintaansa. (Partti 2011.) Koska käsileikkaukset tehdään useimmiten verityhjiössä, eivät käsileikkausliinat useinkaan ole verellä tahriintuneita. Jätettä syntyy siis kertakäyttöisen käsileikkausliina painon verran eli 554 grammaa. Tämä lasketaan Salon määrittelemällä sekajätteen MI-kertoimella (2004). Kuljetusmatkan pituus on 35,6 kilometriä lisättyä 6 kilometrillä.

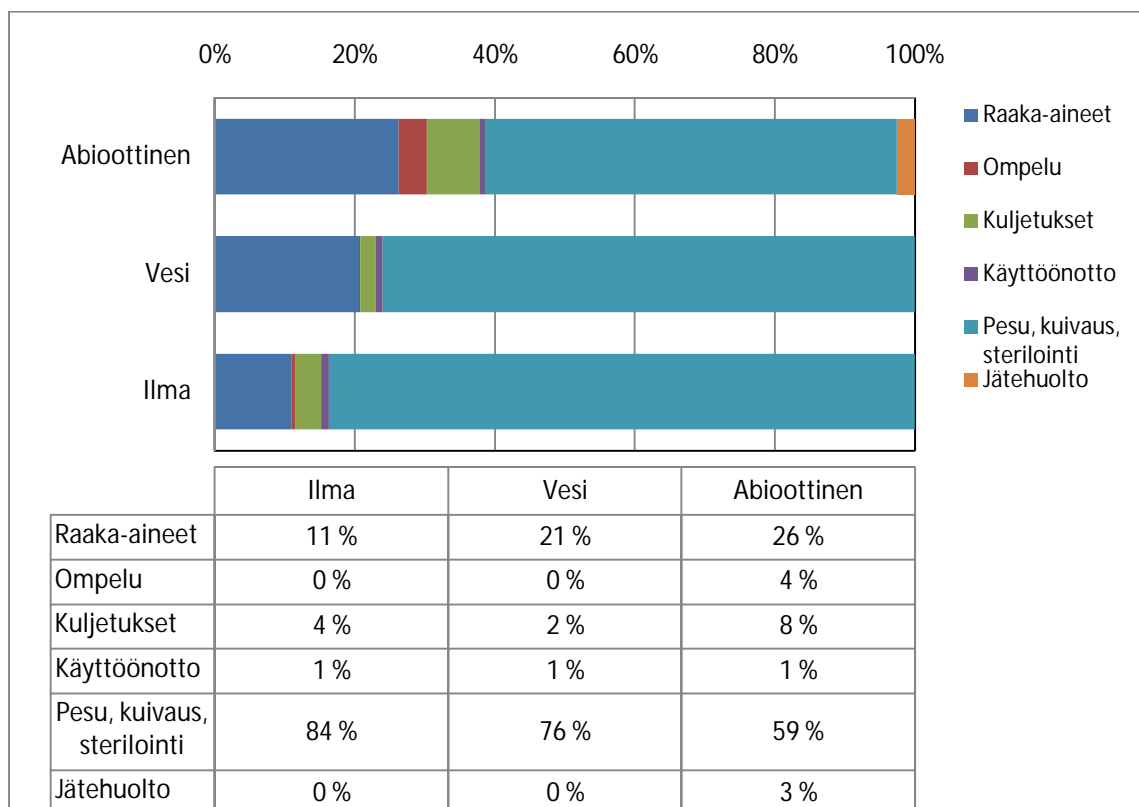
5 Tulokset

Seuraavassa käydään läpi lyhyesti MIPS-laskelmissa saatuja tuloksia. Tarkemmat tulokset löytyvät lopussa olevissa liitteistä.

5.1 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS

Laskelmien perusteella saatiin tulokseksi, että kestäväkäyttöinen käsileikkausliina kuluttaa abiottisia eli uusiutumattomia luonnonvaroja 1,261 kilogrammaa, vettä 46,54 kilogrammaa ja ilmaa 1,070 kilogrammaa. Liitteessä 2 on eritelty tarkemmin eri vaiheiden MIPS-tulokset.

Kuviossa 2 nähdään eri vaiheittain eriteltynä abiottisten, veden ja ilman luonnonvarojen kulutuksien osuudet. Bioottisten luonnonvarojen ja eroosion osuutta ei ole mukana, koska niitä ei tämän työn laskelmissa syntynyt. Kuvioista nähdään, että pesu, kuivaus ja sterilointi kuluttavat eniten luonnonvaroja. Ne vievät uusiutumattomia luonnonvaroja 59 %, vettä 76 % ja ilmaa 84 %. Toiseksi eniten luonnonvaroja kuluttavat raaka-aineet, joiden osuus abiottisista luonnonvarojen kulutuksesta on 26 %, veden kulutuksesta 21 % ja ilman kulutuksesta 11 %. Luonnonvarojen kulutuksen pienimmät osuudet olivat ompelussa, käyttöönotossa ja jätehuollolla.



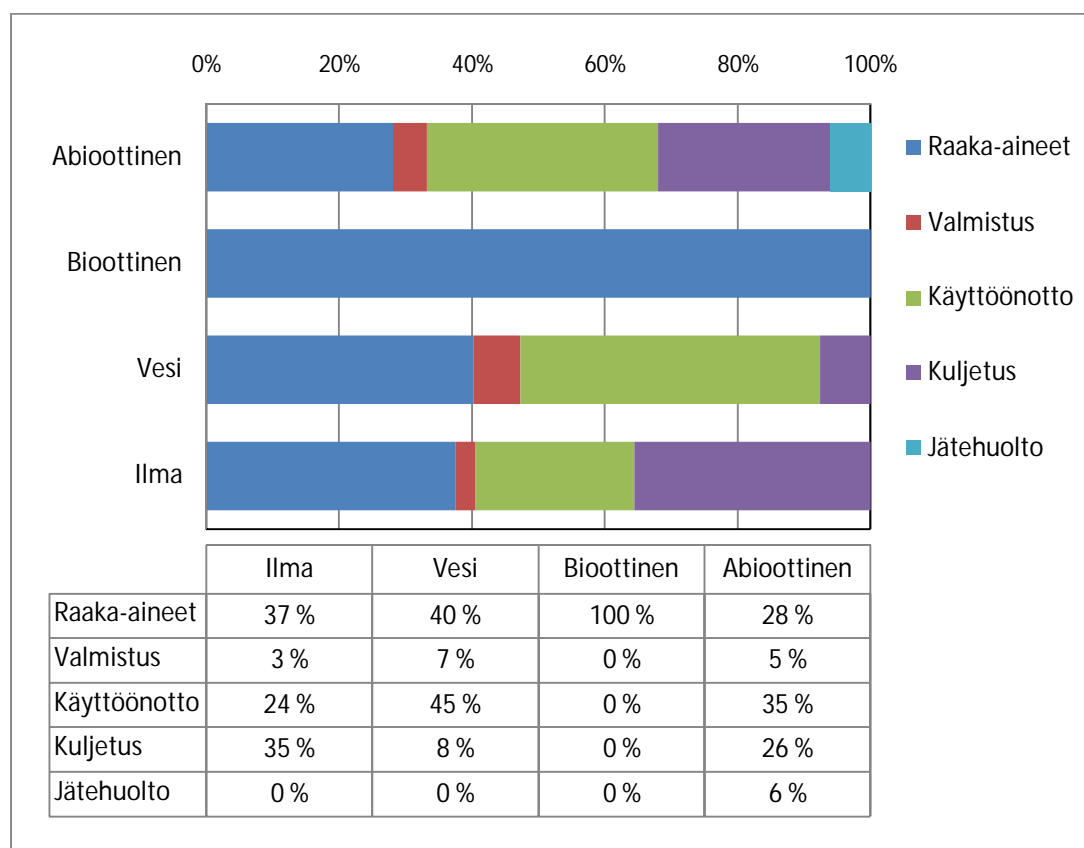
Kuvio 2: Kestokäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus prosentteina eri luokissa

5.2 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS

Laskelmissa selvisi, että kertakäyttöinen käsileikkausliina kuluttaa abiottisia eli uusiutumattomia luonnonvaroja 5,985 kg, bioottisia eli uusiutuvia luonnonvaroja 0,374 kg, vettä 195,491 kg ja 3,040 kg ilmaa. Liitteessä 4 on esitelty yksityiskohtaisemmat jaottelut.

Kuviossa 3 luetellaan eriteltyinä kertakäyttökäsileikkausliinan eri elinkaaren vaiheiden luonnonvarojen kulutus eri MI-luokissa. Ilmaa kuluu eniten raaka-aineisiin (37 %) ja kuljetuksiin (35 %). Uusiutumattomia luonnonvaroja kuluu eniten käyttöönottovaiheessa eli ETO-steriloinnissa (35 %) ja raaka-aineiden muodossa (28 %). Vettä kuluu eniten kertakäyttötuotteen käyttöönoton vaiheeseen eli etyleenioksidisterilointiin (45 %) ja raaka-aineisiin (40 %).

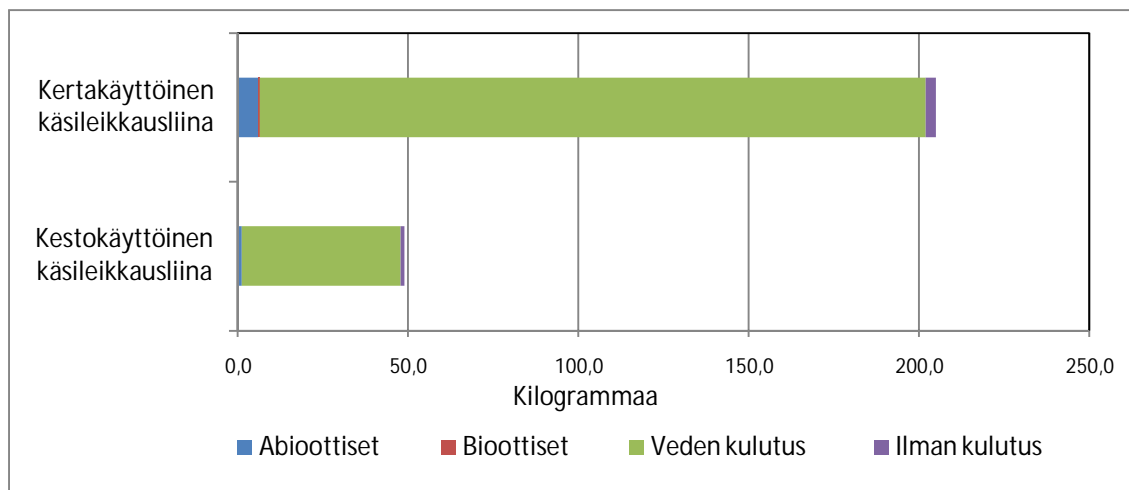
Uusiutuvia luonnonvaroja kuluu vain raaka-aineiden hankkimisessa. Lisäksi raaka-aineet kuluttavat veden osuudesta 40 %, ilman osuudesta 37 % ja abiottisista luonnonvaroista 28 %. Tuotteen käyttöönotto kuluttaa vedestä 45 % ja abiottisista varoista 35 % sekä ilman kulutuksesta 24 %. Kertakäyttöisen käsileikkausliinan kuljetukset kuluttavat ilmaa 35 % ja abiottisia luonnonvaroja 26 %.



Kuvio 3: Kertakäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus prosentteina eri luokissa

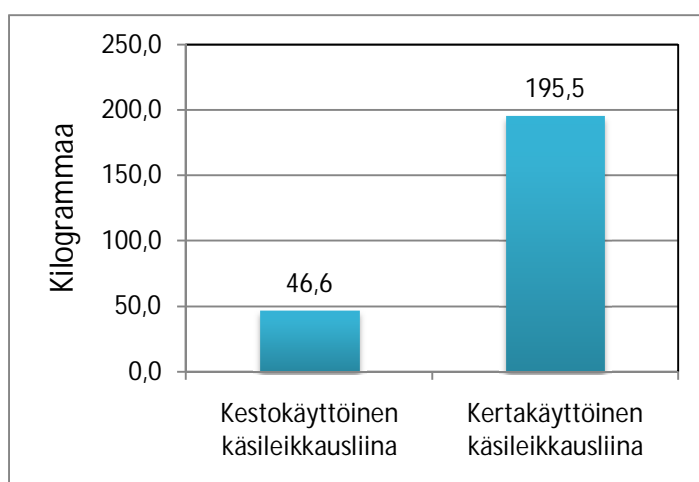
5.3 MIPS-laskelmien yhteenveto

Kestokäyttöinen käsileikkausliina kulutti tässä opinnäytetyössä vähemmän luonnonvaroja kuin vertailtu kertakäyttöinen käsileikkausliina. Kuviossa 4 on yhteenlaskettuina MIPS-laskentatavan eri luonnonvaraluokat kilogrammoina.



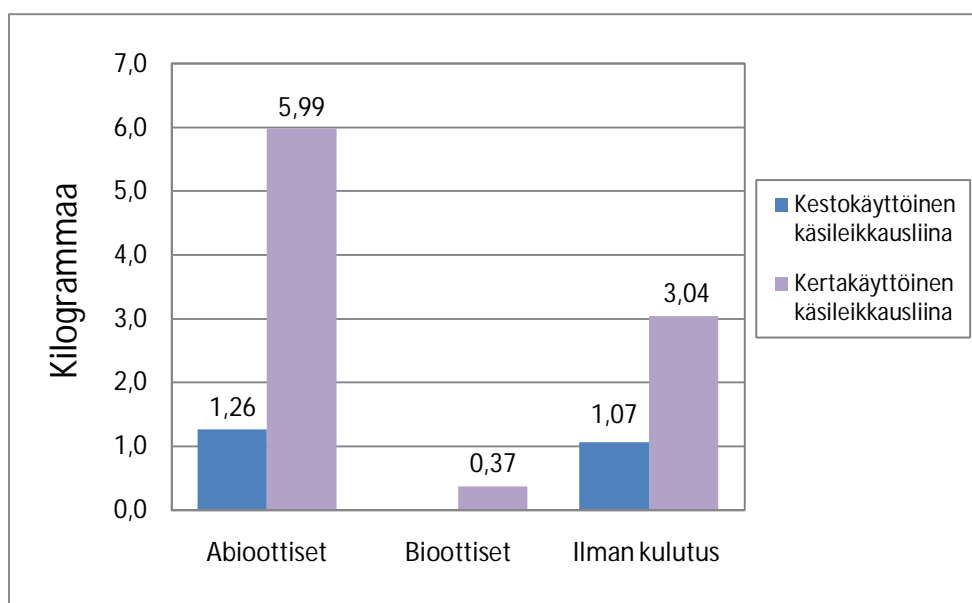
Kuvio 4: Kerta- ja kestokäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutuksen vertailu kilogrammoina

Veden kulutusta tarkastellaan erikseen kuviossa 5, koska veden kulutus on molempien leikkausliinojen osalta suurta. Vettä kuluu kertakäyttöisen käsileikkausliinan elinkaaren aikana nelinkertainen määrä verrattuna vertailtavaan kestokäyttökäsileikkausliinaan. Kertakäyttöinen käsileikkausliina kuluttaa elinkaarensa aikana vettä noin 195 grammaa ja kestokäyttökäsileikkausliina noin 47 grammaa.



Kuvio 5: Veden kulutuksen vertailu kilogrammoina

Abioottisten, bioottisten ja ilman kulutusta on vielä tarkasteltu samassa kuviossa 6. Tässä työssä laskettujen tietojen pohjalta kertakäyttöinen käsileikkausliina kuluttaa uusiutumattomia luonnonvaroja 4,7 kertaa enemmän, vettä 4,2 kertaa enemmän ja ilmaa 2,8 kertaa enemmän kuin vertailtava kestokäyttöinen käsileikkausliina. Kertakäyttöinen käsileikkausliina vie 0,374 kg uusiutuvia luonnonvaroja elinkaarensa aikana raaka-aineiden muodossa, sen sijaan kestokäyttökäsileikkausliinan elinkaaren aikana ei kulu uusiutuvia luonnonvaroja.



Kuvio 6: Kesto- ja kertakäyttöisen käsileikkausliinan vertailua kilogrammoina

6 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön laskemisen perusteella kestokäyttöinen käsileikkausliina kuluttaa vähemmän luonnonvaroja kuin vertailtava kertakäyttöinen käsileikkausliina. Vertailuja katsottaessa täytyy muistaa, ettei liikesalaisuuksien vuoksi kaikkia tietoja saatu käyttöön, joten kertakäyttökäsileikkausliinan osalta tietoja jouduttiin arvioimaan. Lisäksi MIPS on karkea arvio luonnonvarojen kulumisesta, mutta antaa näkemystä siitä, mitkä elinkaaren vaiheet kuluttavat paljon luonnonvaroja. Tällä tavalla yritys pystyy kehittämään tuotteensa eri elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia parempaan suuntaan.

Terveystuolissa materiaalikulutus on suurta muun muassa kertakäyttötuotteiden runsaan käytön vuoksi, joten kestokäyttöisten käsileikkausliinojen käyttö toisi mitä luultavimmin positiivisia ympäristövaikutuksia. Ainakin siltä näyttää tämän opinnäytetyön perusteella. Myös jätelain hierarkia toteutuisi kestokäyttöisten tuotteiden käytön avulla eli tällöin pystyttäisiin vähentämään tuotetun jätteen määrää.

Jätettä syntyi HUS Herttoniemen käsileikkausyksikössä 1480 kappaleen käsileikkauksen takia pelkän kertakäyttökäsileikkausliinan osalta 820 kg (1480 kpl kertaa 0,554 kg on 820 kg). Jos yksikkö olisi esimerkiksi käyttänyt samaiseen leikkausmäärään kertakäyttöisten käsileikkausliinojen sijasta kestävämpiä käsileikkausliinoja, olisi jätettä syntynyt 755 kg vähemmän pelkän käsileikkausliinan osalta. (Koska 1480 käsileikkausta kuluttaisi loppuun noin 9 kestävämpäsileikkausliinaa, $1118 \text{ g} \times 9 = 10\,062 \text{ g} + 1480 \text{ kpl lateksi-inserttejä} = 54\,760 \text{ g}$ eli yhteensä nämä 64 822 g. Lasketaan, että $820 \text{ kg} - 65 \text{ kg} = 755 \text{ kg}$.)

Tämän työn MIPS-mittarin perusteella näyttää siltä, että Herttoniemen 1480 käsileikkauksessa kului uusiutumattomia luonnonvaroja 10 228 kg, uusiutuvia 553 kg, vettä 348 260 kg ja ilmaa 4 973 kg pelkästään kertakäyttöisen käsileikkausliinan takia. Töölön sairaalan b-leikkaussalissa tehtiin vuoden aikana noin 700 käsileikkausta ja keskimäärin näihin leikkauksiin käytössä kului loppuun 9 kestävämpäsileikkausliinaa, olettaen että yksi kestävämpäsileikkausliina kestää noin 80 pesua. Töölön b-salista lähti hävitykseen jätettä pelkän kestävämpäsileikkausliinan osalta 36 kilogrammaa (9 kestävämpäsileikkausliinaa ja 700 inserttiä). Luonnonvaroja kului näihin 700 käsileikkauksen uusiutumattomien osalta 883 kg, vettä 32 602 kg ja ilmaa 749 kg tämän työn MIPS-laskelmien perusteella.

Jos 1480 käsileikkauksessa olisi käytetty kertakäyttöisten käsileikkausliinojen sijaan kestävämpäsileikkauksia käsileikkausliinoja, olisi luonnonvaroja säästynyt uusiutumattomien osalta 8 362 kg ($102\,28 \text{ kg} - 1\,866 \text{ kg}$), uusiutuvien osalta 553 kg ($553 \text{ kg} - 0 \text{ kg}$), veden osalta 279 330 kg ($348\,260 \text{ kg} - 68\,930 \text{ kg}$) ja ilman osalta 3 389 kg ($4\,973 \text{ kg} - 1\,584 \text{ kg}$) tämän työn laskelmien perusteella ja laskettujen olosuhteiden vallitessa.

Jatkotyöehdotuksena esitän, että molemmista tuotteista laskettaisiin tarkemmat elinkaari-analyysit ja mahdollisesti myös hiilijalanjäljet. Hiilijalanjäljen laskenta voisi täydentää tätä työtä ja mielenkiintoista olisi nähdä, miten hiilijalanjälki suhteutuu MIPS-laskennan ilman kulutukseen. Periaatteessa MIPS-mittari näyttää karkeasti ilman kulutuksen, mikä aiheutuu ilman palamisesta, mikä on taas osasyynä hiilidioksidipäästöihin. Seuraavaan jatkotutkimukseen olisi hyvä saada mukaan kertakäyttöisen käsileikkausliinan tuottaja.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan esimerkiksi esittää Euroopan leikkausosaston sairaanhoitajien kongressissa. Tämän työn tuloksia saa vapaasti hyödyntää ja se on toivottavaakin.

Lähteet

- Autio, S. & Lettenmeier, M. 2002. Ekotehokkuus -business as future. Yrityksen ekoteho-opas. Dipoli-raportit. Hämeenlinna: Karisto.
- Boncamper, I. 2004. Tekstiilioppi. Kuituraaka-aineet. 2. korjattu painos. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Finlex 629/2010. Laki terveydenhuollon laitteista ja tarvikkeista. Viitattu 28.3.2011.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100629>
- Gaia 2011. Viitattu 13.3.2011.
http://www.gaia.fi/files/488/GAIA_FOOTPRINT_OrganisaatioCO2.pdf
- Heiskanen, T. 2011. Potilastietojärjestelmä Operan pääkäyttäjä. 25.1.2011. HUS Töölön sairaala.
- Herttoniemen sairaalan leikkausosaston toimintakertomus 2010.
- Hirvonen, K. 2008. Steriloinnin tavoite ja käsitteitä. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T. & Tuominen, E. 2008. Välinehuolto. Keuruu: Otavan kirjapaino. 207, 209.
- HSY 2010. Viitattu 20.12.2010.
<http://www.hsy.fi/fiksu/ammattiaoppimassa/aloitatasta/ymparistosanasto/Sivut/default.aspx>
- HSY 2011. Jätteen synnyn ehkäisy. Viitattu 25.4.2011.
<http://www.hsy.fi/jatehuolto/ymparisto/jatevoimala/JSE/Sivut/default.aspx>
- Hänninen, S., Ries, A., & Lettenmeier, M. 2005. Lahden kaupunki ja ekotehokkuus. Lahti Vesi Oy:n vesihuollon kokonaisluonnonvarapanos 2002. Teknillinen korkeakoulu Lahden keskus. Julkaisusarja www.aluonet.com 33.
- Karhumäki, T., Keurulainen, R. & Aalto, A. 2010. Välinehuolto. Teoksessa Anttila, V-J., Hellstén, S., Rantala, A., Routamaa, M., Syrjälä, H. & Vuento, R. (toim.) 2010. Hoitoon liittyvien infektioiden torjunta. 6. painos. Porvoo: WS Bookwell. 557-558.
- Kiertokapula Oy 2011. Viitattu 13.3.2011.
http://www.kiertokapula.fi/portal/suomi/tietoja_yrityksesta/
- Kortteus, K. Myyntiassistentti. ImageWear. Keskustelut 9. - 23.3.2011.
- Korte, R., Rajamäki, A., Lukkari, L. & Kallio, A. 2000. Perioperatiivinen hoito. 2. painos. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset.
- Koskinen, H. 2001. MIPS ja ekologinen selkäreppu tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten vertailun menetelminä - ongelmakohtien tarkastelu. Ympäristönsuojelutieteen pro gradu - työ.
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/18911/mipsjaek.pdf?sequence=2>
- Kotakorpi, E., Lähteenoja, S. & Lettenmeier, M. 2008. KotiMIPS. Kotitalouksien luonnonvarojen kulutus ja sen pienentäminen. Helsinki: Edita Print.
- Känkänen, R. 2009. Ympäristövastuu erikoissairaanhoidossa - tapausesimerkkinä pallolaajennustoimenpiteen materiaali- ja energiatehokkuus. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. HUS-tilakeskus.

- Liljeblad, T. 2003. Aseptisen ammattitaidon arviointikriteerien luominen käytännön toimintaa havainnoimalla. Tampereen yliopisto.
- Lintukorpi, A. 2010. Uudenmaan sairaalapesulan tuotepäällikkö. Keskustelut 9.12. - 10.12.2010. Uudenmaan sairaalapesula.
- Lintukorpi, A. 2011. Uudenmaan sairaalapesulan tuotepäällikkö. Keskustelut 26.1. - 18.5.2011. Uudenmaan sairaalapesula.
- Lukkari, L., Kinnunen, T. & Korte, R. 2007. Perioperatiivinen hoitotyö. WSOY oppimateriaalit.
- Lähteenoja, S., Lettenmeier, M. & Saari, A. 2006. LiikenneMIPS. Suomen liikennejärjestelmän luonnonvarojen kulutus. Helsinki: Edita Prima.
- Maersk 2011. Asiakaspalvelija. Puhelinkeskustelu 10.3.2011.
- Markula, R. 1999. Tekstiilitieto. 9. uudistettu painos. Porvoo: WSOY.
- Moisio, T., Lähteenoja, S. & Lettenmeier, M. 2008. TavaraMIPS. Kodin tavaroiden luonnonvarojen kulutuksen arviointi. Juvenes Print - Tampereen yliopistopaino.
- Mölnlycke Health Care. Article 70309 Hand and foot drape. Barrier.
- Mölnlycke Health Care 2011a. Viitattu 14.3.2011. <http://www.molnlycke.com/com/ABOUT-US/The-Company/Production-units/Bangkok-Thailand/>
- Mölnlycke Health Care 2011b. Viitattu 11.3.2011. http://www.molnlycke.com/corporate/Global/corporate/global/downloads/address_list.pdf
- Partti, M. 2007. Jätteen synnyn ehkäisy on taloudellisuutta. Viitattu 10.3.2011. <http://www.kiinteistolehti.fi/artikkelit/?id=537>
- Partti, M. 2011. HSY ympäristöasiantuntija. Keskustelut 14. -15.3.2011
- Paul, M. 2008. Höyryautoklaavin rakenne ja toimintaperiaate. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T. & Tuominen, E. 2008. Välinehuolto. Keuruu: Otavan kirjapaino.74-75.
- Peuraniemi, A. 2011. Mölnlycke Health Caren tuotepäällikkö. Keskustelut 31.1. - 9.3.2011.
- Rantala, A. 2010. Postoperatiivisten infektioiden merkitys. Teoksessa Anttila, V.-J., Hellstén, S., Rantala, A., Routamaa, M., Syrjälä, H. & Vuento, R. (toim.) 2010. Hoitoon liittyvien infektioiden torjunta. 6. painos. Porvoo: WS Bookwell. 204-205.
- Ratia, M., Vuento, R., & Laitinen, K. 2010. Puhdistuksen desinfektion ja steriloinnin tavoitteet ja tarve. Teoksessa Anttila, V.-J., Hellstén, S., Rantala, A., Routamaa, M., Syrjälä, H. & Vuento, R. (toim.) 2010. Hoitoon liittyvien infektioiden torjunta. 6. painos. Porvoo: WS Bookwell. 513-515.
- Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus - enemmän vähemmästä. Helsinki: Edita.
- Ritthoff, M., Rohn, H. & Liedtke, C. 2002. Suomentaneet Kinnunen, V., Koski, E. & Lettenmeier, M. 2004. Suomen luonnonsuojeluliitto. Tulostettu 1.12.2010. http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/ws27fi.pdf
- Salo, V. 2004. Jätepolitiikan vaihtoehtojen luonnonvarojen kulutus pääkaupunkiseudulla. Viitattu 8.3.2011. <http://www.sll.fi/luontojaymparisto/kestava/materiaaleja/VSaloGradu.pdf>

Salo, V. & Lettenmeier, M. 2006. SähkölaiteMIPS. Käyttöiän ja energiatehokkuuden vaikutus sähkölaitteiden aiheuttamaan materiaalipanokseen. Viitattu 8.3.2011.
<http://www.sll.fi/luontojaymparisto/kestava/materiaaleja/sahkolaitemips.pdf>

Schmidt-Bleek, F. 2000. Luonnon uusi laskuoppi -ekotehokkuuden mittari MIPS. 2. painos. Tampere: Tammer-paino.

SFS-EN 13795 - 1, 2 ja 3 osat. 2003. Potilaiden ja terveydenhuoltohenkilökunnan käyttöön tarkoitetut kirurgiset leikkausliinat, leikkaustakit ja puhdasilmapuvut, joita käytetään terveydenhuollon laitteina ja tarvikkeina. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Suojanen, U. 1995. Vihreät tekstiilit. Helsinki: Yliopistopaino.

Suomen luonnonsuojeluliitto 2008. Viitattu 10.3.2011.
<http://www.sll.fi/luontojaymparisto/kestava/mips>

Suomen luonnonsuojeluliitto 2011. Jätehuollon luonnonvarojen kulutus. Viitattu 23.4.2011.
<http://www.sll.fi/luontojaymparisto/kestava/mips/mips-lukuja/jatehuolto>

Talvenmaa, P. 1998. Tekstiilit ja ympäristö. Tampere: Tekstiili- ja vaatetusteollisuus, Tekstiili- ja jalkinetoimittajat & Tekstiilikauppiaiden Liitto.

Venäläinen, S. 2011. HUS Välinehuolto. Keskustelut 22.3 - 15.5.2011.

Vihermä, L. 2005. Suomen raideliikenteen ekotehokkuus MIPS-laskentaa hyödyntäen. Pro Gradu tutkielma. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Helsingin yliopisto.

Värtö, L. 2008. Etyleenioksidisterilointi. Teoksessa Hirvonen, K., Karhumäki, T. & Tuominen, E. 2008. Välinehuolto. Keuruu: Otavan kirjapaino. 232, 233,237.

Wuppertal-instituutti. 2003. Tulostettu 1.12.2010.
http://www.wupperinst.org/en/info/entwd/index.html?beitrag_id=437&bid=169

WWF 2008. Viitattu 13.3.2011.
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/living_planet_tiivistelma_kaannos.pdf

WWF 2010. Viitattu 23.4.2011.
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/WWF_Living_Planet_Report_2010.pdf

Österberg, M. 2011. Apulaisosastonhoitaja. HUS HYKS Operatiivinen ty. Keskustelut 18.1 - 18.4.2011.

Kuvat

Kuva 1: Kestokäyttöinen käsileikkausliina levitettynä leikkauksessa	10
Kuva 2: Kertakäyttöinen käsileikkausliina käytössä	10

Kuviot

Kuvio 1: MIPS-laskelmien rajaus tässä työssä	23
Kuvio 2: Kestokäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus prosentteina eri luokissa	30
Kuvio 3: Kertakäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutus prosentteina eri luokissa.	31
Kuvio 4: Kerta- ja kestokäyttöisen käsileikkausliinan luonnonvarakulutuksen vertailu kilogrammoina.....	32
Kuvio 5: Veden kulutuksen vertailu kilogrammoina.....	32
Kuvio 6: Kesto- ja kestokäyttöisen käsileikkausliinan vertailua kilogrammoina	33

Taulukot

Taulukko 1: Vertailtavien käsileikkausliinoiden tiedot	15
--	----

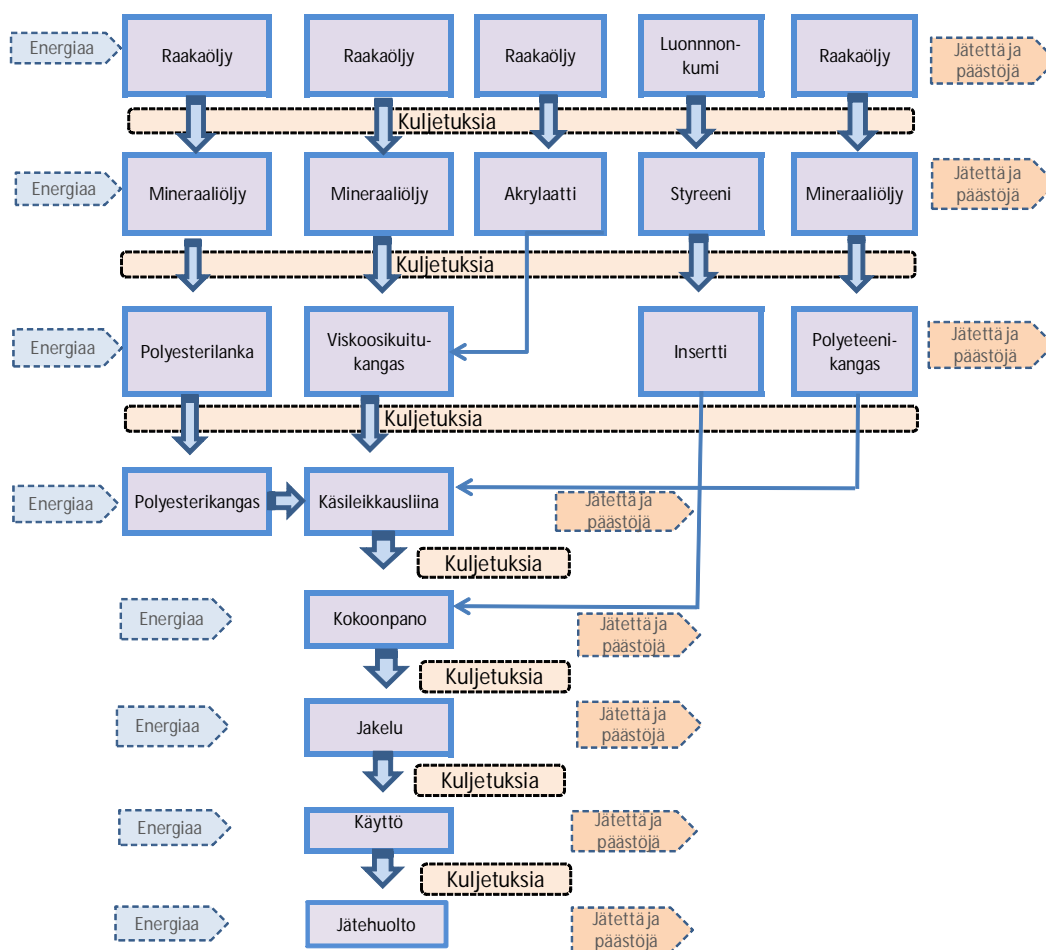
Liitteet

<u>Liite 1 Työssä käytetyt MI-kertoimet</u>	<u>42</u>
<u>Liite 2 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan elinkaari</u>	<u>43</u>
<u>Liite 3 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan elinkaari</u>	<u>44</u>
<u>Liite 4 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS-tulokset.....</u>	<u>45</u>
<u>Liite 5 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS-tulokset.....</u>	<u>46</u>

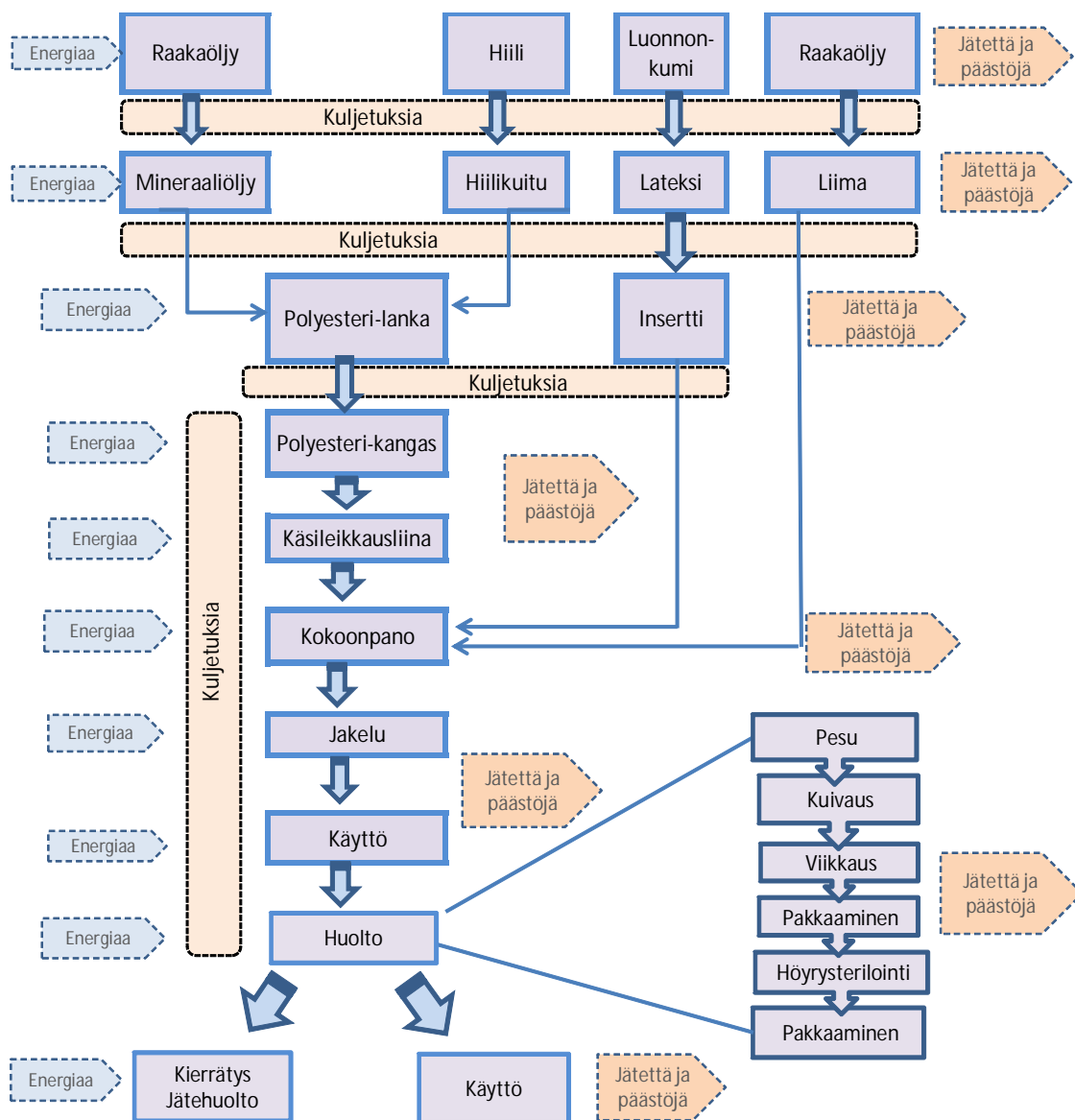
Liite 1 Työssä käytetyt MI-kertoimet

Materiaali	Yksikkö	Abioot- tinen	Bioot- tinen	Eroo- sio	Vesi	Ilma	Selite	Lähde ja vuosi
Vesijohtovesi (sisältää tuotannon, jakelun, viemäröinnin ja käsittelyn)	kg/l	0,010	0,000	0,000	1,289	0,001	Laskettu Suomen oloihin	Hänninen, Ries & Lettenmeier. 2002
Maakaasu	kg/kg	1,220	0,000	0,000	0,500	3,602	Saksa	Wuppertal Institut. 2003
Polyesteri (lanka)	kg/kg	8,100	0,000	0,000	278,000	3,730	Sisältää todennäköisesti raaka-aineet ja tuotannon. Globaali-tuotanto alue.	Wuppertal Institut. 2003
Kumi ja Styreeni (Styrol buradien rubber)	kg/kg	5,700	0,000	0,000	146,000	1,650		Wuppertal Institut. 2003
Hiilikuitu	kg/kg	61,120	0,000	0,000	2411,500	33,387	Saksa	Wuppertal Institut. 2003
PE- muovi kalvo	kg/kg	3,010	0,000	0,000	167,600	1,840	Eurooppa	Wuppertal Institut. 2003
Etyleeni	kg/kg	3,890	0,000	0,000	25,800	1,960	Saksa	Wuppertal Institut. 2003
Akryylinitriitti	kg/kg	2,560	0,000	0,000	93,200	5,047	Eurooppa	Wuppertal Institut. 2003
Sulfaattiselluloosa	kg/kg	2,610	2,640	0,000	112,100	0,413	Euroopan mukaan. Käytetään viskoosin kertoimena	Wuppertal Institut. 2003
Jätteen kaatopaik- kasijoitus Suomi	kg/kg	0,650						Salo. 2004
Sähkö (Helsingin energia 2003)	kg/kWh	0,630	0,000	0,000	30,530	0,370	laskettu Helsingin energian vuoden 2003 mukaan	Vihermaa. 2005.
Sähkö Viro	kg/kWh	10,347	0,000	0,000	21,961	0,992	Öljyliuskeen käyttö nostaa kertoimien arvot	Salo & Lettenmeier. 2006.
Sähkö OECD maiden keskiarvo	kg/kWh	1,550	0,000	0,000	66,700	0,535	OECD maiden keskiarvo Euroopan maissa	Wuppertal Institut. 2003
Kevyt kuorma-auto keskim. väylä	kg/tkm	0,580	0,000	0,000	6,180	0,070	Käytetty ajoneuvoliikenteen MIPS lukuja s.46	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006
Puoliperävaunurekka keskim. väylä	kg/tkm	0,450	0,000	0,000	5,690	0,080	Käytetty ajoneuvoliikenteen MIPS lukuja s.46	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006
Täysperävaunurekka keskim. väylä	kg/tkm	0,230	0,000	0,000	1,520	0,060	Käytetty ajoneuvoliikenteen MIPS lukuja s.46	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006
Puoliperävaunu- ja täysperävaunurekan keskiarvo(käytetään Kiinassa ja Euroopassa tapahtuviin kuljetuksiin)	kg/tkm	0,340	0,000	0,000	4,650	0,070	Puoliperävaunun ja täysperävaunurekan keskiarvo	oma kerroin
Tavaraliikenne aluksella keskimäärin lähialueet (Baltian maat, Ruotsin itärannikko ja Luoteis-Venäjä)	kg/tkm	0,750	0,000	0,000	3,100	0,100	Käytetty tavaraliikenteen keskim. MIPS lukuja Suomesta ulkomaille. s.55	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006
Tavaraliikenne aluksella keskimäärin Eurooppa	kg/tkm	0,120	0,000	0,000	0,700	0,100	Käytetty tavaraliikenteen keskim. MIPS lukuja Suomesta ulkomaille. s.56	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006
Tavaraliikenne aluksella keskimäärin, kaukomaat	kg/tkm	0,080	0,000	0,000	0,600	0,100	Käytetty tavaraliikenteen keskim. MIPS lukuja Suomesta ulkomaille. s.57	Lähteenoja, Lettenmeier & Saari. 2006

Liite 2 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan elinkaari



Liite 3 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan elinkaari



Liite 4 Kestokäyttöisen käsileikkausliinan MIPS-tulokset

		Määrä	Yksik- kö	Abioottinen	Bioottinen	Vesi	Ilma
Raaka-aineet	Polyesteri (lanka)	1,107	kg	0,112	0	3,846	0,052
	Hiilikuitu	0,011	kg	0,009	0	0,337	0,005
	Lateksi	0,037	kg	0,211	0	5,402	0,061
Ompelu	Ompelu	0,394	kWh	0,051	0	0,108	0,005
Kuljetukset	Shanghai- Tallinna 21170 km	1,118	kg	0,024	0	0,177	0,030
	Tallinna -Rakvere- Tallinna yht. 200 km	1,118	kg	0,001	0	0,013	0,000
	Tallinna-Helsinki 85km	1,118	kg	0,001	0	0,004	0,000
	Alankomaat - Tallinna 2155 km	2,96	kg	0,027	0	0,371	0,006
	Tallinna-Helsinki 85km	2,96	kg	0,002	0	0,010	0,000
	Helsinki-Kerava 32 km	1,118	kg	0,000	0	0,002	0,000
	Helsinki -Kerava 32 km	2,96	kg	0,000	0	0,006	0,000
	Kerava-Töölön sairaala -Kerava 57,4 km	1,155	kg	0,038	0	0,408	0,005
	Insertin jätekuljetus Kerava-Riihimäki 66 km	0,037	kg	0,001	0	0,015	0,000
	Leikkausliinan jätekuljetus Kerava-Riihimäki 66km	1,155	kg	0,001	0	0,006	0,000
Käyttöönotto	Käyttöönotto	1,118	kg	0,009	0	0,443	0,011
Käytöstä pois- to	1 leikkausliina energijätteeksi	1,118	kg	0,009			
	1 insertti energijätteeksi	0,037	kg	0,024			
Käyttökierro: pesu, kuivaus, sterilointi	Pesun sähkön kulutus	0,427	kWh	0,269	0	13,047	0,158
	Höyryn kulutus	0,194	kg	0,237	0	0,097	0,699
	Veden kulutus	16,875	kg	0,169	0	21,751	0,010
	Pesuaineen kulutus	0,022	kg	0,066	0	0,531	0,029
	Yhteensä			1,261 kg	0 kg	46,574 kg	1,070 kg

Liite 5 Kertakäyttöisen käsileikkausliinan MIPS-tulokset

		Määrä	Yksikkö	Abioottinen	Bioottinen	Eroosio	Vesi	Ilma
Raaka-aine	Viskoosi	0,037	kg	0,097	0,098	0	4,148	0,015
	Viskoosikuitukangas akrylaattipohj. 50%viskoosia (yht. 187g)	0,094	kg	0,244	0,247	0	10,481	0,039
	Viskoosikuitukangas akrylaattipohj. 50% akrylaattia (yht.187g)	0,094	kg	0,239	0,000	0	8,714	0,472
	Styreeni/Butadiene/Styreeni kopolymeeri	0,011	kg	0,061	0,000	0	1,573	0,018
	PE- kalvo	0,297	kg	0,921	0,000	0	49,777	0,546
	Saareke 50 % viskoosia	0,011	kg	0,029	0,029	0	1,233	0,005
	Saareke 50% polyesteriä	0,011	kg	0,089	0,000	0	3,058	0,041
Valmistus	Leikkausliinan valmistus Belgiassa	0,197	kWh	0,305	0,000	0	13,140	0,105
Käyttönotto	ETO steriloinnin energian kulutus 1 tunti	1,323	kWh	2,051	0,000	0	88,244	0,708
	Etyleenioksidi	0,009	kg	0,033	0,000	0	0,222	0,017
Kuljetukset	Thaimaa - Belgia Zeebrugge 16618 km	0,554	kg	0,737	0,000	0	5,524	0,921
	Zeebrugge - Wareme, Belgia 190 km	0,554	kg	0,036	0,000	0	0,489	0,007
	Wareme, Belgia - Karvina, Tsekki 1162 km	0,554	kg	0,219	0,000	0	2,993	0,045
	Karvina, Tsekki - Jönköping, Ruotsi	0,554	kg	0,302	0,000	0	4,135	0,062
	Ruotsi, Jönköping - Tukholma, Ruotsi 328 km	0,554	kg	0,062	0,000	0	0,845	0,013
	Ruotsi, Tukholma- Helsinki. 444km.	0,554	kg	0,184	0,000	0	0,763	0,025
	Helsinki-materiaalikeskus-Herttoniemen sairaala. 15 km	0,554	kg	0,003	0,000	0	0,039	0,001
	Jätteenä kuljetus Herttoniemen sairaala - Ämmäsuo Espoo 41,6 km	0,554	kg	0,013	0,000	0	0,114	0,002
Jätehuolto	Sekajätteenä kaatopaikkasijoitus	0,554	kg	0,360				
	Yhteensä			5,985 kg	0,374 kg	0kg	195,491 kg	3,040 kg