

Opinnäytetyö YAMK

Kemiantekniikka ja bioteknologia

2022

Helena Parjanen

KUITUSUOLEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET



Opinnäytetyö (YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Kemiantekniikka ja bioteknologia

Lokakuu 2022 | 49 sivua

Helena Parjanen

Kuitusuolen ympäristövaikutukset

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää hiilijalanjälki kuitusuolelle. Lisäksi työssä määritettiin vastaavan muovisuolen hiilijalanjälki ja verrattiin kuitusuolen ja muovisuolen hiilijalanjälkeä keskenään. Sekä kuitusuoli että muovisuoli ovat elintarvikepakkausmateriaalia, joka toimii elintarviketuotannossa esimerkiksi makkaran kuorena.

Hiilijalanjälki laskettiin standardin SFS-EN ISO 14067:2018 periaatteita noudattaen. Hiilijalanjälki laskettiin vuoden 2021 tuotannon perusteella. Hiilijalanjälki laskettiin tuotteille niin, että laskettava yksikkö oli tuotettu kuitusuoli- tai muovisuolikilometri. Hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin kaikki merkittävät hiilidioksidipäästöjä aiheuttavat parametrit raaka-aineiden valmistuksesta ja kuljetuksesta lähtien valmiin tuotteen hävitykseen saakka. Hiilijalanjälki laskettiin Oy Viskoteepak Ab:n Hangon tehtaalla tuottamalle kuitusuolelle sekä saman konsernin Meksikossa toimivan tehtaan tuottamalle muovisuolelle.

Kuitusuolen hiilijalanjäljeksi saatiin vuoden 2021 tuotannon perusteella 102,4 kg CO₂ eq/km. Vastaavasti muovisuolen hiilijalanjäljeksi saatiin 294,1 kg CO₂ eq/km. Tulosten ero selittyy tuotteiden valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen eroilla sekä kuljetusten ja energian aiheuttamien päästöjen eroavaisuuksilla.

Asiasanat:

hiilijalanjälki, elinkaariarviointi, kuitusuoli, muovisuoli

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Chemical Engineering and Biotechnology

October 2022 | 49 pages

Helena Parjanen

The environmental impacts of fibrous casing

The purpose of this present master's thesis was to calculate the carbon footprint for fibrous casing and compare the result to the carbon footprint of plastic casing. Fibrous casing and plastic casing are both used in sausage manufacturing as sausage casing.

Carbon footprint was calculated by the principles of the standard SFS-EN ISO 14067. The calculation was made for fibrous casing manufactured in Oy Viskoteepak Ab Hanko plant in Finland and for plastic casing manufactured in Nuevo Laredo plant in Mexico in 2021. The calculation was made by considering all the significant carbon dioxide sources in manufacturing processes from raw materials to disposal of the product.

The result for fibrous casing was 102.4 kg CO₂ eq/km. The result is calculated by manufacturing information of the production in 2021. The carbon footprint for plastic casing was 294.1 kg CO₂ eq/km. The difference between results can be explained by different raw materials used in manufacturing process. The energy used in manufacturing processes can also explain part of the difference between the results.

Keywords:

carbon footprint, life cycle assessment, fibrous casing, plastic casing

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Error! Bookmark not defined.

1 Johdanto	7
2 Ympäristövaikutukset	8
2.1 Ympäristövaikutusten nykytila	8
2.2 Kansalliset ja kansainväliset ilmastotavoitteet	9
2.3 Ympäristövaikutuksia kuvaavat termit	10
2.3.1 Hiilijalanjälki	10
2.3.2 Elinkaariarviointi	11
2.3.3 Vesijalanjälki	11
2.3.4 Hiilikädenjälki	12
2.4 Logistiikan vaikutus ilmastopäästöistä	12
2.5 Jätteiden aiheuttamat ilmastopäästöt	14
2.6 Ympäristövaikutukset elintarvikkeissa ja pakkausmateriaaleissa	15
3 Kuitusuoli ja muovisuolen valmistusprosessi	18
3.1 Kuitusuoli	18
3.2 Muovisuoli	22
4 Hiilijalanjäljen laskentaa ohjaavat standardit	24
4.1 ISO-standardit	24
4.2 PAS 2050	27
4.3 GHG-protokolla	27
5 Kuitu – ja muovisuolen inventaarioanalyysi	29
5.1 Kuitusuolen hiilijalanjäljen laskenta	29
5.2 Raaka-aineet	30
5.2.1 Selluloosa	30
5.2.2 Kuitupaperi	30
5.2.3 Rikkihiili	31
5.2.4 Rikkihappo	31

5.2.5 Natriumhydroksidi	32
5.2.6 Glyseroli	33
5.2.7 Raaka-aineiden kuljetukset tehtaalle	33
5.3 Sähkö ja lämmitys	33
5.4 Jätehuolto	34
5.5 Työmatkaliikenne ja liikematkustaminen	35
5.6 Lopputuotteen kuljetus asiakkaalle ja kuitusuoli jätteenä	35
5.7 Muovisuolen hiilijalanjälki	36
5.7.1 Muovisuolen valmistuksessa käytettävät raaka-aineet	36
5.7.2 Energia, jätehuolto ja työmatkustus	37
5.7.3 Muovisuolen kuljetus asiakkaalle sekä muovisuoli jätteenä käytön jälkeen	37
6 Tulokset	39
6.1 Kuitusuolen hiilijalanjälki	39
6.2 Muovisuolen hiilijalanjälki	40
6.3 Hiilijalanjälkien vertailu	41
7 Johtopäätökset	43
Lähteet	46

Kuvat

Kuva 1. Kasvihuonepäästöjen lähteet sektoreittain ja osuudet kokonaispäästöistä vuonna 2020. (Tilastokeskus 2021c.)	13
Kuva 2. Suomessa syntyneiden jätteiden määrät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2020, 1000 tonnia. (Tilastokeskus 2022b.)	15
Kuva 3. Prosessikaavio polylaktidista valmistettujen elintarvikeastioiden hiilijalanjäljen laskennasta. (Ingrao ym. 2015, 393.)	16

Kuva 4.Viskoosiprosessi selluloosasta kuitusuolen tuotantoon saakka. (Savic & Savic 2022,308.)	19
Kuva 5. Kemialliset reaktiot viskoosinvalmistuksen aikana. (Biswas 2020.)	20
Kuva 6.Kuitusuolen valmistusprosessi Viskoteepakin Hangon tehtaalla. (Oy Viskoteepak Ab 2022.)	21
Kuva 7.Kuitusuolen tyypillinen koostumus. (Savic & Savic 2016, 315.)	22
Kuva 8. Muovisuolen valmistusprosessi Plamex Machinebau. (Savic & Savic 2016, 373.)	23
Kuva 9. Esimerkki tuotejärjestelmästä elinkaariarviointia varten. (SFS-EN ISO 14040:2006, 18.)	25
Kuva 10. Yksinkertaistetut inventaarioanalyysimenettelyt. (SFS-EN ISO 14044:2006, 23.)	26
Kuva 11. Prosessikaavio kuitusuolen hiilijalanjäljen laskentaa varten.	29
Kuva 12. Kuitusuolen hiilijalanjäljen jakautuminen eri päästölähteiden kesken	39
Kuva 13. Muovisuolen hiilijalanjäljen jakautuminen eri päästölähteiden kesken	41

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena oli määrittää hiilijalanjälki kuitusuolelle sekä verrata saatua hiilijalanjälkeä vastaavaan muovista valmistettuun tuotteeseen.

Ympäristövastuun sekä sosiaalisen ja taloudellisen vastuun kantaminen on osa yrityksen kestävästä toiminnasta. Ympäristöhaittojen ehkäisemiseen sekä tuotteen koko elinkaaren aikaiseen ympäristömyötäiseen toimintaan täytyy kiinnittää huomiota. (Suomi.fi 2022.)

Yksi osa ympäristövastuun toteuttamisesta on oman toiminnan hiilidioksidipäästöjen selvittäminen ja niiden määrään vaikuttaminen. Tämän työn tarkoituksena on määrittää Oy Viskoteepak Ab:n Hangon tehtaan tuottaman kuitusuolen hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen määrittämisessä keskitytään ainoastaan ilmastonmuutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasujen määrään tuotettavan tuotteen valmistuksessa. Lisäksi työssä määritetään Oy Viskoteepak Ab:n Meksikon tehtaalla tuotetun muovisuolen hiilijalanjälki vastaavalla tavalla kuin kuitusuolen hiilijalanjälki. Työssä saatujen tulosten perusteella voidaan vertailla kuitu- ja muovisuolen hiilijalanjälkien mahdollisia eroja sekä sitä, mitkä parametrit aiheuttavat eroja tuotteiden tuloksissa.

Työssä määritetään hiilijalanjälki nimenomaan tuotteelle elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaan. Hiilijalanjäljen laskenta rajattiin koskemaan vuoden 2021 tuotantoa ja tuotantomääriä. Hiilijalanjälki lasketaan tuotettua kuitusuoli- tai muovisuolikilometriä kohden.

Työssä tehtävä hiilijalanjäljen laskenta suoritetaan standardissa SFS-EN ISO 14067:2018 Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet annettujen ohjeiden ja vaatimusten mukaan. Laskenta suoritetaan tuotteen elinkaariarvioinnin periaatteita noudattaen, jolloin laskennassa otetaan huomioon tuotteen elinkaari raaka-aineista aina tuotteen hävittämiseen saakka.

2 Ympäristövaikutukset

Toimet ilmastonmuutoksen torjumiseksi ovat kiireellisiä ja tavoitteet tämän suhteen isoja. Suomessa tämä on sisäistetty suhteellisen hyvin.

Hiilineutraaliustavoite 2035 on globaalisti kunnianhimoinen, mutta Suomen ilmastopaneelin laskelmien mukaan mahdollinen. Jotta ilmastotavoitteet voisivat olla mahdollisia saavuttaa, täytyy siirtymän olla oikeudenmukainen ja kaikki yhteiskunnan toimijat niin yksityiset kuin yrityksetkin on pidettävä mukana. (Teini 2020.)

2.1 Ympäristövaikutusten nykytila

Hallitusten välinen ilmastonmuutospaneeli IPCC toteaa helmikuussa 2022 julkaisemassaan raportissa, että ilmastonmuutos on uhka ihmisten hyvinvoinnille. Ilmastonmuutoksen hillintätoimien lisäksi tulevaisuudessa tarvitaan entistä jyrkempiä sopeutumistoimia vallitsevaan tilanteeseen. Helleaallot, kuivuus ja metsäpalot ovat lisääntyneet ympäri maailman ja tämä vaikuttaa oleellisesti ekosysteemeihin. Lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutukset jakautuvat alueellisesti epätasaisesti. Yli kolme miljardia ihmistä asuu erittäin haavoittuvilla alueilla (IPCC 2022.)

Sekä yleinen uutisointi että yhä vakavammin sävyin esitetyt tutkimustiedot vaativat uusia ja tehokkaampia toimia kaikilta yhteiskunnan osa-alueilta, joihin myös teollisuuden toiminnot kuuluvat. Ilmastonmuutoksen hillintätoimet sekä entistä jyrkemmät sopeutumistoimet vaativat uudenlaista suhtautumista niin kansalaisilta kuin yrityksiltäkin, siten ympäristövaikutuksia koskevat tutkimukset ja ympäristövaikutusten hillintä ja vähentäminen nousevat tulevaisuudessa yhä merkittävämpään asemaan.

Ilmastonmuutos ihmisen toimien vaikutuksesta on yksi aikamme suurimmista maailmanlaajuisista kriiseistä. Ilmastonmuutos on jo nyt vaikuttanut merkittävästi maailman luonnon tilaan. Muun muassa suuri osa arktisesta jääpeitteestä on jo sulanut ja sään ääri-ilmiöt kuten tulvat ja myrskyt

vaikeuttavat ruoan tuotantoa. Jotta välttyttäisiin pahimmilta uhkakuvilta, on ilmaston lämpeneminen saatava hidastumaan tai pysähtymään.

Maailmanlaajuinen tavoite on rajata ilmaston lämpeneminen 1,5 °C:een Pariisin ilmastopöytäkirjan mukaisesti. Nykytoimilla lämpötila on kuitenkin nousemassa 2,5 °C ja tämä kehitys pitäisi saada pysäytettyä. (WWF 2022.)

2.2 Kansalliset ja kansainväliset ilmastotavoitteet

Suomen kansallisen ilmastolain mukaan Suomen on vähennettävä ilmastopäästöjään 80 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasoon nähden. Lisäksi Sanna Marinin hallitus on asettanut tavoitteeksi, että Suomi on hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivinen pian sen jälkeen. (Ympäristöministeriö 2021.)

Lisäksi Suomi on EU:n mukana sitoutunut YK:n ilmastopöytäkirjaan, sitä täydentävään Kioton pöytäkirjaan sekä Pariisin ilmastopöytäkirjaan. EU on sitoutunut vähentämään ilmastomuutosta edistävien kasvihuonekaasujen määrää vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Lisäksi EU:n tavoitteena on olla ensimmäinen hiilineutraali maanosana vuoteen 2050 mennessä. Eurooppalainen ilmastolaki astui voimaan kesällä 2021 ja lain myötä päästötavoitteet ovat laillisesti sitovia. (Euroopan parlamentti 2021.)

Tilastokeskuksen mukaan noin 11 % Suomen kasvihuonepäästöistä oli peräisin teollisuusprosesseista ja tuotteiden käytöstä. Tämä osoittaa, että teollisuus on merkittävä kasvihuonepäästöjen lähde Suomessa ja päästöjen vähennyspotentiaali on suuri, mikäli teollisuudessa otetaan kasvihuonepäästöt ja niiden vähentäminen työn alle. (Tilastokeskus 2021c.)

YK on julkaissut kestävän kehityksen tavoiteohjelman Agenda 2030, joka tähtää köyhyyden poistamisen lisäksi kestäväan kehitykseen, jossa otetaan ihminen ja ympäristö tasavertaisesti huomioon. Kestävän kehityksen tavoitteet astuivat voimaan vuoden 2016 alussa ja ovat universaaleja, eli tavoitteet koskevat kaikkia toimijoita maailmassa. Kestävän kehityksen tavoitteita on yhteensä 17,

jotka liittyvät tiiviisti toisiinsa. Periaatteena on, että yhtäkään tavoitetta ei voi tavoitella toisen tavoitteen kustannuksella. (YK 2016.)

Kansalliset ja kansainväliset ilmastotavoitteet lisäävät jatkuvasti painetta kaikilla yhteiskunnan toimialoilla tarkastelemaan toimintaa ympäristön näkökulmasta. Erityisesti ilmastopäästöt ovat tarkemman tarkastelun alla jatkuvasti. Tämän vuoksi hiilijalanjäljen sekä elinkaariarvioinnin merkitys kasvaa koko ajan. YK:n kestävän kehityksen tavoitteet ohjaavat useita yrityksiä päätöksenteossa ja myös se ohjaa yhä lisääntyvään ilmastovaikutusten arviointiin ja raportointiin.

2.3 Ympäristövaikutuksia kuvaavat. termit

Ympäristövaikutusten kuvaamiseen käytetään monenlaisia termejä ja ympäristövaikutusten laskemiseen on käytössä monia eri tapoja.

2.3.1 Hiilijalanjälki

Yleisesti käytössä oleva ympäristövaikutuksia kuvaava termi on hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan ihmisen toiminnan aiheuttamia päästöjä ilmastolle. Hiilijalanjälki voidaan laskea erikseen tuotteelle, toiminnalle, yritykselle tai organisaatiolle. (Sitra 2020.)

SFS-EN ISO 14067:2018 Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. -standardissa, joka käsittelee tuotteiden hiilijalanjälkeä sekä hiilijalanjäljen laskentaa koskevia vaatimuksia ja ohjeita, hiilijalanjälkeä kuvataan tuotejärjestelmän kasvihuonepäästöjen ja -poistumien summana, joka ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttina ja perustuu elinkaariarviointiin, jossa käytetään vain yhtä vaikutusluokkaa eli ilmastonmuutosta. Hiilijalanjäljestä käytetään lyhennettä CFP. (SFS-EN ISO 14067:2018,sivu 10)

2.3.2 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointia (LCA) käytetään kuvaamaan tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten määrittämistä ja arviointia.

Elinkaariarviointi sisältää materiaalin hankinnan, prosessoinnin ja kuljetuksen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, uudelleenkäytön, huollon, kierrätyksen ja hylkäämisen aiheuttamat ympäristöpäästöt. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2022.)

Elinkaariarviointia käytetään monimutkaisten arvoketjujen ympäristövaikutusten ymmärtämiseen. LCA eli elinkaariarviointi on ISO-standardoitu analyysimenetelmä, jolla voidaan samanaikaisesti arvioida useita ympäristövaikutuksia, jotka aiheutuvat tuotteen tai palvelun koko elinkaaren ajalta. Standardoinnista huolimatta menetelmä tarjoaa paljon liikkumatilaa analyysin tekoon, joka saattaa aiheuttaa ongelmia esimerkiksi tulosten vertailussa. Uusia ohjauskeinoja on jatkuvasti kehitteillä, jotta laskennan yhdenmukaisuus lisääntyisi. (Syke 2021.)

2.3.3 Vesijalanjälki

Vesijalanjälki kuvaa tuotteiden ja palveluiden elinkaaren aikaista vedenkulutusta sekä vaikutuksia veden laatuun ja vesistöjen tilaan. Vesijalanjälki voidaan laskea yksilöille, tuotteille, kaupungeilla ja valtioille. Vesijalanjälki sisältää suoran ja epäsuoran vedenkulutuksen. (WWF 2021b.)

Vesijalanjäljen laskemiseen on kehitetty standardoituja laskentamenetelmiä. SFS-EN ISO 14046 -standardissa määritellään periaatteet ja vaatimukset eri organisaatioille tai tuotteille vesijalanjäljen määrittämiseen elinkaariarvioinnin perusteella. Tuloksena tämän standardin avulla suoritetusta vesijalanjäljen määrittämisestä saadaan yksittäinen arvo tai profiili vaikutusindikaattoreiden tuloksista. (SFS-EN ISO 14046:2018)

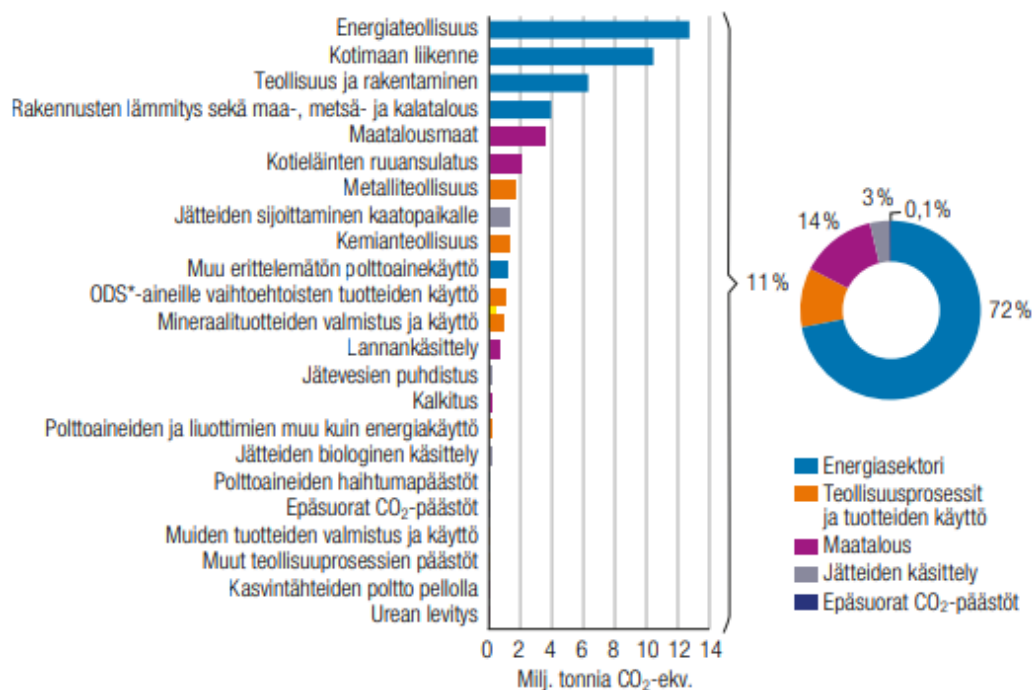
2.3.4 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki on termi, jolla tarkoitetaan tuotteen, prosessin tai palvelun ilmastohyötyjä eli päästövähennyspotentiaalia käyttäjälle. Hiilikädenjälki on positiivista ilmastohyötyä tuottava potentiaali, jolla pystyy pienentämään tuottamaansa hiilijalanjälkeä. (Sitra 2020.)

Tässä työssä keskityttiin laskemaan tuotteelle elinkaariarvioinnin mukainen hiilijalanjälki eikä työssä oteta huomioon hiilikädenjälkeä eikä tuotteen tuottamisesta syntyvää vesijalanjälkeä.

2.4 Logistiikan vaikutus ilmastopäästöistä

Logistiikka on elinehto tuotteiden toimittamisessa ja kansainvälisen sekä kansallisen kaupan onnistumisessa. Logistiikka aiheuttaa Suomen hiilidioksidipäästöistä merkittävän osan ja on näin erittäin merkittävä tekijä ilmastovaikutusten tuottamisessa ja arvioinnissa.



Kuva 1. Kasvihuonepäästöjen lähteet sektoreittain ja osuudet kokonaispäästöistä vuonna 2020. (Tilastokeskus 2021c.)

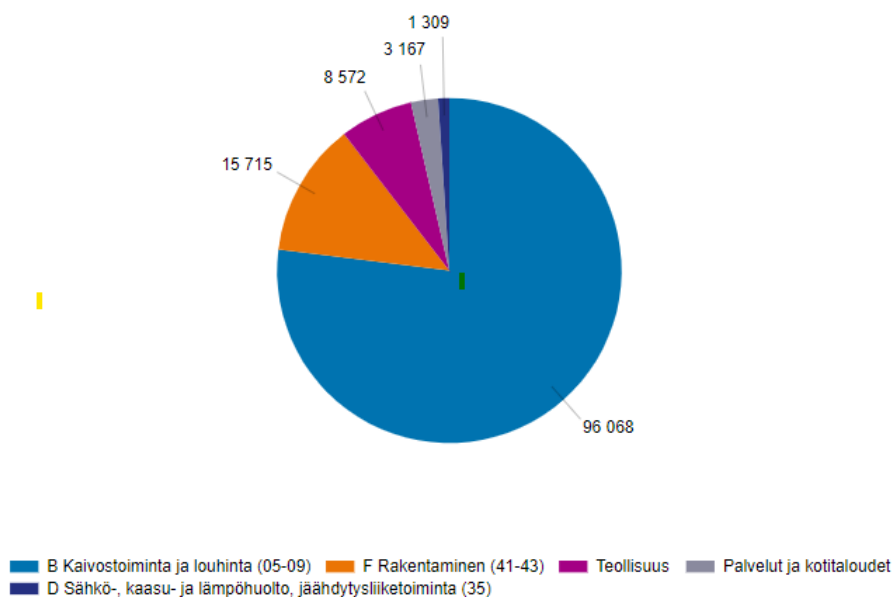
Kuvassa 1 näkyy kasvihuonepäästöjen lähteet sektoreittain vuodelta 2020. Tilastokeskuksen vuonna 2021 julkaiseman kasvihuonepäästöraportin mukaan liikenne kotimaassa aiheuttaa toiseksi eniten kasvihuonepäästöjä. Kokonaisuudessaan energiasektori, johon kuuluu logistiikan lisäksi muun muassa teollisuus, tuottaa 72 % Suomen kasvihuonepäästöistä. Logistiikan ja teollisuuden päästöt ovat siis erittäin merkittävässä osassa koko Suomen tuottamista kokonaiskasvihuonepäästöistä. (Tilastokeskus 2021c.)

Logistiikan ympäristövaikutuksia voidaan mitata monella eri tavalla. Energiatehokkuus kertoo energiankulutuksesta suhteessa kuljetetun tavarán määrään ja kuljettuun matkaan. Logistisen ekotaseen avulla pyritään mittaamaan logistisen ketjun ympäristövaikutuksia koko logistisen ketjun matkalta. Lentokuljetukset ovat selvästi ympäristöä kuormittavampia kuin vesikuljetukset. Lentorahdin ilmastovaikutukset tonnikilometrillä ovat 47 kertaa suurempia laivarahtiin nähden. (Logistiikan maailma 2022.)

Logistiikan merkitys ilmastopäästöjen aiheuttajana on tiedostettu ja jokainen kuljetuksia käyttävä voi vaikuttaa kuljetusten ilmastopäästöihin esimerkiksi valitsemalla kuljetustapoja, jotka aiheuttavat vähemmän ilmastokuormaa.

2.5 Jätteiden aiheuttamat ilmastopäästöt

Jätehuollosta syntyy noin kolme prosenttia Suomen kokonaiskasvihuonepäästöistä. Jätehuollon aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä valtaosa syntyy kaatopaikoille sijoitetusta eloperäisestä jätteestä, joka hapettomissa olosuhteissa hajotessaan tuottaa metaania. Kaatopaikkajätteen vaihtoehtoiselle sijoittamiselle haetaan jatkuvasti sovelluksia, joilla saataisiin jätehuollon aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä vähennettyä. Yksi vaihtoehto on jätteen energiakäytön lisääminen. (Ilmasto-opas.fi 2021.)



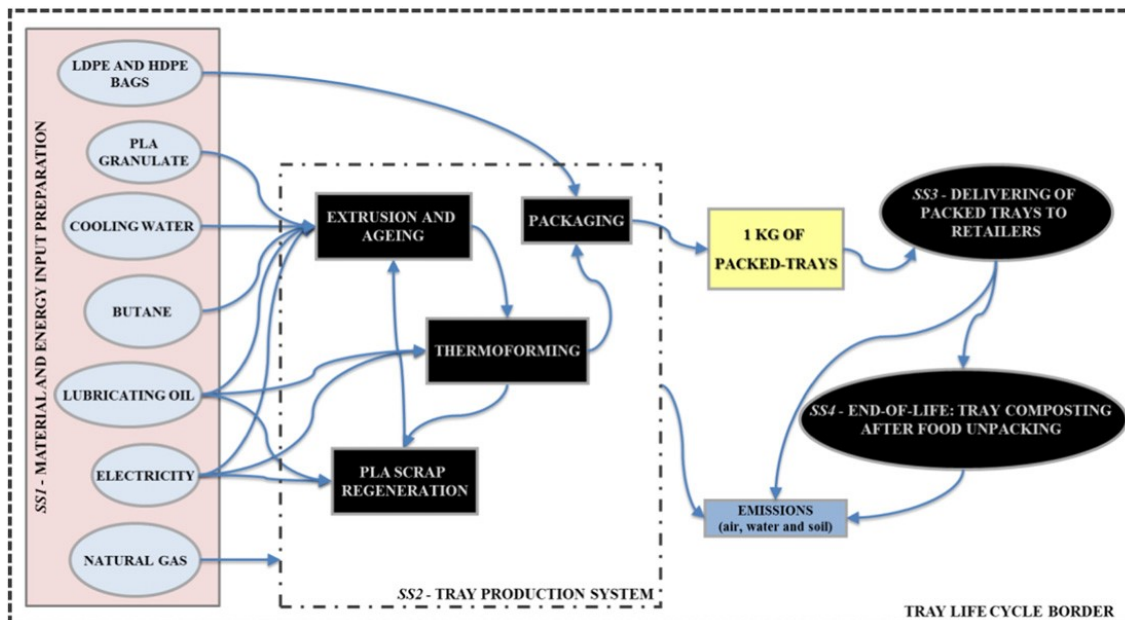
Kuva 2. Suomessa syntyneiden jätteiden määrät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2020, 1000 tonnia. (Tilastokeskus 2022b.)

Kuvassa 2 on kuvattu Suomessa syntyneiden jätteiden määrät jaoteltuna sektoreittain ja jätelajeittain. Kuvasta nähdään, että ylivoimaisesti suurin jätemäärä syntyy kaivostoiminnan seurauksena. Kaivostoiminnasta syntyvä jäte on pääasiassa mineraalijätettä, joka sijoitetaan kaatopaikoille. Mineraalijätettä syntyy myös rakentamisesta sekä rakentamisessa tarvittavien materiaalien valmistamisesta ja näin ollen mineraalijätteen osuus koko jätemäärästä on 91 %. Muiden kuin mineraalijätteen materiaalihyödyntäminen on jatkuvasti kasvussa. Vuonna 2020 muusta kuin mineraalijätteiden materiaalista saatiin hyödynnettyä 42 %. Osa muusta kuin mineraalijätteestä hyödynnetään energiana, kuten teollisuudesta syntyvä puujäte sekä muun muassa kotitalouksissa syntyvä sekajäte. (Tilastokeskus 2022b.)

2.6 Ympäristövaikutukset elintarvikkeissa ja pakkausmateriaaleissa

Pakkausmateriaalien ympäristövaikutuksista on tehty selvityksiä LCA eli elinkaarimallin avulla. Tuoreiden elintarvikkeiden säilytykseen käytettävien polylaktidista (PLA) valmistettujen astioiden elinkaariarvioinnin perusteella lasketun hiilijalanjäljen tulosten mukaan suurin osa hiilijalanjäljestä aiheutui

raaka-aineesta eli polylaktidista. Polylaktidin osuus hiilijalanjäljestä oli 61,26 %. Toinen suuri vaikutus hiilijalanjälkeen oli polylaktidin kuljetuksella raaka-ainevalmistajalta tuotteen valmistajalle, 14,33 %. (Ingrao ym. 2015, 393.)



Kuva 3. Prosessikaavio polylaktidista valmistettujen elintarvikeastioiden hiilijalanjäljen laskennasta. (Ingrao ym. 2015, 393.)

Kuvassa 3 on kuvattuna hiilijalanjäljen laskennan rajaukset polylaktidista valmistettujen elintarvikeastioiden elinkaariarvioinnissa. Hiilijalanjäljen laskennassa on otettu huomioon raaka-aineet ja niiden kuljetus, energian käyttö valmistuksen aikana, pakkaus, kuljetus asiakkaalle ja elintarvikepakkaus jätteenä käytön jälkeen. (Ingrao ym. 2015, 393.)

Elintarvikkeiden valmistus aiheuttaa suurimmat ilmastopäästöt elintarviketuotteissa. Elintarvikepakkauksen osuus elintarvikkeen ilmastovaikutuksista elinkaarianalyysin avulla tehdyssä ilmastovaikutusten arvioinnissa on todettu olevan useimmissa tapauksissa alle viisi prosenttia kokonaisilmastovaikutuksista. Pakkauksien suunnittelulla pystytään kuitenkin vaikuttamaan esimerkiksi siihen, että kotitalouksissa syntyisi mahdollisimman vähän ruokahävikkiä, joka edesauttaa ilmastovaikutusten pienenemistä. (Silvenius ym. 2011, 50.)

Pakkausmateriaalien ympäristövaikutuksia on tutkittu laajasti, jolloin kuluttajille on muodostunut kuva, että pakkausmateriaalien ympäristövaikutukset ovat merkittävässä osassa kuluttamisen ympäristöpäästöjä. Useimmille tutkituille elintarvikkeille, kuten juustolle, broilerille, kurkulle ja juustokermaperunoille, pakkauksen valmistuksen osuus arvioiduista kokonaisympäristövaikutuksista on puolesta prosentista kahteen prosenttiin. (Katajajuuri 2008.)

Poikkeuksena elintarviketuotannon pakkausmateriaalin vaikutuksesta kokonaisympäristövaikutuksiin tekee juomatuotanto. Juomatuotteiden pääraaka-aine on vesi, jolloin pakkauksen valmistuksen suhteellinen osuus elintarvikkeen tuotantoketjussa on suurempi. Esimerkiksi keskioluen valmistuksessa juomapakkausten osuus kokonaisympäristövaikutuksista on noin 20 %. (Katajajuuri 2008.)

Kuluttajapakkausjätteen ja varsinkin elintarvikepakkausten merkitys on suuri kaatopaikkajätteen muodostumisessa. Kotitalouksissa syntyvän ruokajätteen määrä on tänä päivänä jopa jonkin verran suurempi kuin vastaavista ruokapakkauksista syntyvän jätteen määrä. Vääränlaisesta materiaalista valmistettu elintarvikkeen pakkaus voi jopa edesauttaa syntyvän jätteen määrää, mikäli elintarvike pääsee vahingoittumaan. Pakkauksille pyritään löytämään se taso, jossa pakkaus suojaa tuotetta mahdollisimman hyvin niin, ettei pakkausmateriaalia käytetä ylimäärin. (Katajajuuri 2008.)

Pakkausmateriaali aiheuttaa tehtyjen tutkimusten mukaan vain pienen osan elintarvikkeen ilmastovaikutuksista. Makkarankuorella tämä osuus on todennäköisesti hyvin pieni, koska makkaranvalmistuksessa käytetyn lihan ilmastovaikutus on suuri verrattaessa kasvipohjaisiin elintarvikkeisiin. Makkaranvalmistuksessa käytetyn kuitu- tai muovisuolen lisäksi tarvitaan joissakin tapauksissa myös erikseen kuluttajapakkaus, joten makkaranvalmistuksessa käytetty pakkausmateriaali ei ole ainoa ilmastopäästöjä aiheuttava pakkausmateriaali makkaran valmistuksessa ja myynnissä.

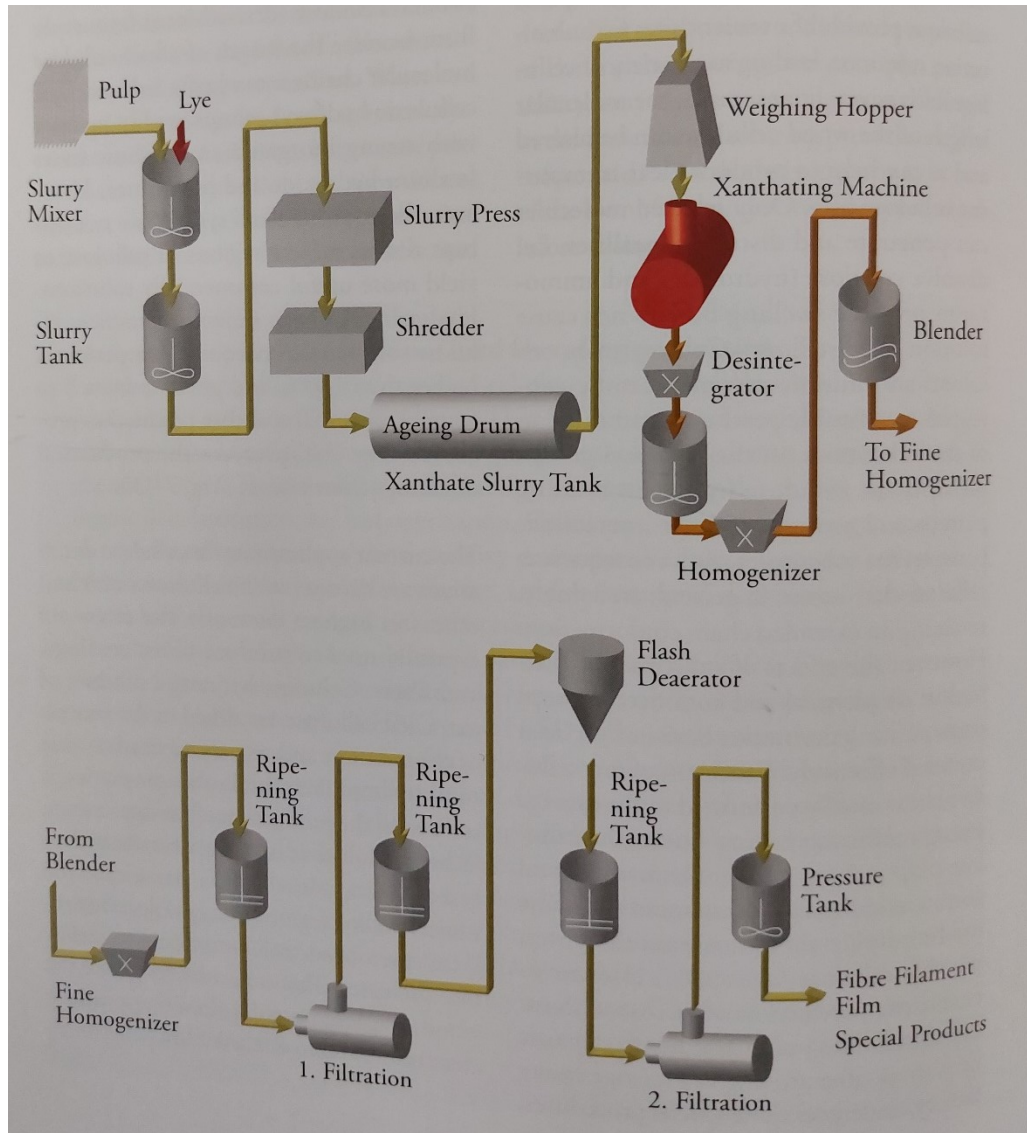
3 Kuitusuolen ja muovisuolen valmistusprosessi

Makkaranvalmistuksessa käytetään pakkausmateriaalina erityyppisiä keinotekoisia sekä luonnollisia suolia. Jotkut suolet ovat makkaran suojana valmistuksesta aina myyntiin ja syöntiin saakka, toiset kuoritaan makkaran ympäriltä jo tuotteen valmistusvaiheessa eikä niitä ole ollenkaan näkyvissä kuluttajalle asti. (Savic & Savic 2016, 48-49.)

3.1 Kuitusuoli

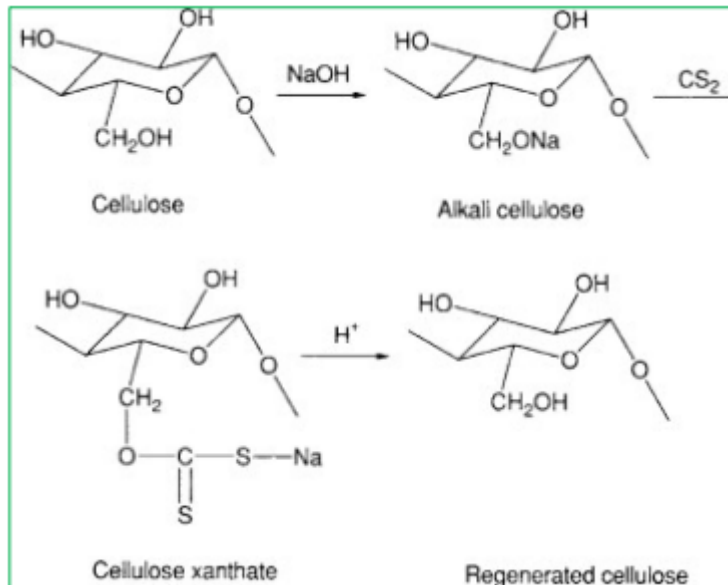
Kuitusuoli on tuote, jota käytetään elintarviketeollisuudessa lähinnä makkaranvalmistuksessa makkarankuorena. Kuitusuoli koostuu selluloosasta sekä kuitupaperista, jotka yhdessä muodostavat erittäin kestävästä ja kosteutta läpäisevän kuoren makkaraille. Kuitusuolta käytetään makkarateollisuudessa esimerkiksi savustettavien keittomakkaroiden, kinkkujen ja kestromakkaroiden kuten pepperoni tai salami, valmistuksessa. Kuitusuoli on erittäin kaliiberitarkkaa, joten siksi kuitusuolta käytetään paljon siivutettavien tuotteiden valmistuksessa. (Casmoo Oy 2022.)

Kuitusuolen valmistuksen oleellinen osa on viskoosin valmistus. Viskoosia valmistetaan selluloosasta, natriumhydroksidista sekä rikkihiilestä. Viskoosinvalmistuksessa käytettävä selluloosa on yleensä valmistettu puusta, esimerkiksi pyökistä, tammesta, eukalyptuksesta tai männystä. Selluloosan on oltava hyvin puhdasta viskoosinvalmistuksessa, yleensä selluloosapitoisuus on yli 99 prosenttia. Viskoosinvalmistuksessa selluloosaa käsitellään natriumhydroksidiliuoksella ja tämän seoksen käsittely rikkihiilellä muodostaa selluloosan ksantaattimuodon, jolloin saadaan aikaan metastabiili oranssi neste, jota kutsutaan viskoosiksi. (Savic & Savic 2016, 308-309.)



Kuva 4.Viskoosiprosessi selluloosasta kuitusuolen tuotantoon saakka. (Savic & Savic 2022,308.)

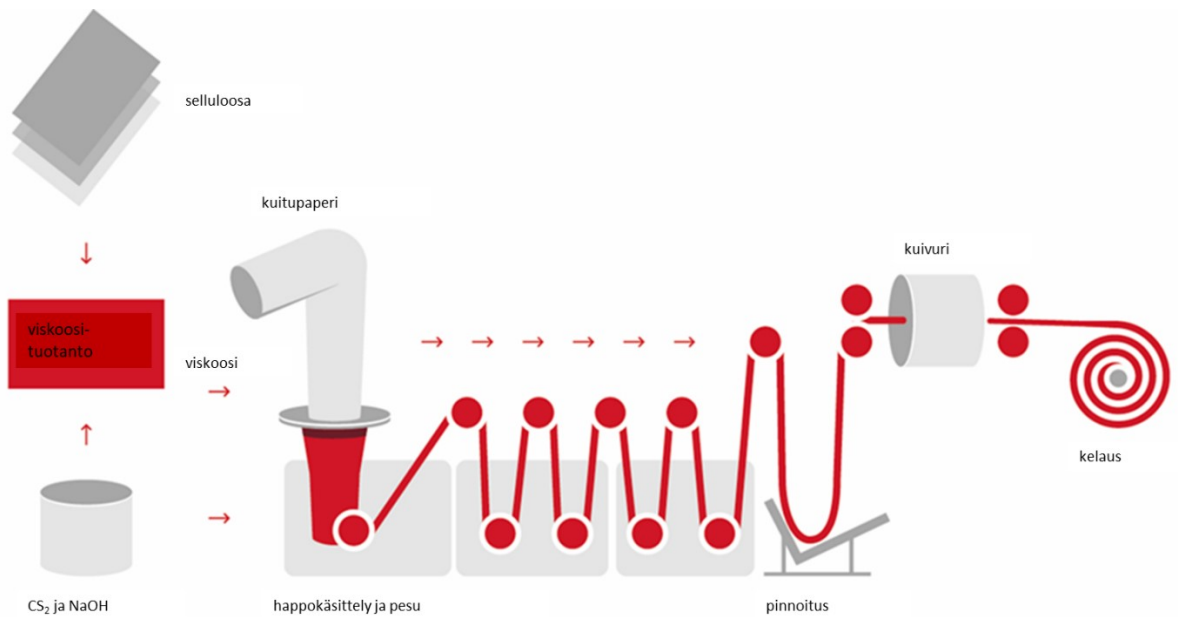
Kuvassa 4 on kuvattu kuitusuolen valmistukseen liittyvän viskoosin valmistusprosessi. Raaka-aineina prosessissa ovat selluloosa, natriumhydroksidi sekä rikkihiili. Lopputuloksena saadaan liukoisessa muodossa olevaa selluloosaa, jota kutsutaan viskoosiksi. (Savic & Savic 2016, 308-309.)



Kuva 5. Kemialliset reaktiot viskoosinvalmistuksen aikana. (Biswas 2020.)

Viskoosin valmistuksen aikana selluloosa muuttuu kuvassa 5 esitetyllä tavalla ensin alkaliselluloosaksi, jonka jälkeen muodostuu reaktiosta rikkihiilen kanssa selluloosa ksantaatti ja myöhemmin tämä regeneroituu hapon vaikutuksesta regeneroiduksi selluloosaksi. (Biswas 2020.)

Kuitusuolen valmistuksessa käytetään kuitupaperia, jonka valmistukseen käytetään pitkäkuituista puulajia, esimerkiksi abacaa. Kuitupaperi muodostaa sidoksia regeneroidun selluloosan kanssa, kun kuitupaperia ja ksantaattimuodossa olevaa selluloosaa eli viskoosia yhdistetään kuitusuolen valmistuksessa. Kun viskoosi ja kuitupaperi on yhdistetty, tuote regeneroidaan eli ksantaattiryhmät poistetaan tuotteesta. Tämän jälkeen tuote puhdistetaan ja kuivataan. (Savic & Savic 2016, 314-315.)



Kuva 6. Kuitusuolen valmistusprosessi Viskoteepakin Hangon tehtaalla. (Oy Viskoteepak Ab 2022.)

Kuvassa 6 on kuvattu kuitusuolen valmistusprosessi. Kuitusuolen valmistuksessa viskoosi yhdistetään kuitupaperiin, jonka jälkeen viskoosi regeneroidaan takaisin kiinteäksi selluloosaksi. Tämän jälkeen tuote pestään sekä kuivataan. Lisäksi tuotteeseen lisätään glyserolia, joka toimii tuotteen pehmentimenä. Tämän lisäksi tuotteeseen voidaan lisätä pinta-aktiivisia ainesosia parantamaan kuitusuolen sisäpinnan ominaisuuksia.

Valmis kuitusuoli sisältää noin 50 % selluloosaa ja 20–30 % pitkäkuituista kuitupaperia. Lisäksi pehmentintä esimerkiksi glyserolia on valmiissa kuitusuolella noin 20 prosenttia. Lisäksi kuitusuoli sisältää vettä, mahdollista väripigmenttiä sekä mahdollista vaikuttavaa ainetta, joka antaa kuitusuolelle erilaisia ominaisuuksia kuten tarttuvuutta tai irtoavuutta. (Savic & Savic 2016, 315.)

Koostumus	väritön tai vähän pigmenttiä sisältävä suoli	paljon pigmenttiä sisältävä suoli (esim. valkoinen)
regeneroitu selluloosa	50 %	40 -45 %
vahvike (hamppupaperi, pitkäkuituinen materiaali)	20 - 30 %	20 -25 %
pehmenin (esim. glyseroli)	20 %	20 %
vesi	5 - 10 %	5 -10 %
väripigmentti	0,5 -5 %	5 -15 %
tarttuvuutta tai irtoavuutta parantava esikäsitteilylios	< 1%	< 1%

Kuva 7. Kuitusuolen tyypillinen koostumus. (Savic & Savic 2016, 315.)

Kuvassa 7 on kuvattu tyypillinen kuitusuolen koostumus. Tämä koostumus on yleinen ja vaihtelua koostumuksessa voi olla tuotekohtaisesti ja eri valmistajien välillä.

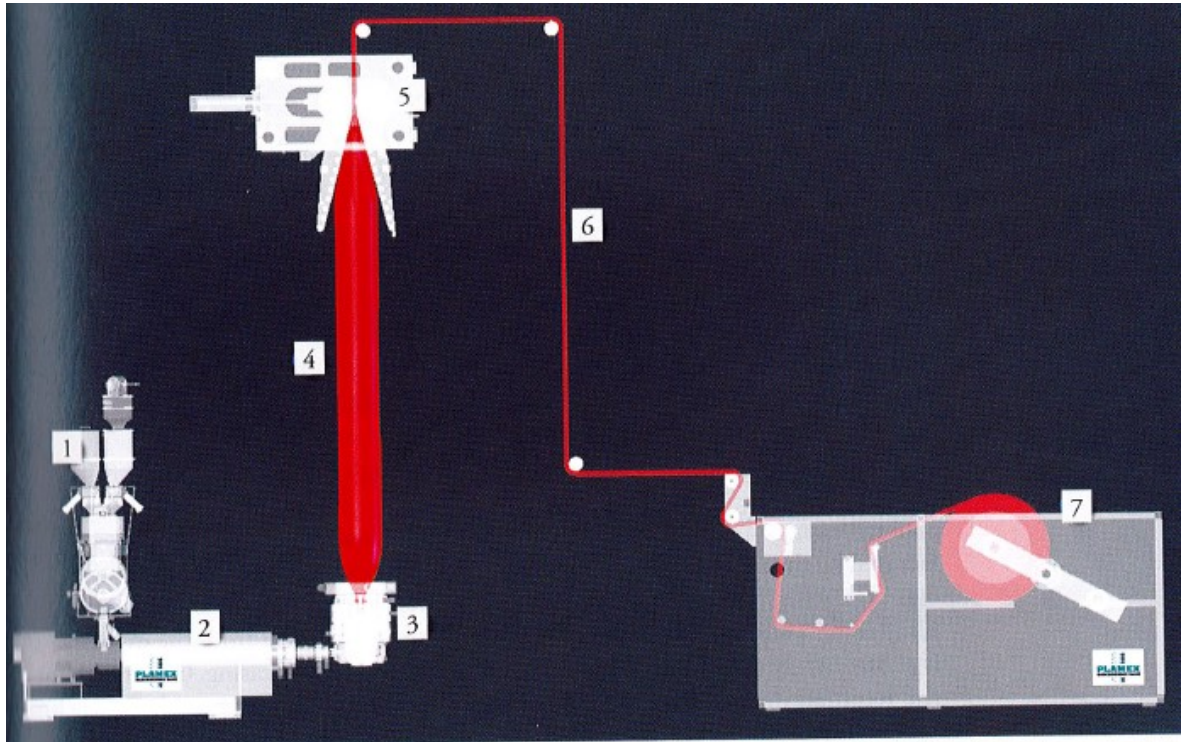
Kuitusuolen hajoamista käytön jälkeen on tutkittu ja erilaisia tutkimuksia on tehty, jotta kuitusuolen hajoamista saataisiin edistettyä ja kuitusuolta jätteenä saataisiin hyödynnettyä. Tutkimuksia, joissa kuitusuolta on yritetty saada hajoamaan glukosiksi eri tavoilla, on tehty, mutta toistaiseksi ei ole löydetty keinoa, jolla hajoamista tai käyttöä esimerkiksi biokaasun tuotannossa saataisiin tehtyä kaupallisesti kannattavassa mittakaavassa. (Savic & Savic 2016, 341.)

3.2 Muovisuoli

Muovisuolia käytetään kuitusuolen tapaan pääasiassa makkaranvalmistuksessa elintarviketeollisuudessa. Muovisuoli läpäisee kosteutta ja savua kuitusuolta heikommin ja siksi käyttökohteet näillä tuotteilla ovat hieman erilaiset.

Muovisuolia valmistetaan useista eri polymeereistä. Yksi tärkeimmistä valmistuksessa käytettävistä polymeereistä on polyeteeni (PE). Polyeteeni on yksi yleisimmistä elintarvikepakkausissa käytettävistä polymeereistä. Polyeteeni toimii erittäin hyvänä suojana elintarvikkeille ja se on suhteellisen edullinen raaka-aine. Muovisuolen valmistuksessa käytetään usein eri polymeerien seoksia. Tärkeitä ominaisuuksia raaka-aineen valinnassa muovisuolen valmistuksessa ovat mekaaniset ominaisuudet kuten vetolujuus,

kestävyys ja tiheys. Muovisuolen on oltavaa kestävä ja sen on kestävä painetta käytön aikana. Lisäksi tiheys on olennainen ominaisuus, jotta muovisuoli on mahdollisimman kevyttä. (Savic & Savic 2016, 368.)



Kuva 8. Muovisuolen valmistusprosessi Plamex Machinebau. (Savic & Savic 2016, 373.)

Kuvassa 8 on kuvattu muovisuolen valmistusprosessi. Valmistusprosessin ovat polymeeriseoksen valmistus, sulan polymeerimassan pursotus oikeaan muotoon sekä jäähdytys. Polymeerit toimitetaan suolitehtaalle yleensä pelletteinä ja polymeeriseoksen valmistuksessa seokseen voidaan polymeerien lisäksi lisätä myös lisäaineita, esimerkiksi stabilointiaineita tai väripigmenttiä. Ekstruusio eli pursotusvaiheessa polymeerimassa sulatetaan ja muotoillaan oikeaan eli tuubimaiseen muotoon. Joissakin sovelluksissa ensimmäisen pursotuksen lisäksi pursotetaan myös toinen kerros polymeerimassaa. Tämän jälkeen valmiiksi muotoiltu muovisuoli jäähdytetään ja rullataan valmiiksi tuotteeksi. (Savic & Savic 2016, 374.)

4 Hiilijalanjäljen laskentaa ohjaavat standardit

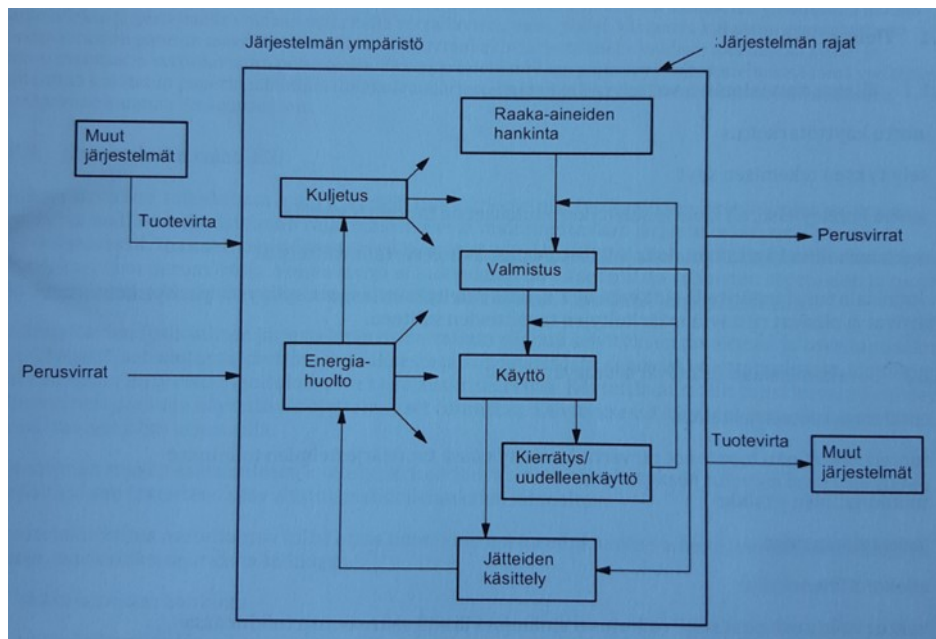
Hiilijalanjäljen laskentaan on laadittu ohjeistuksia ja standardeja, jotta laskenta oli yhdenmukaista ja toistettavaa. Tätä työtä ohjaavat standardit ja ohjeet ovat SFS-EN ISO 14067:2018, joka käsittelee tuotteiden hiilijalanjäljen laskemista koskevia vaatimuksia ja ohjeita. SFS-EN ISO 14044:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja., joka käsittelee elinkaariarvioinnin vaatimuksia ja suuntaviivoja sekä SFS-EN ISO 14040:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Lisäksi työn tekemisessä on tutustuttu British Standard Institutionin julkaisemaan PAS 2050-spesifikaatioon, joka käsittelee tuotteiden ilmastovaikutusten määrittämistä elinkaarimallin mukaisesti. GHG-protokolla on yksi käytetyimmistä ilmastovaikutusten laskentatavoista maailmanlaajuisesti ja myös tähän ohjeistukseen on työn tekemisessä tutustuttu.

4.1 ISO-standardit

SFS-EN ISO 14067 standardi määrittelee hiilijalanjäljen laskemista ja raportointia koskevat periaatteet ja vaatimukset. Lisäksi standardissa annetaan hiilijalanjäljen laskemista koskeva ohjeistus tavalla, joka on johdonmukainen elinkaariarviointia koskevien standardien kanssa. Tässä standardissa käsitellään vain yhtä vaikutusluokkaa eli ilmastonmuutosta. (SFS-EN ISO 14067:2018, 10.)

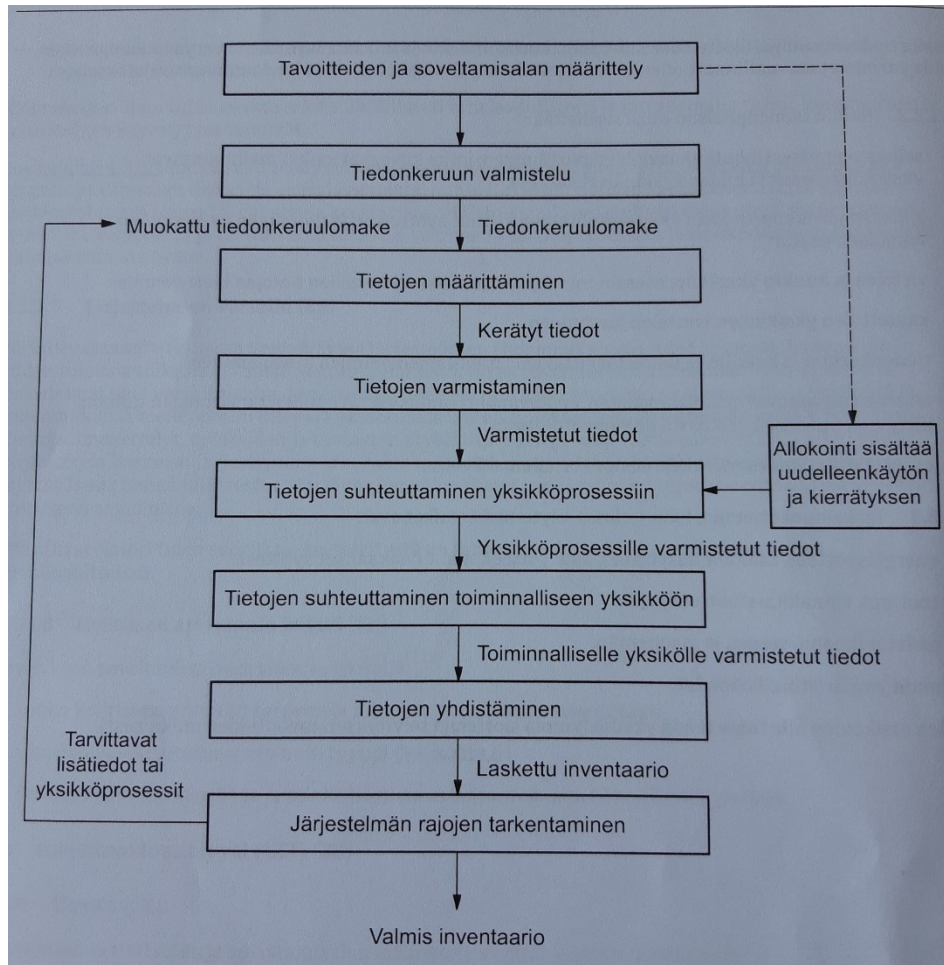
ISO 14067 standardin periaatteena on, että hiilijalanjäljen laskennassa otetaan huomioon tuotteen koko elinkaari. Elinkaari pitää sisällään raaka-aineiden hankinnan, suunnittelun, tuotannon, kuljettamisen tai toimittamisen, käytön ja loppukäsittelyn. Hiilijalanjälki lasketaan toiminnallista yksikköä kohti, eli hiilijalanjälki lasketaan suhteessa toiminnalliseen yksikköön. Periaatteena on myös, että selvityksessä painotetaan luonnontieteitä ja että laskenta suoritetaan mahdollisimman täydellisesti, johdonmukaisesti, tarkasti ja läpinäkyvästi. (SFS-EN ISO 14067:2018, 20–21)

Standardeissa SFS-EN ISO 14040:2006 ja SFS-EN ISO 14044:2006 käsitellään elinkaariarviointia eri näkökulmista. Nämä standardit antavat suuntaviivoja elinkaarimallin käytöstä hiilijalanjäljen laskennassa. Standardeissa kerrotaan elinkaariarvioinnin eri vaiheista, keskeisistä piirteistä ja vaatimuksista elinkaariarvioinnin suorittamisessa. Elinkaariarviointi on hyödyllistä esimerkiksi tuotteiden ympäristövaikutusten tunnistamisessa elinkaaren eri vaiheista. (SFS-EN ISO 14040:2006, 9)



Kuva 9. Esimerkki tuotejärjestelmästä elinkaariarviointia varten. (SFS-EN ISO 14040:2006, 18.)

Standardissa ISO 14040:2006 on kuvattu esimerkkinä tuotejärjestelmästä elinkaariarviointia varten. Kuvasta 9 käy hyvin ilmi, mitä kaikkea tietoa tulisi huomioida elinkaariarvioinnissa.



Kuva 10. Yksinkertaistetut inventaarioanalyysimenettelyt. (SFS-EN ISO 14044:2006, 23.)

Standardissa ISO 14044:2006 on kuvattu elinkaariarvioinnin eri vaiheita inventaarioanalyysimenettelyn avulla. Kuvasta 10 selviää, mitä vaiheita elinkaariarviontiin kuuluu.

Tässä työssä hiilijalanjälkilaskentaa on suoritettu elinkaariarviomallin mukaisesti edellä mainittujen standardien ohjeita ja vaatimuksia noudattaen.

4.2 PAS 2050

PAS 2050 (Public Available Standard) on BSI:n eli British Standards Intituten julkaisema standardi, joka on suunniteltu tuotteiden elinkaaren aikaisten kasvihuonepäästöjen selvitykseen. Tämän standardin rahoittajina ovat toimineet Carbon Trust ja Defra (Department for Environment, Food and Rural Affairs). (BSI 2011, 2.)

Tämän standardin kohderyhmänä ovat kaikenlaiset yritykset ja yritysten tuottamat tuotteet. Tarkoituksena on tarjota yksinkertainen ja johdonmukainen laskentamalli yrityksille tuotteiden ja palveluiden kasvihuonepäästöjen määrittämiseen elinkaarimallin avulla. (BSI 2011,4.)

Ensimmäinen versio PAS 2050 -standardista julkaistiin vuonna 2008 ja seuraava versio vuonna 2011. Tätä standardia pidetään ensimmäisenä standardina, joka on otettu käyttöön kansainvälisesti tuotteiden hiilijalanjäljen määrittämisessä. (Schryver ym. 2022.)

4.3 GHG-protokolla

Greenhouse Gas Protocol on World Resources Institute (WRI) ja the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) yhteistyössä kehittämä standardoitu järjestelmä julkisille ja yksityisille toimijoille mitata ja hallinnoida kasvihuonekaasupäästöjään. GHG-protokollan mukaista laskenta- ja hallinnointitapaa käyttävät yritykset, kaupungit, valtiot ja yhdistykset ympäri maailman. (GHG Protocol 2022a.)

GHG protokolla on kehittänyt standardoidun ohjeistuksen hiilijalanjäljen laskentaan tuotteille. Standardoituja ohjeistuksia on kehitetty myös muille toimijoille ja muihin toimintoihin kuin tuotteiden valmistukseen, muun muassa kaupungeille, valtioille ja projekteille. GHG-protokollan mukaisissa standardeissa päästölähteet on jaoteltu kolmeen eri luokkaan, luokka 1, luokka 2 ja luokka 3. Luokka 1 kattaa organisaation omasta energiantuotannosta sekä omista ja hallinnoimista kiinteistöistä sekä ajoneuvoista syntyvät suorat päästöt.

Luokka 2 käsittää ostoenergian, kuten sähkön, lämmön ja jäähdytyksen, eli epäsuorat päästöt. Muut yrityksen tai organisaation toiminnasta syntyvät epäsuorat päästöt sisältyvät luokkaan 3. (GHG protocol. 2022b, 4.)

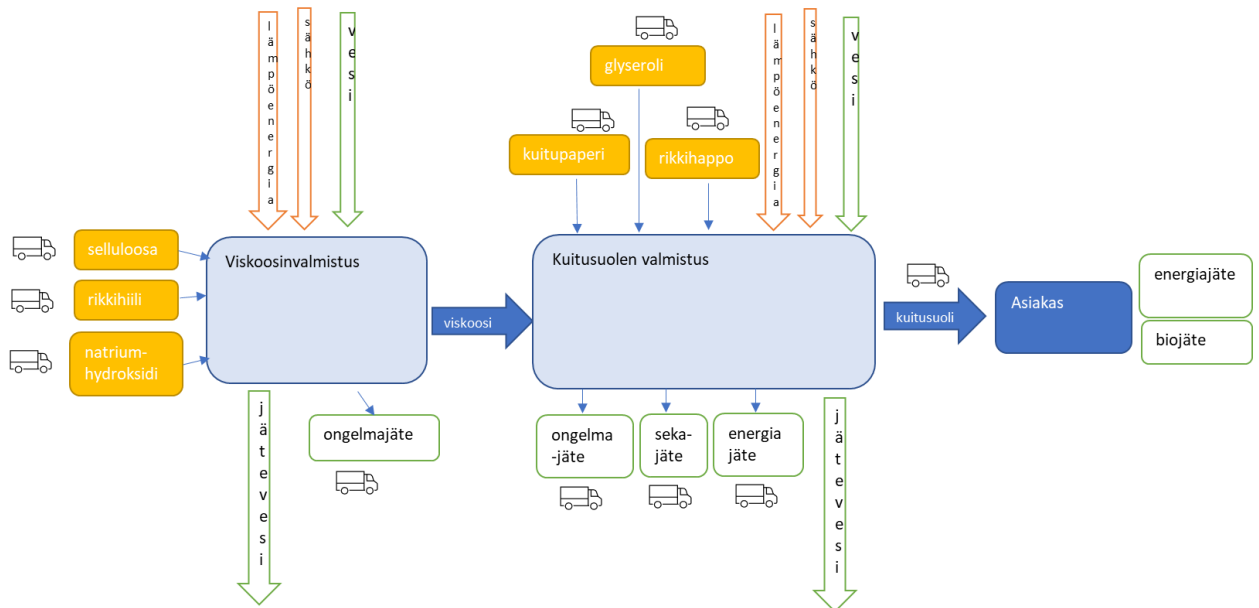
GHG protokollan mukaisen hiilidioksidipäästöjen laskennan kahden ensimmäisen osan eli luokkien 1 ja 2 laskenta on melko suoraviivaista ja tiedot laskentaa varten saadaan yleisesti yritysten omista lähteistä. Lisäksi näihin päästöihin on yrityksen itse mahdollista vaikuttaa, koska luokkien 1 ja 2 päästöt syntyvät suoraan yrityksen oman toiminnan seurauksena. Luokan 3 päästöt, jotka syntyvät epäsuoran toiminnan seurauksena, on vaikeammin rajattavissa ja niihin yrityksillä itsellään on vähemmän vaikutusvaltaa. Esimerkkejä luokan 3 päästöistä ovat esimerkiksi jätehuolto, materiaalien hankinnasta syntyvät päästöt ja logistiikka. (GHG protocol 2022b, 8.)

GHG-standardoinnin mukainen ympäristövaikutusten ilmoittaminen on tällä hetkellä yleisin tapa ilmoittaa yrityksen ympäristövaikutukset. GHG protocol tarjoaa laskennan ja raportoinnin tueksi standardien lisäksi työkaluja ja koulutusta laskennan edistämiseksi. (GHG Protocol 2022a.)

5 Kuitu – ja muovisuolen inventaarioanalyysi

Hiilijalanjalan laskenta kuitu- ja muovisuolelle toteutettiin elinkaarimallin avulla, jossa laskennassa otettiin huomioon raaka-aineet ja niiden kuljetus tehtaalle, energiankulutus tuotteen valmistuksessa, jätehuolto tuotteiden valmistuksen aikana, työntekijöiden työmatkat sekä liikematkustaminen, valmiin tuotteen kuljetus asiakkaalle sekä tuotteen hävitys käytön jälkeen. Tuote toimii käytössä makkaranvalmistuksessa makkarankuorena, eikä tuote näin ollen aiheuta ympäristöpäästöjä käytön aikana, joten käytön aikaisia päästöjä ei laskennassa huomioitu.

5.1 Kuitusuolen hiilijalanjalan laskenta



Kuva 11. Prosessikaavio kuitusuolen hiilijalanjalan laskentaa varten.

Kuvassa 11 on kuvattu kuitusuolen prosessi hiilijalanjalan laskentaa elinkaariarvioinnin lähtökohdasta. Kuvassa on kuvattu työntekijöiden työmatkoja ja liikematkustamista lukuun ottamatta kaikki hiilijalanjalan laskennassa huomioon otetut parametrit. Koko laskenta tehtiin vuoden 2021 tiedoilla ja hiilijalanjalkei laskettiin tuotettua kuitusuolikilometriä kohden.

5.2 Raaka-aineet

Kuitusuolen valmistuksessa tarvittavan viskoosin valmistukseen käytetään selluloosaa, natriumhydroksidia ja rikkihiiltä. Lisäksi kuitusuolen valmistuksessa käytetään rikkihappoa, kuitupaperia ja glyserolia. Näiden raaka-aineiden lisäksi prosessissa käytetään apuaineita, joiden määrät ovat pääraaka-aineisiin nähden hyvin pienet.

Raaka-aineiden ympäristövaikutusten selvittämisessä käytettiin lähteenä kirjallisuutta ja tietokantoja. Tietoja kuitusuolen raaka-aineiden ympäristövaikutuksista kysyttiin myös raaka-ainevalmistajilta suoraan, mutta nämä kyselyt eivät tuottaneet tulosta. Raaka-ainevalmistajilla ei ollut suoraa tietoa yksittäisten tuotteiden ympäristövaikutuksista. Koska tietoja ei saatu raaka-ainetoimittajilta suoraan, raaka-aineiden ympäristövaikutukset selvitettiin kirjallisuuden ja tietokannan avulla. Tietokantana käytössä oli EcoInvent-tietokanta.

Laskennassa huomioitiin pääraaka-aineet. Myös apuaineina prosessissa toimivien raaka-aineiden ympäristöpäästöt laskettiin, mutta niiden todettiin olevan niin pieniä, että niitä ei huomioitu lopullisessa laskennassa.

5.2.1 Selluloosa

Selluloosa toimitetaan Hangon tehtaalle suoraan selluloosavalmistajalta ja selluloosa kuljetetaan tehtaalle rekalla. Selluloosan ympäristövaikutuksia tiedusteltiin suoraan selluloosan valmistajalta, mutta valmistaja ei ole määritellyt yksittäisten tuotteidensa ympäristövaikutuksia, joten selluloosan ympäristövaikutukset selvitettiin kirjallisuuden ja tietokannan avulla.

5.2.2 Kuitupaperi

Kuitupaperi toimitetaan Hangon tehtaalle merikuljetuksella sekä rekalla. Kuitupaperin ympäristövaikutuksia kysyttiin suoraan kuitupaperin valmistajalta,

mutta valmistajalla ei ollut toistaiseksi tietoa kuitupaperin ympäristövaikutuksista. Valmistajalla on selvitys ympäristövaikutuksista menossa, mutta tuloksia ei saatu käyttöön tätä työtä tehtäessä. Kuitupaperille ei löytynyt kirjallisuudesta tai tietokannasta suoraan tietoa ympäristökuormasta. Paperille yleisesti tietoa löytyi useammastakin lähteestä. Kuitusuolen hiilijalanjäljen laskennassa käytettiin kuitupaperin ympäristövaikutuksia kuvaamaan EcoInvent-tietokannasta löytynyttä paperin ominaislämmitysvaikutusta. Tämä arvo ei varmastikaan ole täysin oikea kuvaamaan kuitupaperin ominaislämmitysvaikutusta, koska kuitupaperin valmistuksessa käytetyt raaka-aineet eroavat osittain paperin valmistuksen raaka-aineista. Tässä työssä kuitenkin todettiin, että tietokannasta löytynyt arvo kuvaa tällä hetkellä parhaiten kirjallisuudesta löytyneistä arvoista kuitupaperin ominaislämmitysvaikutuksia. Kuitusuolen hiilijalanjäljen laskentaa voi tulevaisuudessa tarkentaa, mikäli kuitupaperille on saatavissa tarkempi arvo ominaislämmitysvaikutuksesta.

5.2.3 Rikkihiili

Rikkihiili toimitetaan Hangon tehtaalle rekalla ja rikkihiilen vaikutus kuitusuolen hiilijalanjälkeen laskettiin käyttämällä EcoInvent-tietokannasta löytyvää arvoa rikkihiilen ominaislämmitysvaikutuksesta. Rikkihiilen aiheuttamia rikkikaasupäästöjä hillitään Hangon tehtaalla olevalla biologisella ilmanpuhdistuslaitoksella. Ilmanpuhdistamon aiheuttamaa päästökuorman vähennystä ei otettu hiilijalanjäljen laskennassa huomioon.

5.2.4 Rikkihappo

Rikkihappo toimitetaan Hangon tehtaalle noin 95 % väkevänä liuksena. Rikkihappo toimitetaan rekalla. Rikkihappoa valmistetaan sivutuotteena metallinvalmistuksen rinnalla. Sivutuotteena valmistetulle rikkihapolle ei ole eritelty valmistajan toimesta ympäristövaikutuksia, joten rikkihapon ominaislämmitysvaikutus etsittiin kirjallisuudesta ja tietokannasta. Rikkihapon

ominaislämmitysvaikutuksia löytyi useasta eri lähteestä kirjallisuudesta, mutta tähän työhön valittiin ominaislämmitys EcoInvent-tietokannasta, koska tietokannan rikkihappo on valmistettu Euroopassa kuten Hangon kuitusuolitehtaallakin käytetty rikkihappo on valmistettu Euroopassa.

5.2.5 Natriumhydroksidi

Natriumhydroksiditoimittajia Hangon tehtaalle on useita. Kaikilta toimittajilta natriumhydroksidi toimitetaan Hangon tehtaalle rekalla ja se toimitetaan 50 prosenttina vesiliuoksena. Tässä työssä laskettiin natriumhydroksidin kuljetusmatkat näiden toimittajien etäisyyksien keskiarvona. Natriumhydroksidin valmistajilta ei saatu tietoa heidän toimittamansa tuotteen ympäristövaikutuksista, joten natriumhydroksidin ominaislämmitysvaikutus etsittiin kirjallisuudesta ja EcoInvent-tietokannasta. Tässä työssä laskennassa käytettiin tietokannan arvoa natriumhydroksidin ominaislämmitysvaikutuksesta. Natriumhydroksidin ympäristövaikutuksista ja ominaislämmitysvaikutuksesta löytyi erittäin vaihtelevaa tietoa kirjallisuudesta. Esimerkiksi artikkelissa Life Cycle Assessment of Sodium Hydroxide, joka on julkaistu vuonna 2013 Australian Journal of Basic and Applied Sciences, natriumhydroksidin ominaislämmitysvaikutukseksi oli saatu 0,6329 kg CO₂-eq/ kg. Kun taas artikkelissa Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts, joka on julkaistu vuonna 2015 Energy & Environmental Science-lehdessä, natriumhydroksidin ominaislämmitysvaikutukseksi on mainittu 1,03 kg CO₂-eq/ kg. Natriumhydroksidia on erittäin merkittävä raaka-aine kuitusuolen valmistuksessa ja sen vaikutus kuitusuolen hiilijalanjälkeen on merkittävä. Natriumhydroksidin ominaislämmitysvaikutuksen erot eri lähteistä aiheuttavat epävarmuutta kuitusuolen hiilijalanjäljen laskennassa. Tämä ongelma on olemassa myös muiden raaka-aineiden kohdalla, mutta natriumhydroksidilla tämä korostuu, koska kuitusuolen valmistuksessa käytettävä määrä on erittäin suuri.

5.2.6 Glyseroli

Glyserolitoimittajia Hangon tehtaalle on useita. Kaikilta toimittajilta glyseroli toimitetaan Hangon tehtaalle rekalla. Tässä työssä glyserolin kuljetuksen ympäristövaikutukset laskettiin käyttämällä toimittajien etäisyyksien keskiarvona. Glyserolin ympäristövaikutukset riippuvat paljon siitä, miten ja mistä lähtöaineesta glyseroli valmistetaan. Glyserolin aiheuttama hiilijalanjälki laskettiin käyttämällä EcolInvent-tietokannasta saatua ominaislämmitysvaikutusta.

5.2.7 Raaka-aineiden kuljetukset tehtaalle

Kaikkien raaka-aineiden kuljetuksesta Hangon tehtaalle laskettiin ympäristövaikutukset ottamalla huomioon kulkuvälineen polttoaineen kulutuksesta aiheutuneet päästöt sekä polttoaineen valmistuksesta aiheutuneet päästöt. Polttoaineiden kulutustiedot saatiin VTT:n Lipasto Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmän tietokannasta. Polttoaineiden tuotannon hiilidioksidipäästöt saatiin Tilastokeskuksen polttoaineluokitus-tietokannasta.

5.3 Sähkö ja lämmitys

Hangon tehtaan lämmitys ostetaan ulkopuoliselta toimijalta, joka tuottaa lämpöenergian puuhakkeella. Puuhake on määritelty biopolttoaineeksi, jonka hiilidioksidipäästöjä ei lasketa Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästö määrään. Puuhake on biomassaa, jonka nollapäästöisyys on lähtöisin YK:n ilmastopöytäkirjasta. Nollapäästöisyys energiantuotannossa perustuu EU:n lainsäädäntöön. Puusta tuotetun biomassan päästöt lasketaan Suomen hiilidioksidipäästöihin maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektorilla, eli biomassan hiilidioksidipäästöjä ei tarvitse huomioida energiankäytössä. (Ympäristöministeriö 2022.)

Hangon tehtaan sähkönkulutus otettiin huomioon hiilijalanjäljen laskennassa. Sähkönkulutus huomioitiin vuoden 2021 kokonaiskulutuksena. Sähkötuottaja on ilmoittanut nettisivuillaan tuottamansa sähkön hiilidioksidominaispäästökertoimen, jota on käytetty kuitusuolen hiilijalanjätkilaskelmassa.

5.4 Jätehuolto

Hangon tehtaalla syntyviä jätteitä lajitellaan useisiin jätekatgorioihin. Prosessissa syntyy eniten vaarallista jätettä, energiajätettä sekä sekajätettä. Lisäksi jätettä lajitellaan puujätteeseen ja biojätteeseen. Näiden lisäksi pieniä määriä elektroniikkajätettä sekä kemikaalijätettä syntyy tehtaan eri toimintojen seurauksena.

Hiilijalanjäljen laskennassa on huomioitu eri jätelajit ja niiden kuljetukset jätteenhuoltoon tai kierrätykseen. Laskennassa on huomioitu eri jätelajien kuljetus eri jätteenkäsittelypisteisiin sekä eri jätelajien tuottama ympäristövaikutus. Jätteiden kuljetusten aiheuttamat hiilidioksidipäästöt on laskettu raaka-ainekuljetuksia vastaavalla tavalla. Hiilijalanjäljen laskemisessa jätettiin huomiomatta elektroniikkajäte sekä kemikaalijäte, koska niitä syntyi vuositasolla niin pieniä määriä, että niiden vaikutus kokonaishiilijalanjäljestä oli erittäin pieni.

Eri jätelajien ilmastovaikutusten laskennassa käytettiin WWF:n ilmastolaskurissa olevia kertoimia eri jätelajien käsittelystä Suomessa. Ilmastolaskurista löytyvät jätelajien ilmastokertoimet ovat saatu henkilökohtaisella tiedonannolla Helsingin seudun ympäristöpalveluilta, joten nämä kertoimet varmasti kuvaavat myös muuta Uudenmaan aluetta, johon Hanko kuuluu. (WWF 2021a)

5.5 Työmatkaliikenne ja liikematkustaminen

Kuitusuolen hiilijalanjäljen laskenta suoritetaan vuoden 2021 tiedoilla, jolloin maailmantilanteeseen vaikutti merkittävästi koronapandemia.

Koronapandemian vuoksi liikematkustaminen oli maailmanlaajuisesti pienimuotoisempaa aiempiin vuosiin verrattuna. Tämän vuoksi tässä työssä hiilijalanjälkeen laskettu liikematkustaminen on pienimuotoisempaa kuin keskivertovuonna ilman pandemiaa.

Työmatkaliikenteeseen huomioitiin tässä työssä keskimääräinen työmatka Hangon tehtaan työntekijöillä. Lisäksi huomioitiin, montako ihmistä tehtaalla työskenteli keskimäärin arkipäivisin ja montako ihmistä keskimäärin viikonloppuisin ja pyhinä johtuen tehtaan jatkuvasta käynnistä. Työmatkoissa oletettiin, että työntekijät kulkevat töihin bensiinikäyttöisellä yksityisautolla. Virhettä laskentaan aiheuttaa toimihenkilöiden satunnaiset etätyöpäivät, kimpakyydit sekä esimerkiksi työmatkapyöräily. Työmatkojen päästöiksi laskettiin bensiiniauton keskimääräinen polttoaineen kulutus sekä polttoaineen valmistamisesta johtuva ilmastovaikutus.

Liikematkustamisesta otettiin hiilijalanjäljen laskemisessa huomioon kaikki autolla sekä lentokoneella koko vuoden 2021 aikana tehty liikematkustaminen Hangon tehtaan henkilöstön toimesta.

5.6 Lopputuotteen kuljetus asiakkaalle ja kuitusuoli jätteenä

Hangon tehtaan kuitusuolta toimitetaan ympäri maailman. Toimituksia tehdään maanteitse, meriteitse sekä lentokuljetuksilla. Tässä työssä tarkasteltiin koko vuoden 2021 lopputuotteen kuljetuksia. Hiilijalanjäljen laskennassa otettiin huomioon kaikki kuljetukset ja niiden massat sekä etäisyydet, minne kuljetukset toimitettiin.

Kuitusuolta käsitellään pääasiassa energijätteenä. Jätteenkäsittelyssä maailmanlaajuisesti on suuria eroja eikä tämän työn tekemisessä otettu huomioon kaikkia mahdollisuuksia, miten jätettä maailmalla käsitellään ja miten

kuitusuolta käsitellään jätteenä. Tässä työssä hiilijalanjäljen laskennassa otettiin huomioon koko vuoden 2021 kuitusuolituotanto ja oletettiin koko tuotantomäärää käsiteltävän energijätteenä. Jätteen päästöjen laskemisessa käytettiin samaa lähdettä kuin tehtaan jätehuollon hiilijalanjäljen laskennassa.

5.7 Muovisuolen hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljen laskenta muovisuolelle toteutettiin elinkaarimallin avulla, jossa laskennassa otettiin huomioon raaka-aineet ja niiden kuljetus tehtaalle, energiankulutus tuotteen valmistuksessa, jätehuolto tuotteiden valmistuksen aikana, työntekijöiden työmatkat, valmiin tuotteen kuljetus asiakkaalle sekä tuotteen hävitys käytön jälkeen. Tuote toimii käytössä makkaranvalmistuksessa makkarankuorena, eikä tuote näin ollen aiheuta ympäristöpäästöjä käytön aikana, joten käytön aikaisia päästöjä ei laskennassa huomioitu. Kaikki laskentaa koskevat tiedot on saatu Oy Viskoteepak Ab:n Meksikossa sijaitsevalta muovisuolitehtaalta. Hiilijalanjälki laskettiin vuoden 2021 tiedoilla ja hiilijalanjälki laskettiin tuotettua muovisuolikilometriä kohti.

5.7.1 Muovisuolen valmistuksessa käytettävät raaka-aineet

Muovisuoli koostuu kolmesta raaka-aineesta nylonista, polyeteenistä sekä hartsista. Nämä raaka-aineet toimitetaan Meksikon tehtaalle sekä meri- että maateitse. Hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin raaka-aineiden vuosikulutus vuonna 2021, raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutus sekä raaka-aineiden kuljetus raaka-ainevalmistajilta Meksikon tehtaalle.

Raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutusten selvittämisessä käytettiin Ecolnvent-tietokantaa, josta kaikille kolmelle raaka-aineelle löytyi ominaislämmitysvaikutus. Nylonin ominaisvaikutukselle löytyi myös muita vaihtoehtoisia lähteitä, joissa ominaislämmitysvaikutus erosi oleellisesti Ecolnventistä löytyneestä arvosta. Erityisesti nylonin markkinoijien nettisivuilta löytyi erilaisia tietoja nylonin ominaislämmitysvaikutuksesta, mutta niiden

todenperäisyyttä ei pystytty selvittämään, joten tässä työssä laskenta tehtiin tietokannasta saadulla arvolla.

Raaka-aineiden kuljetusten ympäristövaikutukset laskettiin VTT:n Lipasto-tietokannan tietojen avulla. Lipasto-tietokanta on tehty suomalaista liikennettä ajatellen ja tämä ei kaikilta osin vastaa kansainvälisiä kuljetuksia, joista suurimmaksi osaksi tässä työssä on kyse. Tässä työssä kuitenkin käytettiin sekä kuitusuolen, että muovisuolen hiilijalanjäljen laskennassa johdonmukaisesti samoja lähteitä, jotta tulokset olisivat vertailtavissa.

5.7.2 Energia, jätehuolto ja työmatkustus

Meksikon tehtaalla ainoana energianlähteenä toimii sähkö. Hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin sähkön kokonaiskulutus vuonna 2021. Sähkön ominaislämmitysvaikutus Meksikossa saatiin artikkelista Life cycle assessment of electricity. (Santoyo-Castelazo ym. 2010, 1488-1499.)

Jätteiden hiilijalanjälki laskettiin vuoden 2021 jätemäärillä. Meksikossa jätteiden lajittelu ja käsittely eroaa suomalaisesta tavasta. Tässä työssä tarkoituksena on, että muovisuolen hiilijalanjälkitulokset ovat vertailtavissa muovisuolen hiilijalanjälkeen, joten jätelajien ominaislämmitysvaikutuksissa sekä jätteiden kuljetuksissa käytettiin samoja tietoja kuin kuitusuolen hiilijalanjäljen laskennassa.

Laskennassa huomiottiin työmatkustus Meksikon tehtaalle. Laskennassa huomioitiin keskimääräinen työmatka sekä työntekijöiden määrä sekä arkisin että pyhinä. Oletuksena oli, että jokainen työntekijä kulkee töihin bensinikäyttöisellä yksityisautolla.

5.7.3 Muovisuolen kuljetus asiakkaalle sekä muovisuoli jätteenä käytön jälkeen

Muovisuoli kuljetetaan asiakkaalle pääasiassa maateitse rekalla. Laskennassa huomiottiin muovisuolen kokonaistuotanto vuonna 2021 sekä keskimääräinen

etäisyys asiakkaasta. Laskennassa käytettiin VTT:n Lipasto-tietokannan tietoja liikenteen ilmastopäästöistä. Laskennassa huomioitiin sekä polttoaineen kulutus että polttoaineen valmistamisesta aiheutuvat ilmastopäästöt.

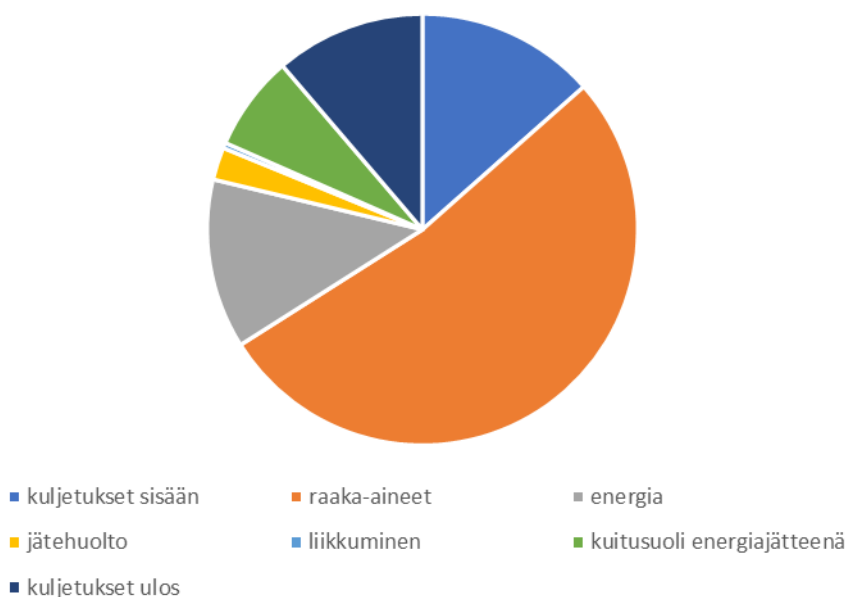
Muovisuoli ei aiheuta päästöjä käytön aikana. Muovisuoli on käytön jälkeen jätettä, jota voidaan käsitellä eri tavoilla. Muovisuolta voidaan käsitellä energiajätteenä tai sekajätteenä. WWF:n ilmastolaskurista löytyvien energia- ja sekajätteen ominaislämmitysvaikutukset ovat täysin samat, joten sen perusteella ei ole väliä, kumpana jätteenä oletetaan muovisuolta käsiteltävän. Tässä työssä jätteen määräksi oletettiin koko vuoden 2021 muovisuolituotanto ja laskettiin jätteen ilmastovaikutukset WWF:n Ilmastolaskurista löytyvällä sekajätteen ominaislämmitysvaikutuksella. (WWF 2021a)

6 Tulokset

Tuloksena työssä saatiin kuitusuolen sekä muovisuolen hiilijalanjälki vuodelta 2021.

6.1 Kuitusuolen hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljen laskennassa laskettiin koko vuonna 2021 tuotetun kuitusuolen tuottamat kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenttina. Tämä koko vuoden tulos jaettiin vuonna 2021 tuotetulla kuitusuolen määrällä kilometreinä. Saatu tulos on 102,4 kg CO₂ eq/km.



Kuva 12. Kuitusuolen hiilijalanjäljen jakautuminen eri päästölähteiden kesken

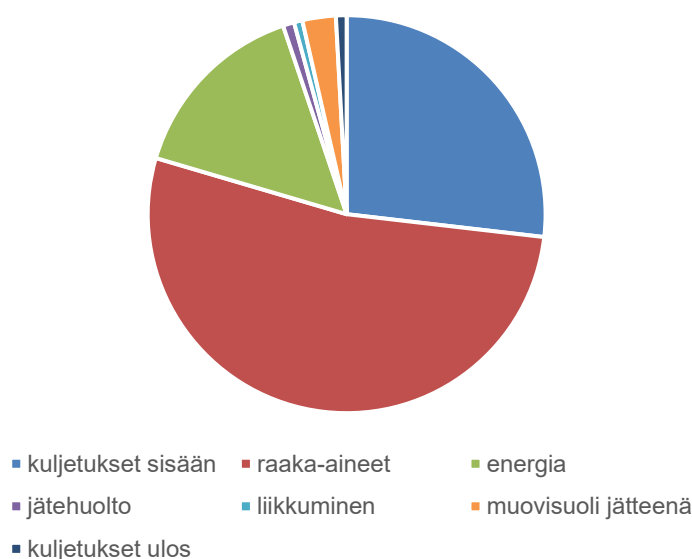
Kuvassa 12 on kuvattuna kuitusuolen hiilijalanjäljen eri osa-alueiden vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen. Suurin vaikutus hiilijalanjälkeen tulee raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutuksista, 52,6 %. Seuraavaksi suurimman vaikutuksen hiilijalanjälkeen aiheuttaa kuljetukset, niin raaka-aineiden kuljetukset tehtaalle kuin valmiin kuitusuolen toimittaminen asiakkaille. Pienin vaikutus tässä työssä huomioiduista vaikutuksista on työmatkustuksella sekä liikematkoilla. Niiden

kokonaisvaikutus kuitusuolen hiilijalanjälkeen on vain 0,4 %. Raaka-aineiden osuus kokonaishiilijalanjäljestä on suuri ja niiden vaikutus laskennan epävarmuuteen on myös suuri. Raaka-aineiden tarkkoja ympäristövaikutuksia ei ollut saatavilla, joten laskenta suoritettiin tietokannan avulla. Tulevaisuudessa hiilijalanjälkilaskelmaa on mahdollista tarkentaa, mikäli raaka-ainetoimittajat määrittävät toimittamiensa raaka-aineiden ympäristövaikutuksia.

Hiilijalanjälki laskettiin tuotettua kuitusuolikilometriä kohti. Kuitusuolen tuotannossa Hangon tehtaalla tuotetaan satoja erilaisia tuotteita, jotka eroavat toisistaan muun muassa kokonsa eli kaliiberinsa puolesta. Kuitusuolta tuotetaan halkaisijaltaan eri kokoisena. Kapeimpien tuotteiden halkaisija on 30 mm, kun leveimpien tuotteiden halkaisija on yli kymmenkertainen kapeimpaan tuotteeseen nähden. Tuotevalikoiman laajuus aiheuttaa suurta vaihtelua yksittäisten tuotteiden hiilijalanjäljelle. Vaikka tuotevalikoima aiheuttaa yksittäisille tuotteille ympäristövaikutusten vaihtelua, tässä työssä laskettiin keskimääräinen hiilijalanjälki Hangossa tuotetulle kuitusuolelle vuonna 2021.

6.2 Muovisuolen hiilijalanjälki

Hiilijalanjäljen laskennassa laskettiin koko vuonna 2021 tuotetun muovisuolen tuottamat kasviuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenttina. Tämä koko vuoden tulos jaettiin vuonna 2021 tuotetulla muovisuolen määrällä kilometreinä. Saatu tulos on 294,1 kg CO₂ eq/km.



Kuva 13. Muovisuolen hiilijalanjäljen jakautuminen eri päästölähteiden kesken

Kuvassa 13 on kuvattuna muovisuolen hiilijalanjäljen eri osa-alueiden vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen. Suurin vaikutus hiilijalanjälkeen on raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutuksilla 52,7 %. Toiseksi suurin vaikutus on raaka-aineiden kuljetuksilla Meksikon tehtaalle. Kuljetusten päästöissä on erittäin merkittävä ero raaka-ainekuljetuksissa tehtaalle sekä valmiin tuotteen kuljetuksissa asiakkaalle. Tämä selittyy oleellisesti erilaisella kuljetusmatkalla. Suurin osa raaka-aineista kuljetetaan Meksikon tehtaalle eri mantereelta, mutta lopputuote kuljetetaan asiakkaalle mantereen sisällä. Pienessä roolissa kokonaishiilijalanjäljessä on jätteenkäsittely sekä työmatkustus, joista molempien vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen on pieni, alle 1 % kokonaishiilijalanjäljestä.

6.3 Hiilijalanjälkien vertailu

Kuitusuolen keskimääräiseksi hiilijalanjäljeksi tässä työssä saatiin 102,4 kg CO₂ eq/km ja muovisuolen keskimääräiseksi hiilijalanjäljeksi 294,1 kg CO₂ eq/km. Muovisuolen hiilijalanjälki on tässä työssä tehdyn laskennan perusteella huomattavasti kuitusuolta isompi. Yksittäisen tuotteen kohdalla vertailu ei

kuitenkaan ole suoraviivaista. Tuotteita on eri kokoisia, joihin kuluu eri määrät raaka-aineita ja joiden valmistuksessa syntyy eri määrä jätteitä. Eri kokoisten tuotteiden kuljetuksissa on myös massaeroa, joka vaikuttaa kuljetusten päästöihin. Saadut tulokset ovat keskimääräisesti tehtaan koko vuoden 2021 tuotannosta saatu hiilijalanjälki.

7 Johtopäätökset

Kuitusuolen sekä muovisuolen hiilijalanjälki laskettiin vuoden 2021 tietojen perusteella käyttäen elinkaariarvioinnin mukaista laskentatapaa. Hiilijalanjälki laskettiin yhtä kilometriä tuotettua tuotetta kohti. Hiilijalanjäljen laskemisessa otettiin huomioon valmistuksesta johtuva energiankulutus, raaka-aineiden kuljetuksesta sekä raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutuksen aiheuttama ilmastovaikutus, tuotteiden valmistuksen aikainen jätehuolto, valmiin tuotteen kuljetus asiakkaalle ja valmiin tuotteen aiheuttama jätekuorma. Hiilijalanjälki laskettiin standardin SFS-EN ISO 14067:2018, joka käsittelee tuotteiden hiilijalanjäljen laskemista koskevia vaatimuksia ja ohjeita, ja standardin SFS-EN ISO 14044:2006, joka käsittelee elinkaariarvioinnin vaatimuksia ja suuntaviivoja sekä standardin SFS-EN ISO 14040:2006, joka käsittelee elinkaariarvioinnin periaatteita ja pääpiirteitä, mukaisia ohjeita noudattaen.

Kuitusuolen hiilijalanjäljeksi saatiin 102,4 kg CO₂ eq/km vuoden 2021 tiedoilla. Muovisuolen hiilijalanjäljeksi saatiin 294,1 kg CO₂ eq/km. Tuotteiden hiilijalanjälkien ero selittyy osittain tuotteissa käytettyjen raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutusten eroista. Molemmissa tuotteissa raaka-aineiden aiheuttamat ilmastopäästöt muodostavat merkittävimmän osan hiilijalanjäljestä. Lisäksi merkittävässä osassa hiilijalanjälkeä ovat logistiikka sekä energian käyttö tuotteen tuotannossa.

Hiilijalanjäljen laskentaan aiheuttaa epävarmuutta tuotteiden valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden ominaislämmitysvaikutukset. Laskennassa käytettiin tietokannasta löytyviä ominaislämmitysvaikutuksia raaka-aineille, koska raaka-aineiden toimittajilla ei ollut varta vasten heidän tuotteilleen laskettua ominaislämmitysvaikutusta. Koska raaka-aineiden merkitys kuitusuolen ja muovisuolen hiilijalanjäljessä on erittäin merkittävä, on raaka-aineiden lähtötietojen oikeellisuudella iso merkitys. Mikäli raaka-aineiden valmistajilta saadaan tulevaisuudessa tietoja heidän toimittamiensa tuotteiden ympäristövaikutuksista, saadaan kuitusuolen ja muovisuolen hiilijalanjälkilaskentaa tarkennettua.

Hiilijalanjäljen laskentaan aiheuttaa epävarmuutta raaka-aineiden lisäksi myös logistiikka ja sen aiheuttamat päästöt. Tässä työssä laskennassa on käytetty kuljetusten keskimääräisiä etäisyyksiä ja oletettu kuljetusten tapahtuvat tietyillä kulkuneuvoilla. Mikäli laskentaa haluttaisiin tarkentaa, tulisi raaka-aineiden ja lopputuotteiden yksittäiset kuljetukset ottaa laskennassa paremmin huomioon. Lisäksi jatkossa raaka-aineiden ja lopputuotteiden kuljetuksiin ja kuljetusmatkoihin voisi kiinnittää enemmän huomiota, mikäli on tarvetta pienentää syntyvää hiilijalanjälkeä.

Valmistuksessa käytettävä energia on suuressa osassa aiheutettuja ilmastonmuutokseen vaikuttavia hiilidioksidipäästöjä. Kuitusuolen valmistuksessa lämmönlähteenä käytetty puuhake, jonka aiheuttamia ilmastopäästöjä ei tarvitse huomioida, edesauttaa pienemmän hiilijalanjäljen saavuttamisessa. Uusiutuvan energian käyttö esimerkiksi sähkönlähteenä voisi tulevaisuudessa auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä ja näin ollen myös hiilijalanjälkeä.

Sekä kuitusuolen että muovisuolen valmistettava tuotevalikoima on laaja. Tässä työssä hiilijalanjälki laskettiin vuonna 2021 tuotetuille tuotteille keskimäärin. Raaka-aineiden kulutus ja näin ollen myös esimerkiksi jätteen synty tuotannon aikana vaihtelee paljon riippuen valmiin tuotteen koosta. Hiilijalanjälki vaihtelee näin ollen myös paljon riippuen valmistettavasta tuotteesta. Hiilijalanjälkilaskentaa voisi tulevaisuudessa tarkentaa tuotekohtaiseksi, jolloin huomioitaisiin raaka-aineiden kulutus tuotettua kilometriä kohden eri tuotteille ja tämän avulla saataisiin laskettua tuotekohtaisia hiilijalanjälkiä, mikäli niille on tulevaisuudessa tarvetta.

Hiilijalanjäljen laskennassa elinkaariarvioinnin periaatteita noudattaen, joudutaan tekemään rajauksia ja oletuksia parametreista sekä laskentatavoista, laskentaan mukaan otettavista ja pois jätettävistä päästöistä. Laskennan tarkkuutta ja todenmukaisuutta joudutaan myös pohtimaan laskennan edetessä. Lopputulos on yhden rajaustavan mukainen tulos. Eri tavoilla tehtävät rajaukset ja laskentatavat voivat antaa erilaisen tuloksen.

Jotta saataisiin tarkempi kuva kaikista ympäristöön vaikuttavista päästöistä, olisi jatkossa laskentaa laajennettava kattamaan hiilijalanjäljen lisäksi myös vesijalanjälki sekä esimerkiksi vaikutukset biodiversiteettiin tai happamoitumiseen. Tässä työssä laskettiin pelkästään ilmastonmuutokseen vaikuttavat hiilidioksidipäästöt, mutta myös muut päästölähteet ja kulutukset, kuten vesi, aiheuttaa vaikutuksia ympäristön tilaan.

Lähteet

BSI. PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. 2011.

Biswas Samares. 2020. Chemistry of the viscose process. Viitattu 6.10.2022. https://www.researchgate.net/publication/345084174_Chemistry_of_the_Viscose_Process

Casmo Oy. 2022. Keinosuolet. Viitattu 25.4.2022. <https://casmo.fi/2018/02/21/kuitu-ja-muovisuolet/>

Ecoinvent Database. 2022. Viitattu 20.4.2022. <https://ecoinvent.org/>

Euroopan parlamentti. 2021. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2021/1119. Viitattu 20.4.2022 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1119&from=EN>

Gong J., Darling S. & You J. 2015. Perovskite Photovoltaics: Life-Cycle Assessment of Energy and Environmental Impacts. Energy & Environmental Science.

Greenhouse Gas Protocol. 2022a. About us. Viitattu 19.7.2022. <https://ghgprotocol.org/about-us>

Greenhouse Gas Protocol. 2022b. A Corporate Accounting and Reporting Standard.

Ilmasto-opas.fi. 2022. Jätteiden hyödyntämisellä voidaan vähentää päästöjä kaatopaikoilta tai energiantuotannosta. Viitattu 4.8.2022. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/jatteiden-energiahyodyntamisella-voidaan-vahentaa-paastoja-kaatopaikoilta-tai-energiantuotannosta>

Ingrao C., Tricause C., Cholewa-Wojcik A., Kawecka A., Rana R., Siracusa V. 2015. Polylactic acid trays for fresh-food packaging: A Carbon Footprint Assessment. Science of the Total Environment.

IPCC. 2022. Global warming of 1,5 degrees. Viitattu 21.4.2022. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Katajajuuri Juha-Matti. 2008. Ruokajäte rasittaa ympäristöä enemmän kuin pakkaukset. Tieto & trendit.

Logistiikan maailma. 2022. Vihreä logistiikka ja kestävä kehitys. Viitattu 24.7.2022. <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikkaa-lukiolaisille/vihrea-logistiikka-ja-kestava-kehitys/>

Oy Viskoteepak Ab. 2022. Fibrous Casings.

Santoyo-Castelazo E., Gujba H.& Azapagic A. 2010. Life cycle assessment of electricity generation in Mexico. Energy.

Savic Z. & Savic I. 2016. Sausage Casings. Itävalta: Victus International-GmbH.

Schryver A., Zampori L. 2022. Product carbon footprint standards, which one to choose?. Viitattu 17.9.2022. <https://pre-sustainability.com/articles/product-carbon-footprint-standards-which-standard-to-choose/>

Silvenius Frans, Katajajuuri Juha-Matti, Koivupuro Heta-Kaisa, Nurmi Pauliina, Virtanen Yrjö, Grönman Kaisa, Soukka Risto. 2011. MTT raportti 14. Elintarvikkeiden pakkausvaihtoehtojen ympäristövaikutukset.

Sitra. Tulevaisuussanasto. Viitattu 20.7.2022.

<https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilikadenjalki/>

SFS-EN ISO 14067:2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN ISO 14046. Ympäristöasioiden hallinta. Vesijalanjälki. Periaatteet, vaatimukset ja ohjeet. 2016. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

Suomen ympäristökeskus. 2021. Suomen jätealan kehitys lukuina. Viitattu 6.10.2022 <https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/valtsu-4.3-d?fr=sMjMxYzQyODg3NjA>

Suomi.fi. 2022. Yritykset ja yhteisöt. Ympäristövastuut ja velvoitteet. Viitattu 3.10.2022. <https://www.suomi.fi/yritykselle/vastuut-ja-velvollisuudet/ymparistovastuut-ja-velvoitteet>

Suomen ympäristökeskus. 2021. Syke esittelee. Elinkaariarviointi (LCA). Viitattu 23.5.2022. https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/fi_syke-esittelee_elinkaariarviointi-lca_12-2021

Teini J-P. 2020. Ilmastosiirtymä onnistuu jos se on oikeudenmukainen. Talouselämä.

Thannimalay L., Yusoff S. & Zawawi N. 2013. Life cycle assessment of sodium hydroxide. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.

Tilastokeskus. 2021a. Energia 2021. Viitattu 23.5.2022. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0004.htm

Tilastokeskus. 2021b. Suomen päästöt sektoreittain. Viitattu 20.4.2022. https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_05-21_kat_001_fi.html

Tilastokeskus. 2021c. Suomen kasvihuonepäästöt 1990-2020. Viitattu 24.9.2022. <https://www.stat.fi/julkaisu/cktlcpwag38sg0c5561iqop0y>

Tilastokeskus. 2022a. Polttoaineluokitus. Viitattu 24.4.2022. https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

Tilastokeskus. 2022b. Jätetilasto. Viitattu: 7.8.2022. <http://www.stat.fi/til/jate/>

VTT.Lipasto. 2018. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä. Viitattu 24.5.2022. <http://lipasto.vtt.fi/>

Väre. 2021. Sähkön alkuperä. Viitattu 8.2.2022. <https://vare.fi/sahkon-alkupera/>

WWF. 2021a. Ilmastolaskuri. Viitattu 24.5.2022. Haettu osoitteesta: <https://www.ilmastolaskuri.fi/>

WWF. 2021b. Suomen vesijalanjälki. Globaali kuva suomalaisten vedenkulutuksesta. Viitattu 20.7.2022. Haettu osoitteesta:

https://wwf.fi/app/uploads/z/i/y/t2zi2zza3jpxr44qvrk5e2d/vesijalanjaelkiraportti_fi_nal.pdf

WWF. 2022. Ilmastonmuutos. Viitattu 22.4.2022.

<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>

Ympäristöhallinnan yhteinen verkkopalvelu. 2022. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli. Viitattu 22.4.2022. Haettu osoitteesta:

https://www.ymparisto.fi/fi.fi/kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotosmalli

Ympäristöministeriö. 2021 Kansallinen ilmastopolitiikka. Viitattu 20.4.2022.

<https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö. 2022. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Viitattu 23.5.2022. <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

