



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jenna Holappa

Kaurajuoman hiilijalanjälki

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyö
Kevät 2022

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK) Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Jenna Holappa

Työn nimi: Kaurajuoman hiilijalanjälki

Ohjaaja: Jarmo Alarinta

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 34

Liitteiden lukumäärä: 0

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoululla on Ilmastokestävät elintarvikeprosessit -hanke, jonka osana opinnäytetyö toteutettiin. Hankkeen suunnitelman mukainen toteutusaika on 1.12.2021-31.8.2023. Hankkeen tarkoituksena on kehittää alueen pk-yritysten käyttöön laskentamenetelmä, jolla yritykset voivat laskea tuotteilleen ympäristöjalanjäljen. Taustalla vaikuttavat mm. pk-yritysten rajalliset resurssit sekä Suomen ympäristötavoitteet. Työn tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa hankkeen laskentamallien kehittämiseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä elinkaariarviointiin ja laskea Seinäjoen ammattikorkeakoulun Food Labissa valmistettavalle kaurajuomalle hiilijalanjälki. Lisäksi työn tarkoituksena oli pohtia, mitkä erilaiset tekijät voivat vaikuttaa saatavaan lopputulokseen. Hiilijalanjäljen laskentaan ei ole yhtenäistä tapaa, mutta sen laskennassa hyödynnetään mm. ISO-standardia 14040:2006.

Hiilijalanjäljen laskennassa suurimman osan päästöistä tuottavat raaka-aineet. Useille raaka-aineille on tiedossa jo valmiiksi lasketut hiilijalanjäljet, mutta ei kaikille. Tällöin raaka-aineen hiilijalanjälki pitäisi voida johtaa tuoteryhmän hiilijalanjäljestä, jolla voi olla isojakin vaihteluita. Koska yhtenäistä laskentatapaa ei ole, yritykset voivat valita laskentaan esimerkiksi vaihteluvälin alimman tai ylimmän päästökertoimen. Työssä tarkasteltiin erilaisten tekijöiden vaikutusta tulokseen ja tehtiin laskentoja kaurajuoman hiilijalanjäljelle. Lopuksi vertailtiin saatuja tuloksia yritysten laskemiin, julkaistuihin tuloksiin ja pohdittiin laskentamenetelmän luotettavuutta.

¹ Asiasanat: hiilijalanjälki, kaura, elinkaariarviointi,

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author/s: Jenna Holappa

Title of thesis: Carbon footprint of oat drink

Supervisor(s): Jarmo Alarinta

Year: 2022

Number of pages: 34

Number of appendices: 0

The thesis was commissioned by the Seinäjoki University of Applied Sciences. The Seinäjoki University of Applied Sciences has an ongoing project called Climate Resilient SME Food Production, as part of which the thesis was implemented. The planned implementation period of the project is 1.12.2021-31.8.2023. The aim of the project is to develop a calculation method for small and medium-sized enterprises in the region that will allow them to calculate the environmental footprint of their products. In the background affects e.g. the limited resources of SMEs and the environmental goals of Finland. The results of the work can be used in the future to develop the calculation models of the project.

The aim of the thesis was to get acquainted with life cycle assessment and to calculate the carbon footprint of an oat drink prepared in the Food Lab of the Seinäjoki University of Applied Sciences. In addition, the purpose of this work was to consider how different factors can affect the final result. There is no coherent method of calculating the carbon footprint, but e.g. ISO-standard 14040:2006 is utilized in calculation work.

In carbon foot print calculation, most of the emissions are produced by raw materials. A pre-calculated carbon footprint for many ingredients exist already, but not for all. In that case, it should be able to be derived from the carbon footprint of the product group, which can vary greatly. In the absence of coherent calculation method, companies can choose to calculate from, for example, the lowest or highest emission factor in the range. The effect of various factors on the result was examined and calculations were made for the carbon footprint of the oat drink. Finally, the results obtained were compared with the results published by the companies, and the reliability of the calculation method was considered.

¹ Keywords: carbon footprint, oat, life cycle assessment,

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Tausta	8
1.2 Työn tavoitteet	8
1.3 Rakenne	9
2 HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN JA ELINKAARIARVIOINTI.....	10
2.1 Hiilijalanjälki	10
2.2 Elinkaariarviointi ja laskeminen	10
2.3 Laskentaan sisältyvät osat.....	12
2.4 Rajaus	12
2.5 Allokointi eli kohdentaminen.....	12
2.6 Tiedon laatuvaatimukset	13
3 KAURAJUOMA.....	14
3.1 Ravintosisältö sekä suosio.....	14
3.2 Valmistusmenetelmät.....	15
4 KAURAJUOMAN VALMISTAMINEN FOOD LABISSA	18
4.1 Raaka-aineet ja resepti	18
4.2 Valmistusprosessi.....	18
4.3 Valmistusprosessin tulokset.....	20
5 KAURAJUOMAN HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN.....	21
5.1 Rajaus	21
5.2 Päästökertoimet.....	22
5.2.1 Raaka-aineet	22

5.2.2	Energiakulutus, matkat, kierrätys sekä jäteveden käsittely.....	23
5.3	Laskelmat	23
5.3.1	Keskivälin arvot	23
5.3.2	Matalimmat arvot.....	25
5.3.3	Korkeimmat arvot	26
6	YHTEENVETO JA TULOKSET	28
6.1	Laskelmien vertailu	28
6.2	Julkaistuja tuloksia.....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	31
	LÄHTEET.....	32

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Esimerkki tuotteen elinkaaren vaiheista.....	10
Kuvio 2. Elinkaariarvioinnin vaiheet (mukaillen Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2020).....	11
Kuvio 3. Allokointihaaste päästöjen jakamisesta tuotteiden kesken (mukaillen Hartikainen ym., 2012a).....	13
Kuvio 4. Kauramaidon valmistuksen prosessikaavio pääpiirteittäin.....	15
Kuvio 5. Kaurajuoma valmistusprosessi Seinäjoen ammattikorkeakoulun Food Labissa. .	19
Kuvio 6. Elinkaariarviointiin sisältyvät osa-alueet ja rajaus.	22
Kuvio 7. Keskivälin arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.....	24
Kuvio 8. Matalimmilla arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.....	25
Kuvio 9. Korkeimmilla arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.	27
Kuvio 10. Tulosten vertailu keskenään.....	28
Kuvio 11. Tulosten vertailu julkaistuihin lukuihin.....	30
Taulukko 1 Kaurajuoman ravintosisältö	14
Taulukko 2. Kaurajuoman resepti ja raaka-aineiden määrät kaurajuomakiloa kohti.	18
Taulukko 3. Raaka-aineiden ja pakkauksen hiilijalanjäljet.....	23
Taulukko 4. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki keskivälin arvoilla kg CO ₂ -ekv.....	24
Taulukko 5. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki matalimmilla arvoilla kg CO ₂ -ekv.....	25
Taulukko 6. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki korkeimmilla arvoilla kg CO ₂ -ekv.....	26
Taulukko 7. Julkaistuja päästökertoimia kaurajuomalle vertailuarvoiksi.	29

Käytetyt termit ja lyhenteet

Allokointi	Tuotejärjestelmän syötteiden ja päästöjen kohdentaminen muiden tuotejärjestelmien kesken.
Elinkaariarviointi	Tuotejärjestelmän elinkaaren aikaisten syötteiden ja päästöjen ympäristövaikutusten arviointia.
Gelatinoituminen	Tärkkelysjuvien turpoaminen.
Hiilidioksidiekvivalentti	Tuotejärjestelmän tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutus.
Hydrolyysi	Tärkkelyksen hajoaminen pienemmäksi.
Karakterisointikerroin	Kerroin, jolla kasvihuonekaasujen määrät saadaan hiilidioksidiekvivalenteiksi.
Mäski	Sivutuote, joka jää jäljelle kaurajuoman valmistuksesta. Sisältää vettä sekä kauran liukenematonta kuitua.
Päästökerroin	Kertoo paljonko päästöjä tuotteen valmistaminen on synnyttänyt suhteessa toiminnalliseen yksikköön.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Seinäjoen ammattikorkeakoululle (SeAMK). SeAMK:illa on useita projekteja, joista yksi on Ilmastokestävät Elintarvikeprosessit -hanke, jonka osana opinnäytetyö toteutetaan. Hankkeen suunnitelman mukainen toteutusaika on 1.12.2021-31.8.2023. Hankkeen tarkoituksena on kehittää elintarvikealan pk-yritysten käyttöön laskentamenetelmä, joilla yritykset voivat itse laskea tuotteilleen oman ympäristöjalanjälkensä (PEF), joista yksi esimerkki on mm. kaurajuoman hiilijalanjäljen laskeminen. Hanke on osa Kestävää kasvua ja työtä 2014–2022 toteutettavaa REACT-EU-välineen EAKR-rahoituksella toteutettavaa toimenpidettä.

Ilmastokestävät Elintarvikeprosessit -hankkeen taustalla vaikuttavat mm. Suomen ilmastotavoitteet hiilineutraalisuudesta vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi kuluttajat ovat jatkuvasti ympäristötietoisempia, jolloin tuotteen hiilijalanjälki halutaan tietää. Lisäksi Etelä-Pohjanmaalla on Suomen ruokamaakuntana tarvetta ilmastokestävän tuotannon kehittämisessä, mutta alueen pk-yritysten prosessien ympäristövaikutuksista ei juurikaan ole vielä julkaistua tietoa. Pk-yrityksillä on kuitenkin vähemmän resursseja käytössään kuin isoilla yrityksillä hiilijalanjäljen laskentaan, jolloin laskentamenetelmälle on tarvetta.

1.2 Työn tavoitteet

Lisääntynyt huoli ilmaston lämpenemisestä on lisännyt kuluttajien halua tietää käyttämiensä tuotteiden ilmastovaikutuksista. Tämä lisää myös yritysten painetta tutkia omien tuotteidensa hiilijalanjäljen. Koska kuluttajat vaativat tuotteilta tietoa ympäristövaikutuksista, tuotteen hiilijalanjäljen laskemisella on todennäköisesti samankaltainen kehityspolku, kuin vaatimus tuotteiden ravintosisällön ilmoittamisesta. Tällöin tuotteilta tullaan lähtökohtaisesti vaatimaan hiilijalanjälki samalla tavalla kuin tuli vaatimus tuotteiden ravintosisällöstä.

Hiilijalanjäljen laskemiseen ei ole yhtenäistä laskentatapaa, mutta sen laskennassa hyödynnetään mm. ISO-standardia 14040:2006. Lisäksi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT) on luonut suosituksen kyseisen standardin pohjalta

elinkaariarvioinnin laskentaan. Työn tavoitteena on laskea hiilijalanjälki kaurajuomalle. Useille raaka-aineille on tiedossa jo valmiiksi laskettu hiilijalanjälki, mutta ei kaikille. Tällöin voidaan johtaa raaka-aineen hiilijalanjälki tuoteryhmän hiilijalanjäljestä, jolla voi olla isoja vaihteluita. Koska yhtenäistä laskentatapaa ei ole, laskentaan voidaan valita hyvin erilaisilla vaihteluväleillä olevia päästökertoimia. Työssä tarkastellaan kauran päästökertoimien vaikutusta tulokseen ja tehdään laskentoja kaurajuoman hiilijalanjäljelle. Huomioon tulee ottaa raaka-aineiden lisäksi myös muut tuotejärjestelmän panokset ja tuotokset. Lopuksi tarkastellaan laskettuja hiilijalanjälkiä julkaistuihin tuloksiin, sekä arvioidaan, oliko laskentamenetelmä luotettava. Tuloksia voidaan hyödyntää hankkeen laskentamallien kehittämiseen.

1.3 Rakenne

Aluksi työssä perehdytään hiilijalanjälkeen, sen laskemiseen sekä elinkaariarvointiin. Seuraavassa osiossa tarkastellaan kaurajuoman valmistusmenetelmiä sekä valitaan yksi menetelmä ja resepti, jonka pohjalta valmistetaan kaurajuomaa käytännössä. Tällöin saadaan tiedot mm. hävikistä sekä varmistutaan valmistusmenetelmästä laskentaa varten. Tämän reseptin pohjalta tuotteelle lasketaan hiilijalanjälki.

Oleellisena osana on tehdä laskentaan rajauksia sekä selvittää raaka-aineiden hiilijalanjäljet. Lisäksi selvitetään myös pakkauksen sekä energiankulutuksen päästöt. Lopuksi tehdään laskelmia erilaisilla päästökertoimilla ja tarkastellaan, kuinka erilaiset tekijät voivat vaikuttaa lopputulokseen. Näitä tuloksia vertaillaan keskenään sekä yritysten julkaisemiin tuloksiin.

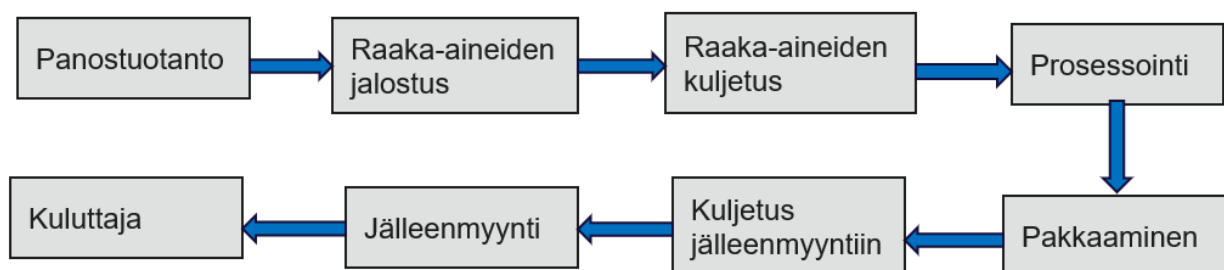
2 HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN JA ELINKAARIARVIOINTI

2.1 Hiilijalanjälki

Muthun (2016, s. 4–6) mukaan hiilijalanjäljellä tarkoitetaan jonkin tuotteen, palvelun tai toiminnan tuottamia kasvihuonekaasujen määrää. Näiden kasvihuonekaasujen määrä ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina toiminnallista yksikköä kohti. Hänen mukaansa hiilijalanjäljen laskeminen on saanut alkunsa ekologisesta jalanjäljestä, joka kuvastaa kuinka suuren pinta-alueen jonkin tuotteen tai palvelun aikaansaamiseksi tarvitaan. Hän kertoo, että viimeisen kahden vuosisadan aikana ilmakehän kasvihuonepäästöt ovat ihmisten toiminnan seurauksena nousseet huomattavasti. Tämän myötä hiilijalanjäljen laskemisesta on tullut tärkeä työkalu kasvihuonepäästöjen vähentämiseen.

2.2 Elinkaariarviointi ja laskeminen

Hiilijalanjäljen laskemiseen ei ole yhtenäistä tapaa, mutta sen laskennassa hyödynnetään soveltuvilta osin elinkaariarviointia, joka on standardisoitu menetelmä (ISO 14040:2006). Hartikaisen ym. (2012a) mukaan myös MTT on luonut suosituksen elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla, joka pohjautuu mm. edellä mainittuun standardiin. Tuotteen elinkaareen kuuluvat osat on kuvattu kuviossa 1.



Kuvio 1. Esimerkki tuotteen elinkaaren vaiheista.

Elinkaariarviointi pitää sisällään tuotteen kaikkien kasvihuonepäästöjen ilmastovaikutusten arvioinnin (Hartikainen ym., 2012a). Tähän sisältyy hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi sekä mahdollisuuksien mukaan fluorihilivedyt ja perfluorihilivedyt. Hiilidioksidipäästöistä

huomioidaan vain fossiilista alkuperää olevat sekä hitaasti uusiutuvien biologisten materiaalien käytöstä johtuneet päästöt. Nopeasti uusiutuvien biologisten materiaalien käyttöä ei huomioida laskuissa. Kaikkien päästöjen ilmastovaikutukset ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina. Hiilidioksidiekvivalentit saadaan kertomalla eri päästöt karakterisointikerroimilla. Karakterisointikerroin kuvaa eri päästöjen lämmittävää vaikutusta ilmakehään suhteessa hiilidioksidiin.

Elinkaariarviointi jaetaan neljään eri vaiheeseen: tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyyn, inventaarioanalyysiin, vaikutusarviointiin sekä tulosten tulkintaan (Suomen standardisoimisliitto (SFS) (2020)). Nämä vaiheet ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittelyyn kuuluu toiminnallisen yksikön määrittely sekä järjestelmärajausten määrittely (Hartikainen ym., 2012a). Inventaarioanalyysissä etsitään lähtötietoja sekä lasketaan päästöt. Inventaarioanalyysissä mahdolliset tuotejärjestelmästä syntyvät sivutuotteet, sekä päästöt allokoidaan syntyvien tuotteiden kesken. Vaikutusarvioinnissa kootaan päästöjen ilmastovaikutukset sekä lasketaan tuotteen ilmastovaikutukset toiminnallista yksikköä kohden. Lopuksi tuloksia tulkitaan, johon sisältyy kerättyjen tietojen sekä saatujen tulosten arviointia (Hartikainen ym., 2012b). Elinkaariarvioinnin vaiheet ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Vaiheiden vuorovaikutusta on kuvattu kuviossa 2.



Kuvio 2. Elinkaariarvioinnin vaiheet (mukaillen Suomen standardisoimisliitto (SFS), 2020).

2.3 Laskentaan sisältyvät osat

ISO-standardin (14040:2006) mukaan elinkaariarvioinnissa tulisi ottaa huomioon elinkaaren vaiheet, kuten raaka-aineiden hankinta, prosessiketjun syötteet ja tuotokset, kuljetus, polttoaineiden, sähkön ja lämmön käyttö, tuotteiden käyttö, jätteiden hävittäminen ja kierrätys, jätevesien käsittely, apumateriaalien valmistus sekä tukitoiminnot kuten valaistus ja lämmitys. Myös hävikki tulisi ottaa laskelmissa huomioon. Jos tuotannosta ylijäävää hävikkä ei hyödynnetä jossain muussa tuotteessa, sen osuus tulisi sisällyttää laskelmiin (Hartikainen ym., 2012a).

2.4 Rajaus

Laskennassa on olennaista tehdä rajauksia, sillä tulokseen ei-merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ei tarvitse laskennassa ottaa huomioon. Hartikaisen ym. (2012a) mukaan yhtenä rajauksen sääntönä voidaan pitää, että kaikki tuotteen osat ja panokset, joiden vaikutus on alle 0,001 kg tuotekiloa kohden, voidaan rajata pois. Tuotejärjestelmälle voidaan aluksi tehdä karkea arvio, jossa arvioidaan päästöjen osalta niin pienet osat, ettei niillä ole suurta merkitystä lopputulokseen. Arvioinnista voidaan rajata pois myös sellainen osa, jonka lähtökohtaisesti tulisi sisältyä arviointiin. Tämän osan tulee käsittää alle 1 % järjestelmän osista ja 95 % järjestelmän muista osista tulee sisältyä arviointiin.

Kuluttajavaihetta, eli esimerkiksi tuotteen valmistusta, ei tarvitse ottaa laskelmissa huomioon. Kuluttajavaiheen huomioon ottamista suositellaan silloin, kun se kattaa yli 10 % tuotteen arvioiduista ilmastovaikutuksista tai kun tuotepakkauksessa on esitetty valmistustapa tai tuotteen yleisimmät valmistustavat ovat muuten tiedossa (Hartikainen ym., 2012a).

2.5 Allokointi eli kohdentaminen

Monissa elintarvikkeiden valmistusprosesseissa syntyy myös sivutuotteita. Hartikaisen ym. (2012a) mukaan elintarvikkeiden elinkaariarvioinnissa ongelmaksi syntyy se, miten päästöt jaetaan tuotteiden kesken. Tässä tilanteessa tuotannon syötteet tulee allokoida

rinnakkaistuotteille. Heidän mukaansa allokointimenettelyt voivat vaikuttaa oleellisesti lopputulokseen. Kuviossa 3 on kuvattu esimerkki allokointihaasteesta.



Kuvio 3. Allokointihaaste päästöjen jakamisesta tuotteiden kesken (mukaillen Hartikainen ym., 2012a)

2.6 Tiedon laatuvaatimukset

Hartikaisen ym. (2012a) mukaan laskennassa käytettävien päästökertoimien tulisi olla kirjallisuustietoa tai julkaistua tutkimustietoa, eikä prosessi- tai laitoskohtaisia mittauksia edellytetä tai edes suositella. He suosittelevat, että kirjallisuustiedot ovat peräisin esim. tieteellisistä artikkeleista, kansallisista tai alueellisista selvityksistä, tietopankeista tai tilastoista.

3 KAURAJUOMA

3.1 Ravintosisältö sekä suosio

Kaurajuoman pääraaka-aineet ovat vesi, kaura ja rypsiöljy (Lavola, 2019). Lisäksi kaurajuomaan lisätään suolaa, vitamiineja sekä mahdollisia lisäaineita. Kaurajuoman ravintosisältö on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1 Kaurajuoman ravintosisältö

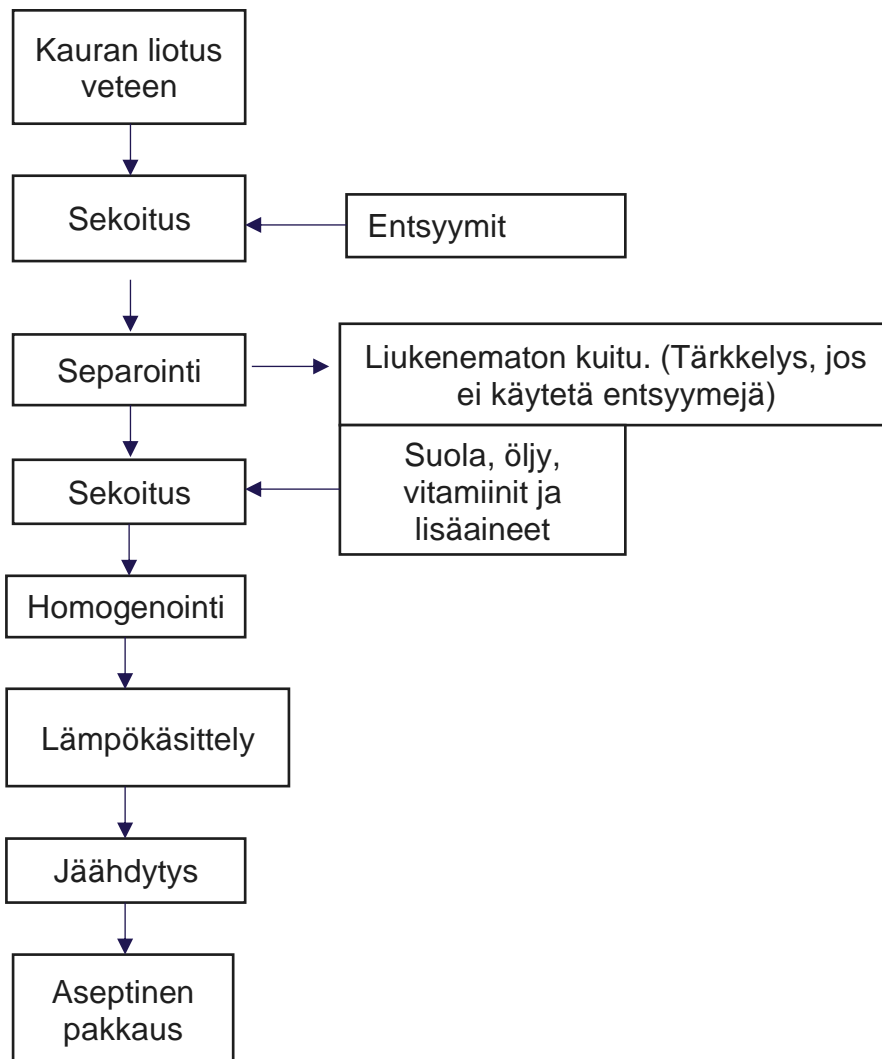
Ravintoaineet/1 kg	
Energia (kcal)	420,0
Energia (kJ)	1740,0
Rasva (g)	11,0
Hiilihydraatit	71,0
Joista sokereita	32,0
Kuitua	8,0
Proteiini	3,2
Suola	1,0

Kaurajuomasta on tullut suosittu tuote mm. korvaamaan lehmänmaitoa. Taustalla vaikuttaa mm. tuotteen vegaanisuus sekä pienemmät ilmastovaikutukset. Maidon hiilijalanjälki vaihtelee, mutta sen globaalikeskiarvo on 2,5 CO₂-ekv/kg (Yhdistyneiden kansakuntien elintarvike- ja maatalousjärjestö (FAO), 2019). Myös kaurajuomien hiilijalanjäljet vaihtelevat, mutta pysyttelevät alle 1 CO₂-ekv/kg lukemissa. EU:n säädökset kieltävät kaurajuoman kutsumisen kauramaidoksi (Fazer Aito, 2022).

Kaurajuomien ravintosisällöt vaihtelevat erilaisten reseptien ja valmistustapojen myötä, mutta pääsääntöisesti kaurajuomassa on Laatikaisen (2019) mukaan tyydyttymättömiä rasvahappoja jopa n. 80 %, eli kaurajuoman rasvan laatu on parempi. Maidon rasvahapot ovat pääosin tyydyttyneitä (n. 70 %). Lisäksi hän kertoo kaurajuoman sisältävän beetaglukaani-kuitua, jolla on todistettu olevan terveyshyötyjä. Kaurajuomissa ei hänen mukaansa ole maidon tarjoamia suojaravintoaineita riittävästi, minkä takia moniin kaupallisiin tuotteisiin lisätään mm. D-vitamiinia, kalsiumia, B12-vitamiinia sekä jodia. Myös proteiinin määrä on n. 30 % pienempi kuin maidossa.

3.2 Valmistusmenetelmät

Kaurajuomalla on useita eri valmistusvaiheita ja valmistusmenetelmät vaihtelevat. Yritykset kehittävät valmistusmenetelmiään jatkuvasti parhaan tuotteen valmistamiseksi. Kuviossa 4 on kuvattu valmistustapa pääpiirteittäin.



Kuvio 4. Kauramaidon valmistuksen prosessikaavio pääpiirteittäin.

Kauramaidon valmistus aloitetaan kaurajauhon liottamisella veteen (Helsing, 2019). Seosta jauhetaan, kunnes kaura on sekoittunut tarpeeksi pieniksi partikkeleiksi. Tämän jälkeen seokseen lisätään entsyymejä, yleensä α - ja β -amylaaseja, tärkkelyksen hajottamiseksi. Tämä vaihe ei ole pakollinen, mutta se vaikuttaa paljon valmistustapoihin.

Kaura sisältää noin 60 % tärkkelystä, joka gelatinoituu 44,7–73,7 °C:ssa (Helsing, 2019). Koska kaurajuomalle tehdään lämpökäsittelyjä, tämä on ei-toivottu ominaisuus, koska kaurajuomalle halutaan juokseva rakenne. Gelatinoituminen voidaan välttää hyödyntämällä hydrolyysia. Tällöin lisäämällä vesi-kauraseokseen amylaaseja, tärkkelys muuttuu maltodekstriiniksi. Lavolan (2019) mukaan maltodekstriinit gelatinoituvat vasta korkeammissa lämpötiloissa. Näin juoma saa myös luontaisesti makeamman maun lisäämättä sokeria (Helsing, 2019). Entsymaattisella hydrolysoinnilla on myös paras saanto, sekä pienempi hävikki kaurajuoman valmistuksessa, koska tällöin tärkkelystä ei poisteta separoinnin aikana tuotteesta.

Kauramaidon aromia ja viskositeettiä voidaan myös parantaa fermentoimalla kaurajuomaa maitohappobakteerien avulla (Lavola, 2019). Lisäksi teollisessa kauramaidon valmistuksessa käytetään myös erilaisia pH:ta kohottavia katalyyttejä sekä lämpökäsittelyjä, jotka voivat nopeuttaa ja tehostaa kaurajauhon uuttamista veteen.

Kauran liottamisen jälkeen seoksesta poistetaan kaikki sen ei-toivottavat komponentit kuten leseet ja muut liukenemattomat kuidut. Sen sijaan liukenevat kuidut, kuten β -glukaani, jäävät kaurajuomaan. Erotteluvaiheessa leseet ja kiinteät ainesosat poistetaan seoksesta siivilöimällä, suodattamalla, dekantoimalla tai sentrifugoimalla. (Lavola, 2019). Ylijäävää mäskiä eli kauran liukenematonta osaa voidaan hyödyntää mm. rehuna tai biokaasun tuottamiseen.

Separoinnin jälkeen seokseen lisätään rypsiöljy, lisäaineet ja suola. Krampe ja Fridman (2021) toteavat, että rypsiöljyllä on tärkeä vaikutus kaurajuomassa. Se toimii emulgointiaineena sitomalla kauraa ja vettä yhteen, jolloin tuote saa pehmeän ja kermaisen koostumuksen.

Seuraavaksi kaurajuoma homogenisoidaan, jotta kaikki ainesosat saadaan sekoittumaan mahdollisimman tasaisesti. Lopuksi tuote joko pastöroidaan tai iskukuumennetaan parhaan säilyvyyden takaamiseksi (Oatly, i.a.).

4 KAURAJUOMAN VALMISTAMINEN FOOD LABISSA

Kaurajuoman valmistamisen tarkoituksena oli saada mahdollisimman samankaltainen tuote kaupallisten tuotteiden kanssa, jotta voidaan suorittaa vertailua. Mm. juoman kuiva-ainepitoisuus lähellä 10:tä prosenttia sekä juoman säilyminen tasaisena, erottumatta faaseiksi kertoo prosessin onnistumisesta.

4.1 Raaka-aineet ja resepti

Laskettavan kaurajuoman reseptin raaka-aineet ovat kuvattuna taulukossa 2. Keskimmaisessä sarakkeessa ovat valmistuserän raaka-ainemäärät ja oikeassa sarakkeessa raaka-ainemäärät yhtä kaurajuomakiloa kohti.

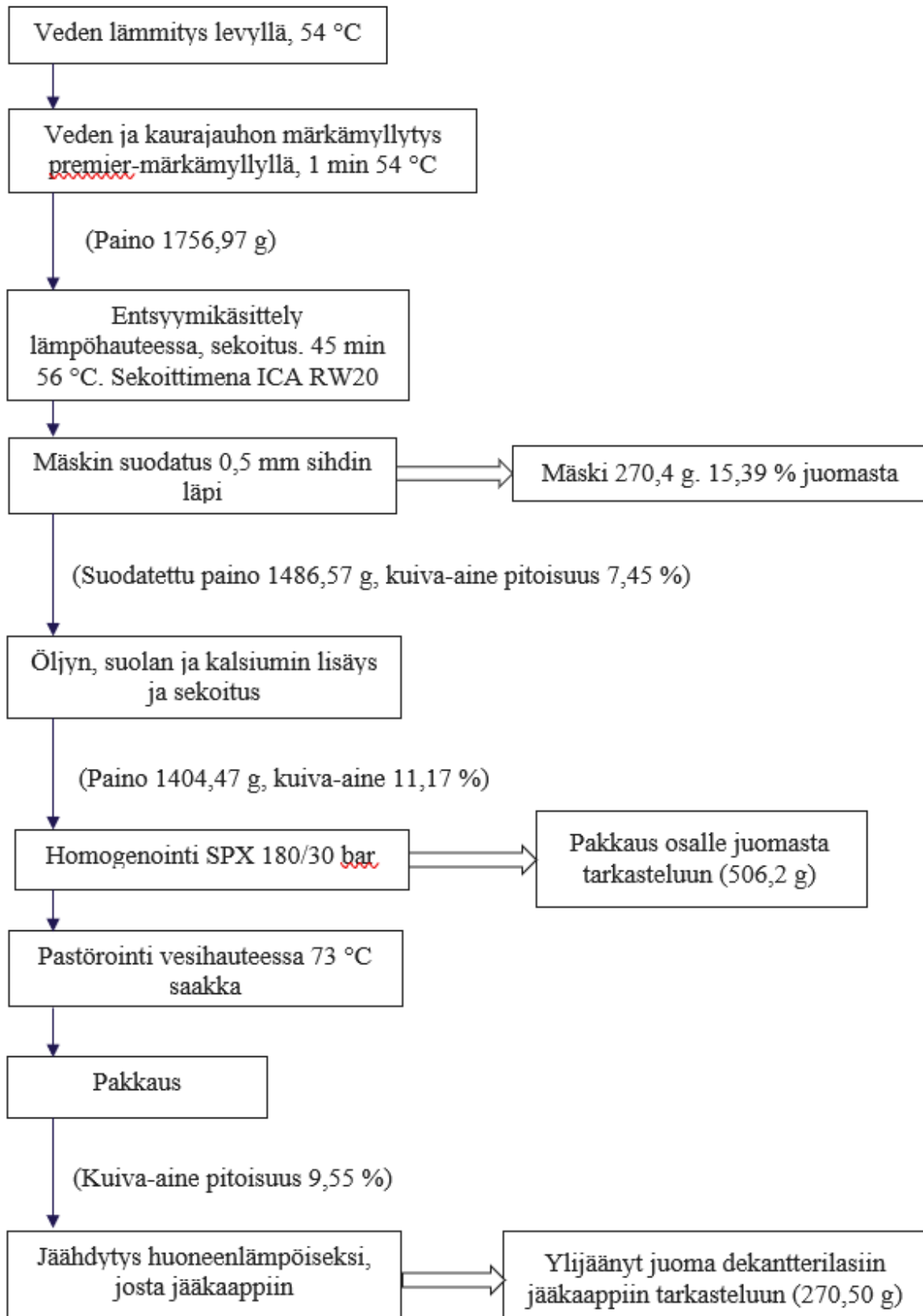
Taulukko 2. Kaurajuoman resepti ja raaka-aineiden määrät kaurajuomakiloa kohti.

Raaka-aine	kg	kg
Vesi	1,605	1,258
Kaurajauho	0,178	0,140
Rypsiöljy	0,015	0,012
α -amylaasi	0,0006	0,0004
Amyloglukosidaasi	0,0006	0,004
Kalsiumkloridi	0,0015	0,0012
Suola	0,0015	0,0012
Raaka-aineet yhteensä	1,802	1,413
Valmista juomaa	1,275	1,00

4.2 Valmistusprosessi

Valmistusprosessi on kuvattu kuviossa 5. Ensin lämmitettiin vesi, johon lisättiin kaurajauho. Tämän jälkeen seosta jauhettiin märkämyllyssä, jonka jälkeen siihen lisättiin lämpöhauteessa sekoittaen entsyymit eli α -amylaasi sekä amyloglukosidaasi. Tätä prosessia seurasi mäskin suodattaminen seoksesta. Tämän jälkeen seokseen lisättiin suola, rypsiöljy sekä kalsiumkloridi ja se homogenoitiin. Seuraavaksi tuote pastöroitiin vesihauteessa, kunnes se oli saavuttanut 73 °C lämpötilan. Lopuksi tuote pakattiin sekä

jäähdytettiin. Valmistuksessa mitattiin välillä myös tuotteen painoa sekä kuiva-ainepitoisuutta.



Kuvio 5. Kaurajuoma valmistusprosessi Seinäjoen ammattikorkeakoulun Food Labissa.

4.3 Valmistusprosessin tulokset

Kuten kuviosta 5 käy ilmi, mäskiä poistui suodatuksessa 270,4 g ja juoman kuiva-ainepitoisuus oli suodatuksen jälkeen 7,45 %. Näin ollen kauraa poistui prosessista 67,5 g. Yhtä litraa kohti se tarkoittaa 53,0 g. Kuiva-ainepitoisuus kertoo liuenneen kauran määrän. Valmiin tuotteen kuiva-ainepitoisuus oli 9,55 %, kun taas kaupallisten juomien kuiva-ainepitoisuus on keskimäärin 10 %.

Homogenoinnin jälkeen pullotettu juoma oli jo hieman paksuuntunut. Lopullinen juoma oli jo huomattavasti paksuuntuneempaa ja vähemmän juoksevaa. Kun valmista tuotetta tarkasteltiin myöhemmin, huomattavissa oli hieman erottumista faaseiksi, mikä on epätoivottu ominaisuus. Pastöroimattomassa verrokissa erottuminen oli huomattavasti voimakkaampaa.

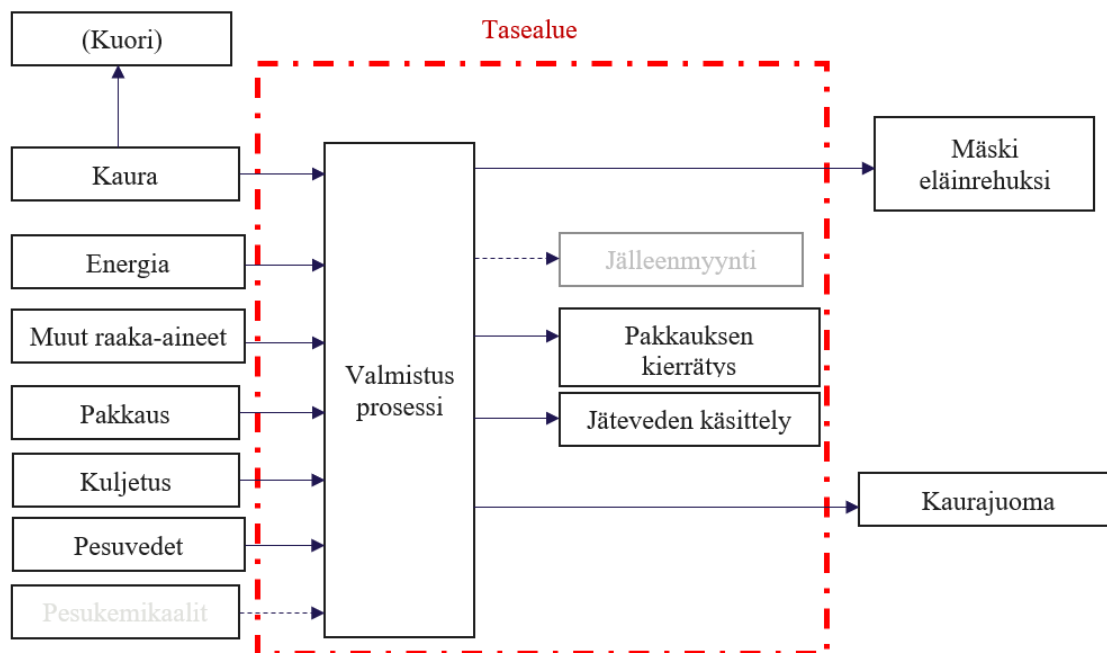
5 KAURAJUOMAN HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN

5.1 Rajaus

Oleellisimpia elinkaariarvioinnin osa-alueita ovat raaka-aineet, energiankulutus sekä pakkaus. Ne muodostavat suurimman osan tuotteen päästöistä. Lisäksi otetaan huomioon pesuihin kuluva vesi sekä jäteveden käsittely. Myös kierrätys tulee sisällyttää elinkaariarviointiin, mutta se on otettu huomioon jo pakkauksen päästökertoimessa.

Koska tuotteen valmistus on kertaluontoista ja kokeilumallinen, matkat jälleenmyyntiin sekä pesukemikaalien käyttö jätetään laskennan ulkopuolelle, vaikka ne normaalisti muodostaisivat tärkeän osan tuotteen elinkaariarvioinnissa, etenkin isommassa mittakaavassa. Tässä tapauksessa ne kuitenkin muodostavat niin pienen osan tuotteen päästöistä, ettei niitä kannata ottaa mukaan laskelmiin. Pesukemikaalien käyttö ei ole myöskään helposti allokoitavissa, sillä Seinäjoen ammattikorkeakoulun Food Labissa, jossa tuote valmistetaan, valmistetaan myös monia muita yksittäisiä tuotteita.

Kuviossa 6 on kuvattu osa-alueiden rajaus sekä tasealue. Punaisen neliön sisälle jäävät osa-alueet sisältyvät tasealueeseen. Harmaalla ja katkoviivalla merkityt kohdat kertovat, että kyseinen tuotejärjestelmän osa on näissä laskelmissa jätetty pois.



Kuvio 6. Elinkaariarviointiin sisältyvät osa-alueet ja rajaus.

5.2 Päästökertoimet

5.2.1 Raaka-aineet

Hiilijalanjäljen laskeminen aloitetaan etsimällä raaka-aineille hiilijalanjäljet. Raaka-aineiden hiilijalanjäljet on koottu taulukkoon 3. Pääraaka-aineelle eli kauralle on tarkasteltavana useampi eri lähteistä löytynyttä päästökerrointa. Kaurajauhon päästökerrointa voidaan käyttää suoraan laskuissa, mutta pelkän kauran päästökertoimeen sisältyy mm. kauran kuori, jota on kaurassa n. 30 %. Kuorta ei kuitenkaan käytetä kaurajuoman valmistukseen, vaan sitä voidaan hyödyntää muissa tuotteissa. Tässä tapauksessa päästöjä tulisi allokoida kuoren ja käytettävän osuuden kesken. Lisäksi tulee pohtia allokointia ylijäävän liukenemattoman kauran suhteen.

Amyloglukosidaasin päästökertoimena on käytetty samaa kerrointa kuin alfa-amylaasille, koska sille ei ollut löydettävissä päästökerrointa, eikä sillä ole suurta vaikutusta laskennan lopputulokseen.

Taulukko 3. Raaka-aineiden ja pakkauksen hiilijalanjäljet.

Raaka-aineet	kg CO₂-ekv/kg	
Kaura	0,57	(LCA food, i.a.)
Kaura	0,38	(Clune, S. ym., 2016)
Kaurajauho	1,3	(Carboncloud, 2022)
Rypsiöljy	3,39	(Saarinen ym., 2014)
Suola	0,031	(Carboncloud, i.a.)
Kalsiumkloridi	0,89	(Winnibeg, 2012)
Alfa-amylaasi	1,0	(Edwards ym., 2017)
Vesi	0,00004	(HSY, 2017)
	kg CO₂-ekv/pkt	
Pakkaus	0,0583	(Swedish Institute for Food and Biotechnology, i.a.)

5.2.2 Energiakulutus, matkat, kierrätys sekä jäteveden käsittely

Laskelmissa otetaan huomioon energiankulutus, matkat, kierrätys, sekä jäteveden käsittely. Tässä tapauksessa kierrätys on sisällytetty pakkauksen hiilijalanjälkeen.

Koska maidon teollinen käsittely on lähes samankaltaista kaurajuoman valmistuksen kanssa, arvona käytettiin energiankulutusta maitolitralle kohti. Ladha-Saburan ym. (2019) mukaan maidon prosessoinnin energian kulutus on 2,73 MJ/l. Päästökertoimena käytettiin Y-HIILARIN päästökertoimena yleissähkölle ($1,56 \cdot 10^2$) kg CO₂-ekv.

Jäteveden käsittelyn päästöt ovat Awaiteyn (2020) mukaan keskimäärin 0,7 CO₂-ekv/m³. Matkoja on tässä tapauksessa vaikea arvioida, joten arvona käytettiin raaka-aineiden kuljetuksille Oatlyn laskelmissaan käyttämää 0,024 kg CO₂-ekv (Swedish Institute for Food and Biotechnology, i.a.).

5.3 Laskelmat

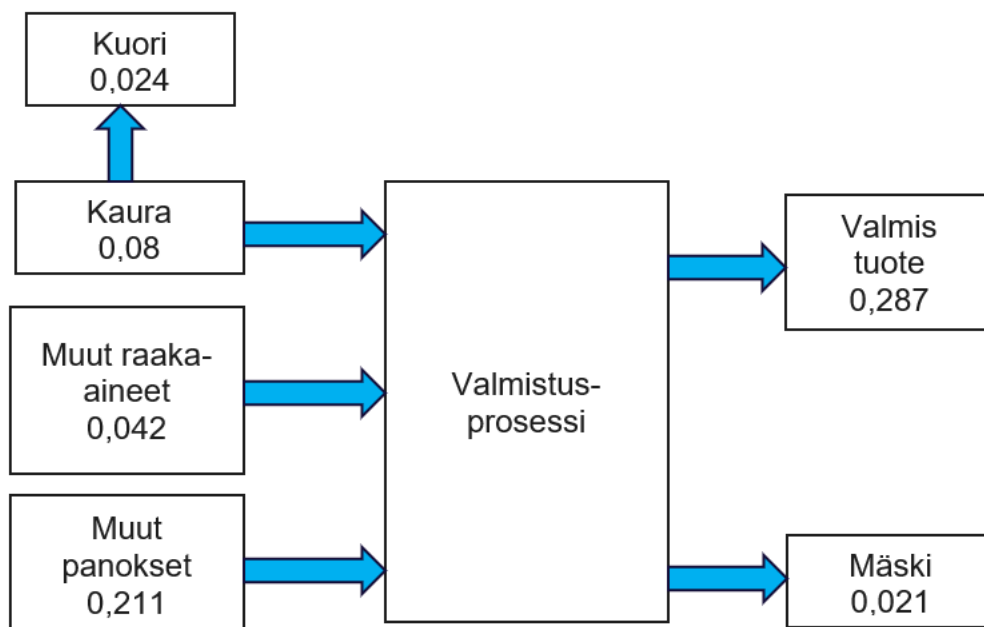
5.3.1 Keskiarvojen arvot

Ensimmäinen lasku keskiarvoilla on kuvattu taulukossa 4. Ensimmäisessä laskussa käytettiin kauran päästökertoimena 0,57 CO₂-ekv/kg, joka oli päästökertoimien vaihteluvälin

keskellä. Kauran hiilijalanjäljessä huomioitiin kauran kuoren poistuminen. Lisäksi otettiin huomioon prosessissa poistuva mäski. Kuviossa 7 on kuvattu prosessin tasetarkastelu.

Taulukko 4. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki keskvälän arvoilla kg CO₂-ekv.

	kg CO ₂ -ekv
Kaura	0,080
Kuori	-0,024
Mäski	-0,021
Muut raaka-aineet	
Rypsiöljy	0,04
Suola	3,62*10 ⁻⁵
Amylaasi	0,0004
amyloglukosidaasi	0,0004
Kalsiumkloridi	0,001
Vesi	5,03*10 ⁻⁵
Yhteensä	0,042
Energia	0,118
Jätevesi	0,011
Matkat	0,024
Pakkaus	0,058
Yhteensä	0,287



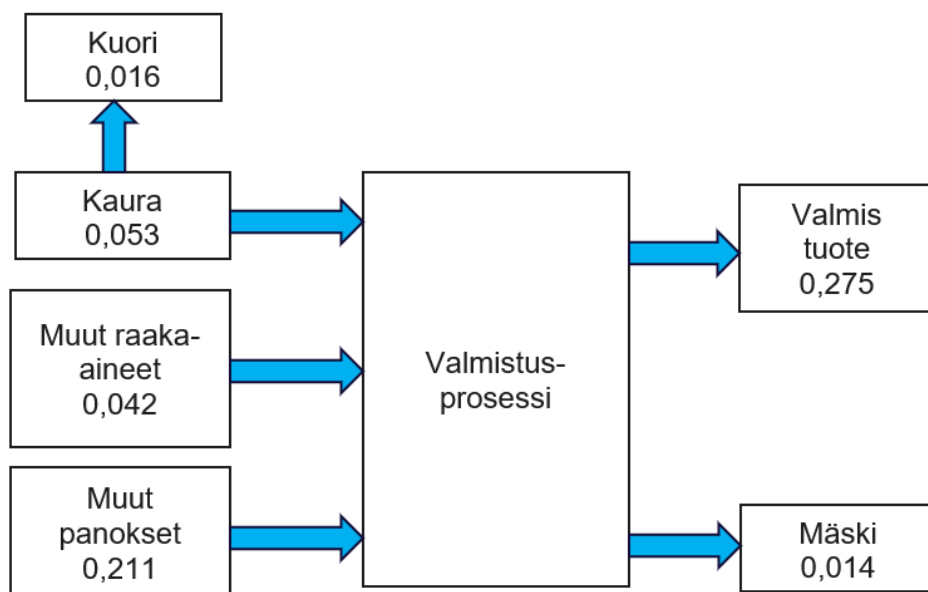
Kuvio 7. Keskvälän arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.

5.3.2 Matalimmat arvot

Toinen lasku on kuvattu taulukossa 5. Toisessa laskussa käytettiin vaihteluvälin matalinta arvoa. Lisäksi otettiin huomioon kaurankuori sekä mäski. Kuviossa 8 on kuvattu prosessin tasetarkastelu.

Taulukko 5. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki matalimmilla arvoilla kg CO₂-ekv.

	kg CO ₂ -ekv
Kaura	0,053
Kuori	-0,016
Mäski	-0,014
Muut raaka-aineet	
Rypsiöljy	0,04
Suola	$3,62 \cdot 10^{-5}$
Amylaasi	0,0004
Amyloglukosidaasi	0,0004
Kalsiumkloridi	0,001
Vesi	$5,03 \cdot 10^{-5}$
Yhteensä	0,042
Energia	0,118
Jätevesi	0,011
Matkat	0,024
Pakkaus	0,058
Yhteensä	0,275



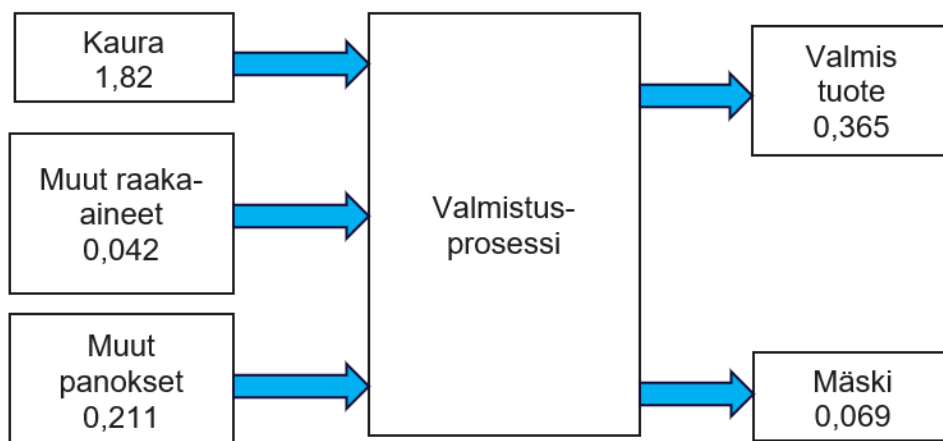
Kuvio 8. Matalimmilla arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.

5.3.3 Korkeimmat arvot

Kolmas lasku on kuvattu taulukossa 6. Kolmannessa laskussa käytettiin vaihteluvälin suurinta arvoa. Tässä tapauksessa ei tarvitse ottaa huomioon kaurankuoren poistumista, koska käytetään suoraan kaurajauhon päästökerrointa. Mäskin poistuminen otettiin huomioon. Kuviossa 9 on kuvattu laskun tasetarkastelu.

Taulukko 6. Pakatun kaurajuoman hiilijalanjälki korkeimmilla arvoilla kg CO₂-ekv.

	kg CO ₂ -ekv
Kaurajauho	0,182
Mäski	-0,069
Muut raaka-aineet	
Rypsiöljy	0,04
Suola	3,6*10 ⁻⁵
Amylaasi	0,0004
Amyloglukosidaasi	0,0004
Kalsiumkloridi	0,001
Vesi	5,03*10 ⁻⁵
Yhteensä	0,042
Energia	0,118
Jätevesi	0,011
Matkat	0,024
Pakkaus	0,058
Yhteensä	0,365

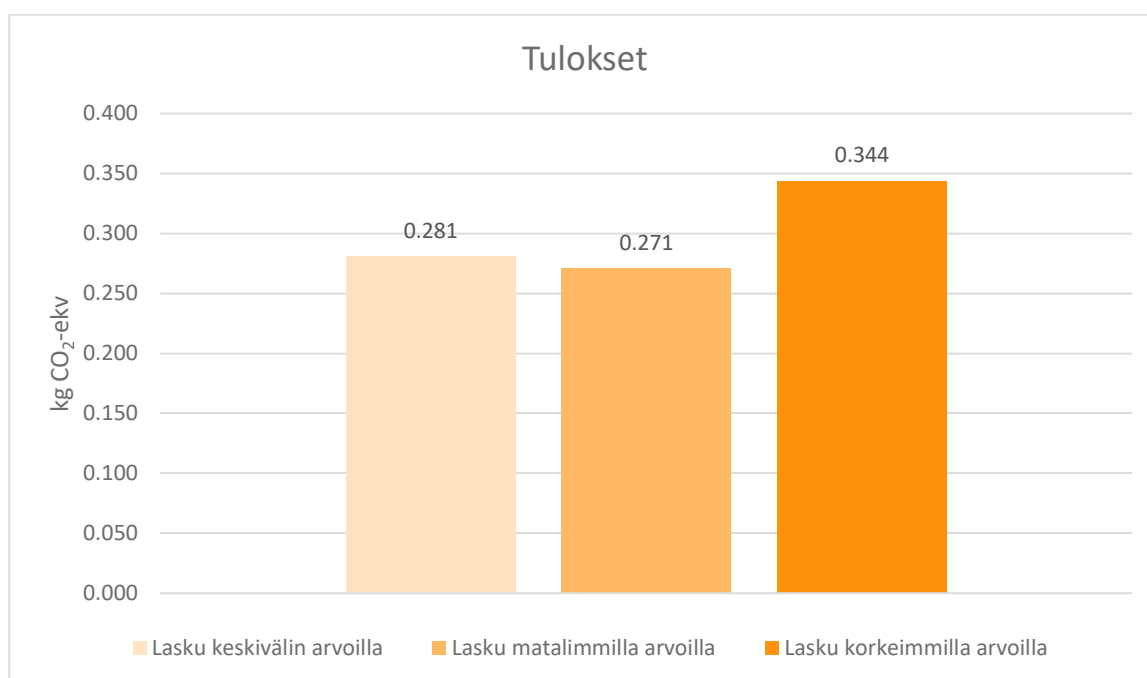


Kuvio 9. Korkeimmilla arvoilla lasketun laskun tasetarkastelu.

6 YHTEENVETO JA TULOKSET

6.1 Laskelmien vertailu

Kuviossa 10 on esitetty laskelmien tulokset. Tulosten välillä ei ole erityisen suuria eroja, mutta kolmas lasku, jossa käytettiin kauralle suurinta arvoa, erottuu erityisesti muista. Kahden ensimmäisen laskun välillä on vain pieniä eroja. Kun käytetään kauran raaka-aineryhmän hiilijalanjälkeä, joka on muutenkin prosessoitua kauraa pienempi, laskuista saadaan vielä entistä matalampia arvoja, kun laskuista voidaan poistaa kaurankuori.



Kuvio 10. Tulosten vertailu keskenään.

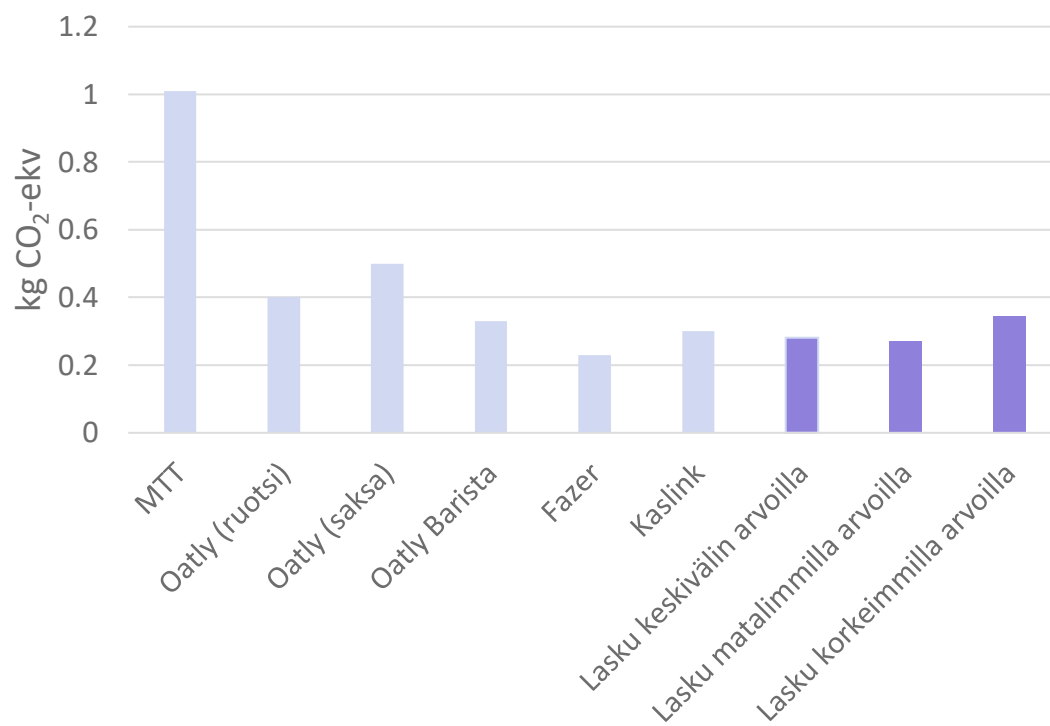
6.2 Julkaistuja tuloksia

Taulukkoon 7 on koottu vertailuarvoiksi MTT:n ja yritysten julkaisemia kaurajuoman hiilijalanjälkeä. Kuviossa 11 vertaillaan julkaistuja tuloksia tämän opinnäytetyön tuloksiin. Tulokset ovat suunnilleen samoilla tasoilla yritysten saamien tulosten kanssa. Erityisesti suomalaiset yritykset ovat saaneet hyvin samantasoisia arvoja tämän opinnäytetyön

tulosten kanssa. Huomattavaa on, että yritykset ovat saaneet pienempiä tuloksia, kuin tutkimuskeskus, jolla ei ole liiketoimintaa tuotteiden suhteen.

Taulukko 7. Julkaistuja päästökertoimia kaurajuomalle vertailuarvoiksi.

Julkaisija	kg CO₂-ekv
MTT (Saarinen ym., 2014)	1,01
Oatly (Ruotsi) (Swedish Institute for Food and Biotechnology, i.a.)	0,4
Oatly (Saksa) (Swedish Institute for Food and Biotechnology, i.a.)	0,5
Oatly Barista (Carboncloud, 2021)	0,33
Fazer (Fazer, 2021)	0,23
Kaslink (Kaslink, 2022)	0,3



Kuvio 11. Tulosten vertailu julkaistuihin lukuihin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Laskuista tulee painottaa niiden epävarmuutta. Testit tehtiin laboratoriomittakaavassa, mikä tulee huomioida verrattaessa niitä teollisuusmittakaavan tuotteisiin, vaikka tuloksista saatiin samankaltaisia. Raaka-aineiden päästöistä ei ole alueellista, tai tuotantoketjukohtaista tietoa ja päästöt yleensä hieman vaihtelevat alueittain. Tässä tapauksessa tuotantoketjukohtaista tietoa ei olisi ollut järkevää edes hankkia, sillä kyseessä oli kertaluontoinen kokeilu. Lisäksi keskivälin laskussa ja matalimpien arvojen laskussa kauran raaka-aineryhmän päästökerrointa käytettäessä arvoista puuttuu mm. kauran prosessointi kaurajauhoksi, ja tämä saattaa vaikuttaa hiilijalanjälkeen. Myös poisrajatut osuudet voivat vaikuttaa tulokseen.

Lisäksi erilaisilla resepteillä ja valmistustavoilla voidaan saada erilaisia tuloksia. Jos esimerkiksi ei käytettäisi entsyymejä, kauraa liukenisi vähemmän veteen. Tällöin kauraa täytyy käyttää enemmän, jotta juoman kuiva-ainepitoisuus saataisiin lähelle 10 %. Tällöin myös mäskiä syntyy enemmän. Lisäksi saantoon vaikuttavat lämpötilat sekä sekoitustavat ja -ajat. Laitisen (2021) mukaan Mm. Valio on kehittänyt valmistustavan kaurajuomalleen, jossa ei synny lainkaan mäskiä, vaan kaikki juomassa käytetty kaurajauho päätyy lopputuotteeseen.

Laskuissa oli kuitenkin nähtävissä eroja sekä tulokset olivat samankaltaisia yritysten saamien tulosten kanssa. Laskuista oli myös huomattavissa, miten samasta prosessista voidaan saada erilainen hiilijalanjälki vaihtamalla vain yhden raaka-aineen päästökerrointa. Lisäksi työlle annettuihin tavoitteisiin vastattiin ja laskuista saatiin vertailukelpoisia tuloksia. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää hankkeen jatkossa tehtävissä hiilijalanjälkilaskelmissa.

LÄHTEET

- Hartikainen, H., Katajajuuri, J.-M., Pulkkinen, H., Saarinen, M., Silvenius, F., Usva, K. & Yrjänäinen, H. (7.11.2012a). *Suositus elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla*. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT), https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/foodprint/laskentasuositus/Suositus_071112_Final.pdf
- Hartikainen, H., Katajajuuri, J.-M., Pulkkinen, H., Saarinen, M., Silvenius, F., Usva, K. & Yrjänäinen, H. (7.11.2012b). *Liite 3, tukimateriaali laskentasuositukselle*. MTT, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Vastuullinen ruokaketju – hyvinvoiva kuluttaja. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/foodprint/laskentasuositus/LIITE%203%20Tukimateriaali%20suositukselle_7.11.2012.pdf
- Awaitey, A. (25.11.2020). *Carbon Footprint of Finnish Wastewater Treatment Plants*. Aalto-yliopisto. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/102450/master_Awaitey_Alexis_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carboncloud. (9.9.2021). *Report: The climate footprint of Barista oat drink, Oatly*. <https://a.storyblok.com/f/107921/x/d3e35308bb/04-barista-finland-1.pdf>
- Carboncloud. (i.a.). *Climatehub*. <https://apps.carboncloud.com/climatehub/>
- Clune, S., Crossin, E. & Verghese, K. (2016). *Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories*. Journal of Cleaner Production. Volume 140 (2), s. 766–783. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616303584?via%3Dihub>
- Edwards, R., Padella, M., Giuntoli, J., Koeble, R., O’Connell, A., Bulgheroni, C. & Marelli, L. (2017). *Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation*. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/default_values_biofuels_main_reportl_online.pdf
- Fazer Aito. (2022). *KAURAMAITO VAI KAURAJUOMA?* <https://fazeraito.fi/kauramaito-vai-kaurajuoma/>
- Fazer. (19.8.2021). *Fazer Aito Kaurajuoman hiilijalanjälki on pieni – Hiilijalanjälkilaskenta osa yhtiön kunnianhimoista ilmastotyötä*. <https://mb.cision.com/Main/964/3399509/1456091.pdf>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations and Global Dairy Platform Inc (FAO). (2019). *Climate change and the global dairy cattle sector. The role of the dairy sector in a low-carbon future*. <https://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>
- Helsing, L. (2019). *Comparison between conventional (animal origin) milk and milk from plant kingdom*. Swedish University of Agricultural Sciences. https://stud.epsilon.slu.se/15238/7/helsing_l_191212.pdf
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY). (12.4.2017). *Laadultaan erinomaista juomavettä suoraan hanasta*. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/laadultaan-erinomaista-juomavetta-suoraan-hanasta?publisherId=4346&releasId=59032031>
- Kaslink. (2022). *Kaslink tutki Aito kaurajuoman hiilijalanjäljen*. <https://www.kaslink.fi/kaslink-tutki-aito-kaurajuoman-hiilijalanjaljen/>
- Krampe, C. & Fridman, A. (2021). *Oatly, a serious 'problem' for the dairy industry? A case study*. International Food and Agribusiness Management Review, 25 (1), s. 161. <https://www.wageningenacademic.com/doi/epdf/10.22434/IFAMR2021.0058>
- Laatikainen, R. (16.8.2019). *Kaura on kovassa nosteessa, -eikä syyttä. Kaurassa on enemmän proteiinia kuin muissa viljoissa, ja siinä on runsaasti suojaravintoaineita*. APU Terveys, 2019 (7). <https://www.terve.fi/artikkelit/maito-vs-kaurajuoma>
- Ladha-Sabura, A., Bakalisa, A., Fryera, P.J. & Lopez-Quirogaa, E. (2019). *Mapping energy consumption in food manufacturing*. Trends in Food Science & Technology, 2019 (86), s. 270–280. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417303394>
- Laitinen, J. 8.2.2021. *Oatly kertoi syöttävänsä kaurajuoman sivutuotteen sioille – Valio paljastaa hyödyntävänsä kauran tuotteissaan kokonaan*. Kuluttaja. <https://kuluttaja.fi/artikkelit/oatly-kertoi-syottavansa-kaurajuoman-sivutuotteen-sioille-valio-paljastaa-hyodyntavansa-kauran-tuotteissaan-kokonaan/>
- Lavola, A. (29.10.2019). *Kauramaidon teollinen valmistus (mahdollisuuksia jatkojalostukseen –hanke)*. Itä-Suomen yliopisto/Riveria. <https://luonnostatuotteeksi.riveria.fi/wp-content/uploads/2019/11/Kauramaidon-teollinen-valmistus.pdf>
- LCA Foodconference. (2007). *LCA Food Database: Cash crops*. <http://www.lcafood.dk/>
- Muthu, S. S. (2016). *The carbon footprint handbook*. CRC Press.
- Oatly. (i.a). *The Oatly process*. <https://www.oatly.com/fi-fi/stuff-we-make/our-process>
- Saarinen, M., Sinkko, T., Joensuu, K., Silvenius, F. & Ratilainen, A. (2014). *Ravitsemus ja maaperävaikutukset ruoan elinkaariarvioinnissa*. SustFoodChoice-hankkeen

loppuraportti. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT).
<https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/482916/mtrraportti146.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suomen standardisoimisliitto (SFS). (2020). *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.* (ISO 14040:2006).

Suomen ympäristökeskus. (2019). *Y-HIILARI Hiilijalanjälki -työkalu.* https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/YHiilari

Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK). (i.a). *Oatly.*
<https://www.zaailingen.com/wp-content/bestanden/oatly.pdf>

Winnipeg. (2012). *Emission factors in kg CO₂-equivalent per unit.*
https://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf