

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2019

Juho Anttila

KIERRÄTETTYJEN
BIOPOHJAISTEN ÖLJYJEN JA
RASVOJEN
PUHDISTUSPROSESSIN
KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2019 | 27 sivua, 3 liitesivua

Juho Anttila

KIERRÄTETTYJEN BIPOHJAISTEN ÖLJYJEN JA RASVOJEN PUHDISTUSPROSESSIN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

Tämä opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantona Rasmix Oy:lle. Työn tavoitteena oli laskea toimeksiantajan kierrätettyjen öljyjen ja rasvojen kuivaus- ja puhdistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt. Saatujen tulosten avulla tulisi tunnistaa ympäristöä kuormittavat tekijät. Näin pystytään kehittämään toimintaa edelleen kohti neutraalia hiilijalanjälkeä ja varautumaan tiukentuviin päästövaatimuksiin.

Työ keskittyy prosessin kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan kestävän kehityksen ISCC-sertifikaatin ohjeistuksen mukaisesti. Tekstissä käydään läpi myös yrityksen prosessia, biopolttoaineiden tyyppejä sekä kasvihuonekaasujen teoriaa.

ISCC-sertifikaatin mukainen prosessin kasvihuonekaasujen laskentatapa selvitetään työssä kohta kohdalta, ja sen perusteella laaditaan Excel-pohjainen laskentataulukko. Taulukon avulla yritys voi laskea prosessin tuottaman hiilidioksidiekvivalentin muuttamalla prosessissa tarvittavien resurssien määrää. Näin yritys pysyy jatkuvasti ajan tasalla päästöistä, mikä helpottaa myös sertifioinnin auditoinneissa sekä asiakassuhteiden hoitamisessa.

ASIASANAT:

biopolttoaine, ISCC-sertifikaatti, kasvihuonekaasupäästöt, kestävä kehitys

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2019 | 27 pages, 3 pages in appendices

Juho Anttila

GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM CLEANING PROCESS OF RECYCLED OILS AND FATS

The thesis was commissioned by Rasmix Oy. The aim of the thesis was to calculate the greenhouse gas emissions from a recycled oil and fat cleaning and drying process. With the obtained results it should be clear which factors affect the climate. The process can then be further improved from the carbon neutral perspective to meet the tightening emission legislations.

The thesis focuses on greenhouse gas emission calculations and ISCC-certificate calculation methodology. The thesis studies the company process, biofuel types and theory on greenhouse gases.

ISCC calculation formula for processing emissions was reviewed step by step and an Excel-based spreadsheet was drafted with this information. With the spreadsheet the company can calculate how much carbon dioxide equivalent is produced from the used resources. The company will always have up to date information about emissions, which helps with the certifications and customer relationships.

KEYWORDS:

biofuel, greenhouse gas emissions, ISCC-certification, sustainability

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 RASMIX OY	8
3 NESTEMÄISET BIOPOLTTOAINEET	9
4 JÄTEÖLJYN JA - RASVAN PUHDISTUSPROSESSI	10
5 ISCC-SERTIFIKAATTI	13
6 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT	15
6.1 Hiilidioksidi	15
6.2 Hiilidioksidipäästöjen laskeminen	16
7 PUHDISTUSPROSESSIN KASVIHUONEPÄÄSTÖT	18
8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	23
9 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

LIITTEET

Liite 1. Mäntyöljyn kuivausprosessin päästöt.

KAAVAT

Kaava 1. Hiilidioksidin moolimassa.	16
Kaava 2. Hiilen osuus molekyylin massasta.	16
Kaava 3. Hiilidioksidin määrä.	16
Kaava 4. Yhden bensiinilitran tuottama hiilidioksidimäärä.	17
Kaava 5. Prosessin päästöjen summa (ISCC System 2019c).	18
Kaava 6. Sähkönkulutuksen päästöt (ISCC System 2019c).	19
Kaava 7. Lämmöntuotannon päästöt (ISCC System 2019c).	19

Kaava 8. Muiden resurssien päästöt (ISCC System 2019c).	19
Kaava 9. Jäteveden puhdistuksen päästöt (ISCC System 2019c).	19

KUVAT

Kuva 1. Märkärenderöintiprosessin vaiheet.	10
Kuva 2. Dekantteri (Alfa Laval Corporate AB 2019).	11
Kuva 3. Kolmivaiheseparaattori (E2SE 2018).	12
Kuva 4. ISCC-järjestelmän rakenne (ISCC System 2019a).	13

TAULUKOT

Taulukko 1. Prosessin päästöt taulukoituna (biopolttoaine).	21
Taulukko 2. Prosessin päästöt taulukoituna (fossiilinen polttoaine).	21

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CTO	Crude tall oil
EF	Emission factor
EU	Euroopan unioni
FQD	Fuel quality directive
GJ	Gigajoule
GWP	Global warming potential
ISCC	International Sustainability & Carbon Certification, Kansainvälinen kestävän kehityksen ja hiilijalanjäljen sertifiointijärjestö
RED	Renewable energy directive
UCO	Used cooking oil

1 JOHDANTO

Maapallon ilmastopoliitikan voidaan sanoa olevan eräänlaisessa murroksessa, ja jatkuvasti tiukentuvat päästövaatimustavoitteet ohjaavat myös teollisuutta kohti neutraalia hiilijalanjälkeä. Perinteiset fossiiliset polttoaineet väistyvät hiljalleen, kun rinnalle on kehitetty ja kehitetään edelleen uusiutuvista raaka-aineista ja jätteistä valmistettuja polttoaineita.

Opinnäytetyö tehdään Rasmix Oy:lle. Yrityksen keskeinen tarkoitus on auttaa yhteiskuntaa saavuttamaan päästötavoitteet ja hiilineutraali tasapaino kierrättämällä biopohjaista jäterasvaa ja -öljyä teollisuuden jatkojalostukseen. Tällä hetkellä puhdistusprosessista syntyvää kasvihuonekaasukuormaa ei tarkkaan tiedetä.

Yrityksellä on kansainvälinen kestävä kehityksen ISCC-sertifikaatti, mutta sertifiointi keskittyy tällä hetkellä biopolttoaineen jalostukseen ja sen raaka-aineiden alkuperään, tuotantoon sekä kuljetusten kasvihuonekaasupäästöihin. Tiukentuviin päästömääräyksiin ja sertifikaatin vaatimusten mahdolliseen muuttumiseen on hyvä varautua ja yritys haluaa kehittää toimintaansa jatkuvasti ilmastoystävällisempään suuntaan.

Työn tavoitteena on selvittää puhdistusprosessissa tarvittavat resurssit, niiden määrä sekä laskea niistä aiheutuva kasvihuonekaasupäästöjen määrä ISCC-sertifikaatin ohjeistuksen mukaisesti. Yrityksellä ei tällä hetkellä ole tarkkaa tietoa siitä kuinka paljon prosessi tuottaa päästöjä. Opinnäytetyön tulosten perusteella selviää päästöjen tämän hetkinen tilanne ja saadaan tietoa siitä, missä voitaisiin vielä kehittyä.

2 RASMIX OY

Rasmix Oy on Riihimäellä toimiva erityisesti biohajoavien öljypohjaisten materiaalien kierrätykseen ja jalostukseen erikoistunut yritys. Rasmix Oy on perustettu vuonna 1996, mutta yrityksen toiminta on ollut jatkumoa jo 1900-luvun alussa perustetun Luukeskuk- sen liimatehtaalle. Luukeskuksen jälkeen yritystoiminta on pyörinyt muun muassa toimi- nimillä Rafex Oy, Rasvatuote Oy ja Rastex Oy. Nykyinen omistus pohja aloitti toimintansa alkuvuodesta 2018.

Yrityksellä on maapinta-alaa noin 7 hehtaaria logististen toimintojen hoitamiseen, josta noin hehtaari on metsää. Lisäksi kiinteistöllä on säiliökapasiteettia yhteensä 2245 m³ ja oma laboratorio tuotannon valvomiseen ja ohjaamiseen.

Rasmix Oy käsittelee ja prosessoi teollisuuden sivuvirtoina syntyviä jätteitä uusiokäyt- töön kiertotalouden periaatteiden mukaisesti. Yrityksen tavoitteena on hyödyntää synty- vät sivuvirrat mahdollisimman tehokkaasti, jotta jopa 100% materiaalista voitaisiin uusio- käyttää ja jalostusarvo maksimoida. Käsitellyistä jätteistä saadaan erinomaisen laadukas ja puhdas lopputuote teollisuuden hyödynnettäväksi.

Yritys kerää ja ottaa vastaan muun muassa käytettyä paistorasvaa, joka puhdistetaan ja toimitetaan eteenpäin jatkojalostettavaksi biopolttoaineeksi. Myös heidän käsittelemäs- tään mäntyöljystä jalostetaan uusiutuvaa biopolttoainetta.

3 NESTEMÄISET BIOPOLTTOAINEET

Perinteisten fossiilisten polttoaineiden rinnalle on kehitetty biomassasta jalostettuja nestemäisiä biopolttoaineita. Biopolttoaineiden käyttöä, jalostusta ja kehitystä on vauhdittanut etenkin jatkuvasti tiukentuneet päästövähennystavoitteet. Tuotteiden käytöstä ei synny hiilipäästöjä, sillä raaka-aineet ovat sitoneet jo aikaisemmin poltettaessa syntyvän määrän hiilidioksidia (Neste 2019a). Toisin kuin fossiilista polttoainetta poltettaessa, biopolttoaineen palaessa muodostuva hiilidioksidi on osa hiilen luonnollista kiertoa eikä se näin ollen lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Biopolttoaineet ovat jaoteltu eri sukupolviin niiden valmistustavan, materiaalin ja ominaisuuksien perusteella (Motiva 2017).

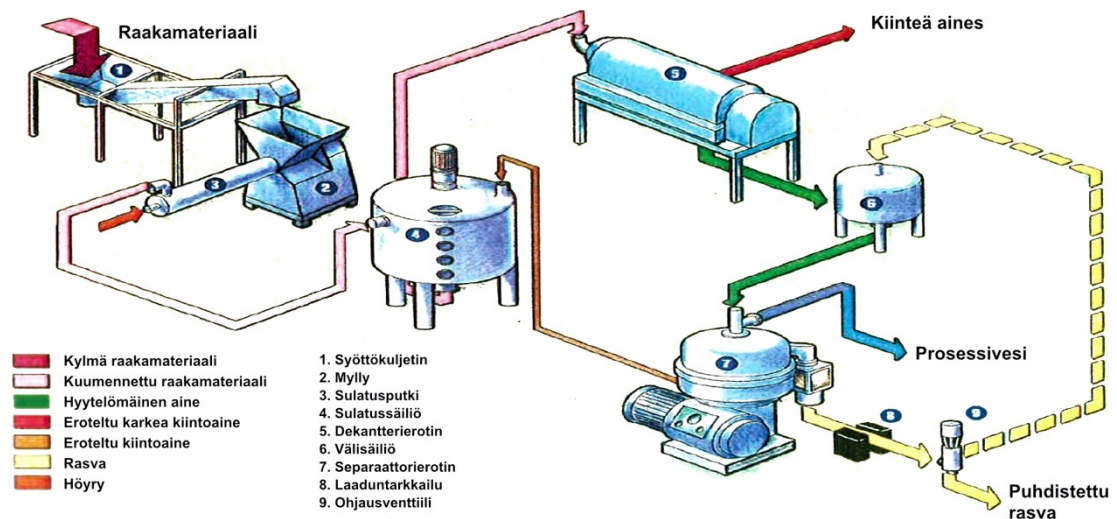
Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineita valmistetaan maailmanlaajuisesti tärkkelys- ja öljypitoisista kasveista sekä bioraaka-aineista. Nämä polttoaineet valmistetaan usein ruoantuotantoon soveltuvista raaka-aineista, eivätkä ne näin ollen noudata kestävän kehityksen periaatteita. Liikenteen biopolttoaineista biodiesel kuuluu tähän ryhmään. Perinteinen biodiesel tunnetaan myös nimellä FAME (Fatty Acid Methyl Ester), eikä sitä voida käyttää sellaisenaan normaaleissa dieselautoissa, sillä se ei täytä autovalmistajien asettamia vaatimuksia. (Motiva 2017.)

Toisen sukupolven biopolttoaineita kutsutaan kehittyneiksi biopolttoaineiksi. Ne valmistetaan kasvi- ja puupohjaisesta selluloosasta sekä jätteistä. Jätteiden osuutta pyritään lisäämään entisestään. Kehittyneet biopolttoaineet eivät kilpaile ruoantuotannon kanssa, sillä valmistukseen ei käytetä ruoaksi soveltuvia raaka-aineita. Useimmiten raaka-aineet ovat teollisuuden sivutuotteita, joten myöskään arvokasta viljelyalaa ei tarvitse varata ruoantuotannolta. Kolmannen sukupolven biopolttoaineissa tullaan käyttämään täysin uusia raaka-aineita, mutta niitä ei ole vielä kaupallisessa tuotannossa. (Autoalan tiedotuskeskus 2019.)

Esimerkiksi Nesteen valmistama My uusiutuva diesel on toisen sukupolven biopolttoaine, jota voidaan käyttää jopa sellaisenaan suurimmassa osassa dieselmootoreita. Ominaisuuksiltaan se vastaa laadukasta fossiilista dieseliä, ja esimerkiksi perinteiseen biodieseliin verrattuna se on erittäin puhdasta. Uusiutuva diesel tunnetaan myös nimellä HVO (Hydrotreated Vegetable Oil) (Neste 2016). Rasmix Oy:n puhdistamasta materiaalista jatkojalostetaan muun muassa toisen sukupolven biopolttoaineita.

4 JÄTEÖLJYN JA - RASVAN PUHDISTUSPROSESSI

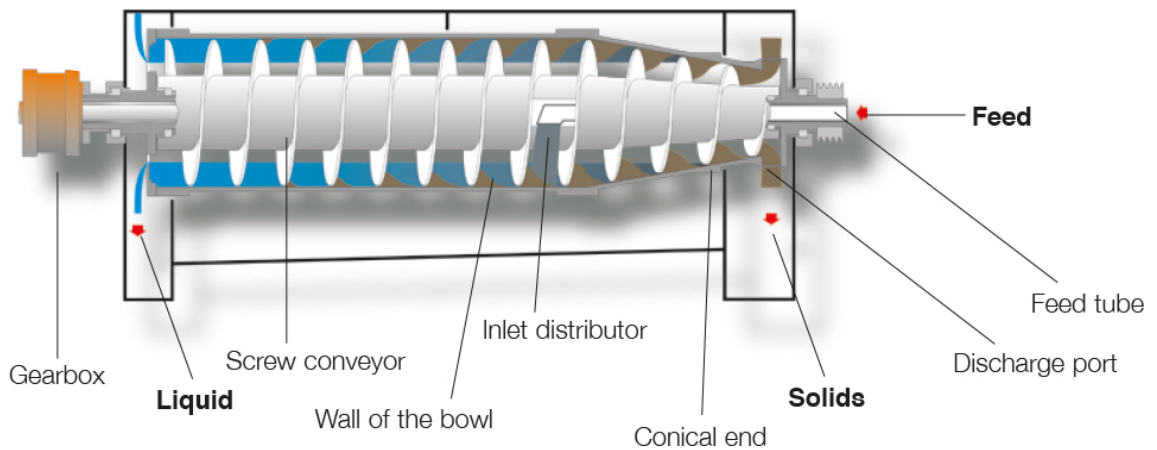
Puhdistusprosessin energiankuluttajien tunnistamiseksi tulee prosessi kuvata. Jäteöljyjen ja jäterasvojen puhdistus- ja kuivausprosessi on osittain identtinen materiaalien laadusta tai rakenteesta riippumatta (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019). Puhdistus- ja kuivausprosessi on jatkuvatoiminen märkärenderöinti prosessi. Märkärenderöinti tarkoittaa rasvan erottamista lihasosasta kuumentamalla höyryn avulla (Rantanen 2010). Prosessi kuvattuna kuvassa 1.



Kuva 1. Märkärenderöinti prosessin vaiheet.

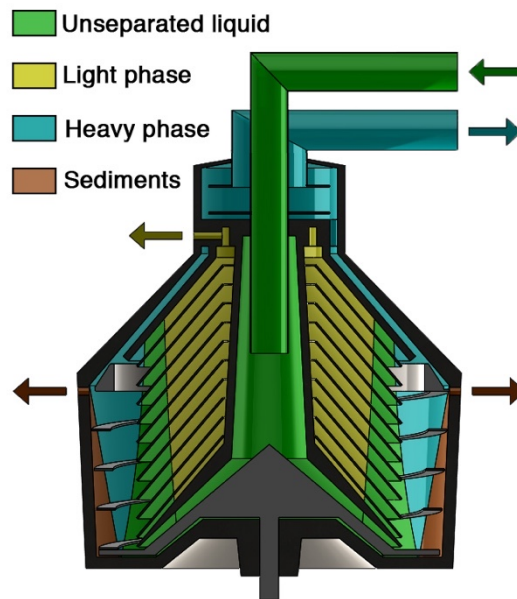
Aluksi kylmä kiinteä raakamateriaali siirretään syöttökuljettimelle, joka kuljettaa materiaalin myllyyn. Mylly jauhaa materiaalin haluttuun partikkelikokoon, jonka jälkeen se ohjataan myllyn yhteydessä olevan sulatusputken läpi. Sulatusputkessa massa kuumentetaan ja sulatetaan johtamalla höyryä sulatusputkeen. Prosessiin tarvittava höyry valmistetaan polttoainetta polttamalla erillisessä höyrykattilassa, josta höyryä voidaan jakaa tuotannon eri vaiheiden käyttöön. Paistorasvaa (UCO) käsitellessä raaka-ainetta ei tarvitse erikseen jauhaa, sillä materiaali on jo valmiiksi nestemäistä ja partikkelikoko on myllyn jauhekokoa pienempi. (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019.)

Kuumennettu hienojakoinen massa ohjataan putkistossa sulatussäiliöön, joka toimii väliarastona ja mahdollistaa massan lämmittämisen edelleen. Lämmittäessä materiaali hakeutuu eri faaseihin tiheyden mukaan edistäen separointiprosessia. Kuumennettu raakamateriaali pumpataan dekanttereihin, joissa seoksesta erotetaan kiintoaineet linkoamalla. (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019.) Dekantterissa ruuvikuljetin ja runko pyörivät eri suuntiin hieman eri nopeuksilla tiivistäen kiinteän materiaalin dekantterin seinämään (Alfa Laval Corporate AB 2019). Ruuvikuljetin kuljettaa kiinteän aineen kartiomaiseen päähän ja puhdistettu juokseva materiaali saadaan eroteltuna toisesta päästä. Dekantterin rakenne näkyy kuvasta 2.



Kuva 2. Dekantteri (Alfa Laval Corporate AB 2019).

Vesi-rasvaseos ohjataan välisäiliön kautta edelleen kuvan 3 mukaiseen kolmivaihe keskipakoseparaattori-erottimeen. Separaattorissa vesi erotetaan rasvasta noin 95 - 100 °C lämpötilassa keskipakoisvoimaa hyväksi käyttäen. Materiaalista erotetaan vesi ja kiinteä aines pumppaamalla se separaattoriin, jonka jälkeen separaattorin sisällä olevaa kartion muotoista levypakkaa kiihdytetään pyörimisliikkeeseen. Painavampi kiinteä aines ja vesi kerääntyy separaattorin ulkoreunoille, kun taas öljy tai rasva kevyempänä nousee ylöspäin ja pumpataan pois. (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019.)



Kuva 3. Kolmivaiheseparaattori (E2SE 2018).

Puhdistettu rasva varastoidaan säiliöissä, kunnes se lastataan kuljetusauton kyytiin. Lastausvaiheessa rasvaa vielä kuumennetaan, jotta se saadaan juoksevammaksi ja pumputta ajoneuvoon. (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019.)

Rasmix myös kuivaa mäntyöljyä (CTO) jatkojalostuksen tarpeisiin. Mäntyöljyn kuivaus eroaa paistorasvan kuivaamisesta, sillä mäntyöljyä ei voida kuivata yrityksen kolmivaiheseparaattorilla sen huonon hallittavuuden takia. Kuivausprosessissa käytetään painovoimaseparointia, jossa mäntyöljyä lämmittämällä saadaan sen eri faasit erottumaan ja hakeutumaan eri kerroksiin tiheyden perusteella. Erottumista saadaan parannettua lisäämällä joukkoon laskennallinen määrä rikkihappoa veden ominaispainon kasvattamiseksi. (Jukka Kinnunen, haastattelu 30.09.2019.)

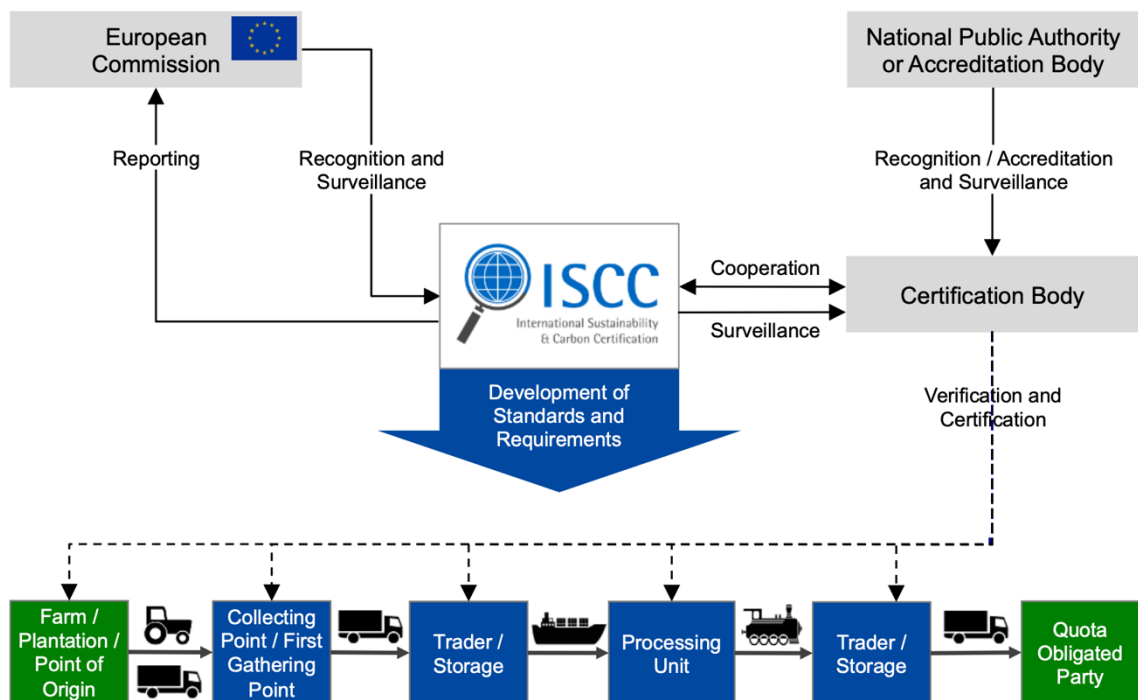
Prosessin kuluttajat listattuna

- 2 kpl höyrykattiloita lämmön ja paineen tuotantoon (1,3 MW - 10 bar)
- 3 kpl dekanttereita kiintoaineen erotteluun
- 3kpl kolmivaihe keskipakoseparaattoreita veden erotukseen
- 4kpl trukkeja ja kuormauskoneita
- autovaaka kuormien punnitsemiseen
- 250kW aggregaatti sähköntuotannon varmistamiseen
- sähköllä toimivat pumput ja sekoittajat

5 ISCC-SERTIFIKAATTI

ISCC on kansainvälinen kestävän kehityksen sertifiointijärjestö, joka tarjoaa ratkaisuja, asettaa vaatimuksia ja valvoo biomassan koko tuotanto- ja toimitusketjua. Järjestön tavoite on tarjota ratkaisuja kestävän kehityksen takaamiseksi ja läpinäkyvän toimitusketjun rakentamiseksi. ISCC-sertifikaatti on ensimmäinen Euroopan unionin tunnustama biomassan sertifiointijärjestelmä, ja se perustuu Euroopan komission uusiutuvan energian direktiiviin RED 2009/28/EC ja polttoaineen laatudirektiiviin FQD 2009/30/EC. (ISCC System 2019a.)

RED-direktiivi määrittelee, että vuoteen 2020 mennessä EU:n käyttämästä energiasta 20 % tulisi olla peräisin uusiutuvista energialähteistä. Myöhemmin vaatimusta on nostettu 32 %:iin vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi vuoteen 2020 mennessä liikenteessä käytetystä polttoaineesta 10 % tulisi olla peräisin uusiutuvista lähteistä. Direktiivissä annetaan biopolttoaineiden valmistamiselle kestävän kehityksen vaatimukset, ja näitä muun muassa ISCC sertifiointeissaan valvoo. (European Commission 2019a). Kuva 4 antaa yleiskuvan ISCC EU järjestelmän rakenteesta.



Kuva 4. ISCC-järjestelmän rakenne (ISCC System 2019a).

ISCC-sertifikaatti osoittaa yrityksen noudattavan seuraavia kestävän kehityksen periaatteita (ISCC System 2019b):

- Ekologinen kestävyys:
 - luonnon monimuotoisuuden suojeleminen
 - metsien suojeleminen
 - maan, meren ja ilmaston suojeleminen
 - kasvihuonepäästöjen rajoittaminen
- Sosiaalinen kestävyys:
 - turvalliset työolot
 - ihmisoikeuksista kiinni pitäminen

Tällä hetkellä Rasmix Oy:llä oleva ISCC EU-sertifikaatti ei vaadi kasvihuonekaasupäästöjen laskemista tai niiden ilmoittamista prosessin osalta, sillä märkärenderöintiprosessi ei olennaisesti muuta polttoaineksi jalostettavan käytetyn paistorasvan fyysisiä tai kemiallisia ominaisuuksia. Tulevaisuudessa tämä voi kuitenkin tulla ajankohtaiseksi, sillä viiden vuoden välein ISCC tarkastelee vaatimukset uudelleen ja päättää mahdollisista muutoksista. (ISCC System 2019a.) Vaaditaan jatkuvaa kehittymistä, jotta hiilineutraali tasapaino voidaan saavuttaa ja ilmastonmuutos pysäyttää.

6 KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT

Kasvihuonekaasut ovat ilmakehässä olevia kaasuja, jotka sitovat auringon tuottamaa lämpöä estäen osittain sen heijastumista takaisin avaruuteen. Tätä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi. Ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ovat voimistaneet ilmiötä aiheuttaen ilmaston lämpenemisen ja muuttumisen. (Ikonen 2013, 10)

Tämän opinnäytetyön kasvihuonekaasupäästöjen laskuissa yksikkönä käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO_2e). Hiilidioksidiekvivalentti on kaikkien kasvihuonekaasujen yhteismitta, mikä ottaa huomioon eri kaasujen ympäristövaikutuksen ja muuntaa ne vastaamaan hiilidioksidin ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Vaikutuksen yhtenäistäminen toteutetaan käyttämällä GWP-kertoimia (global warming potential). GWP-kerroin kuvaa eri kasvihuonekaasujen päästöjen lämmitysvaikutuksen suuruuden eri aikasykleillä verrattuna hiilidioksidipäästöjen ilmastovaikutukseen. (Suomen virallinen tilasto 2018.) Näin ilmoitettuinä päästöarvot ovat helposti vertailtavissa.

GWP100-kerroin vertaa lämmitysvaikutusta sadan vuoden ajalta. Hiilidioksidin GWP kerroin on 1 ja esimerkiksi metaanin GWP100-kerroin on 23 (European Commission 2019b). Näin ollen yhden kilogramman metaanipäästön lämmitysvaikutus vastaa sadan vuoden aikana 23 kg:n hiilidioksidipäästöä.

6.1 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi eli CO_2 on hiilestä ja hapesta koostuva ja ilmakehässä pieninä pitoisuuksina esiintyvä kaasu. Hiilidioksidi luokitellaan kasvihuonekaasuksi yhdessä muun muassa metaanin (CH_4), dityppioksidin (N_2O) ja kloorifluorihilivety-yhdisteiden (CFC) kanssa. Ihmisen toiminnan takia ilmakehän hiilidioksidipitoisuudet ovat nousseet ja kasvihuoneilmiö kiihtynyt. Se onkin merkittävin ilmakehää kuormittava kaasu, sillä sitä ei voida pako-kaasuista poistaa (Ikonen 2013, 10)

Hiilidioksidia syntyy hiilen täydellisessä palamisessa. Tieliikenteessä käytetyt polttoaineet bensiini ja diesel koostuvat pääosin hiilivedyistä. Palamisreaktiossa hiilivety reagoi hapen kanssa, eli hiili hapettuu hiilidioksidiksi ja vety divetymonoksidiksi eli vedeksi. Toisin sanoen, kun happea on saatavilla tarpeeksi, niin täydellisessä palamisreaktiossa

syntyy vain hiilidioksidia ja vettä. Kun happea ei ole riittävästi puhutaan epätäydellisestä palamisesta. Silloin palamisreaktiossa syntyy myös häkää (CO). (Ikonen 2013, 16)

6.2 Hiilidioksidipäästöjen laskeminen

Hiilidioksidipäästöt riippuvat puhtaasti poltetusta polttoainemäärästä (Ikonen 2013, 16). Jotta palamisessa syntyvä hiilidioksidimäärä voidaan laskea, tulee aluksi tietää molekyylin atomeiden atomimassat (Mäkelä ym. 2016, 187):

Hiili, C: $12,01 \frac{g}{mol}$ Happi, O: $15,999 \frac{g}{mol}$

Tällöin hiilidioksidin CO₂ moolimassa on kaavan 1 mukaisesti:

$$M(CO_2) = 12,01 \frac{g}{mol} + \left(2 \times 15,999 \frac{g}{mol}\right) = 44,008 \frac{g}{mol} \approx 44 \frac{g}{mol}$$

Kaava 1. Hiilidioksidin moolimassa.

Hiilen osuus koko molekyylin massasta saadaan kaavalla 2.

$$\frac{C}{CO_2} = \frac{12,01 \frac{g}{mol}}{44,008 \frac{g}{mol}} = 0,2729$$

Kaava 2. Hiilen osuus molekyylin massasta.

Hiilen ja vedyn suhde polttoaineessa määrittelee syntyvän hiilidioksidimäärän. Mitä vähemmän polttoaineessa on hiiltä, sitä vähemmän syntyy hiilidioksidia. Perinteinen diesel ja bensiini sisältävät noin 86 % hiiltä ja 14 % vetyä. Yhdessä grammassa polttoainetta on siis 0,86 grammaa hiiltä. Hiilidioksidimäärä saadaan laskettua kaavalla 3, kun tiedetään hiilen osuus hiilidioksidimolekyylin massasta sekä polttoaineen sisältämä hiilipitoisuus. (Ikonen 2013.)

$$m(g) = \frac{0,86 g}{\frac{12,01}{44,008}} = 3,151 g$$

Kaava 3. Hiilidioksidin määrä.

Täydellisessä palamisessa yksi gramma polttoainetta tuottaa siis noin 3,15 grammaa hiilidioksidia. Polttoaineiden tiheyksissä on pieniä valmistajakohtaisia eroja, ja esimerkiksi Neste ilmoittaa tuotetiedotteissaan laaturajojensa maksimi- ja minimiarvot. Neste Futura 95 E10 polttoaineessa raja-arvot ovat $720 - 775 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, eli $720 - 775 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ (Neste 2019b). Mikäli bensiini painaisi 750 grammaa litralta, niin täydellisessä palamisessa litra tuottaisi hiilidioksidia kaavan 4 mukaisesti.

$$m (g) = 750 g \times 3,15 \frac{g}{g} = 2363 g$$

Kaava 4. Yhden bensiinilitran tuottama hiilidioksidimäärä.

Diesel on tiheydeltään tyypillisesti noin $840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, eli se on bensiiniä painavampaa (Ikonen 2013, 19). Näin ollen litrasta dieseliä vapautuu myös enemmän hiilidioksidia. Energiasäilytys dieselissä on kuitenkin bensiiniä korkeampi ja dieselmoottorin hyötysuhde on parempi, joten sitä myös kuluu vähemmän.

7 PUHDISTUSPROSESSIN KASVIHUONEPÄÄSTÖT

Jäterasvan ja -öljyn puhdistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt lasketaan tässä opin-
näytetyössä ISCC-sertifikaatin ohjeistuksen mukaisesti. Sertifikaatti ei edellytä kaikkien
tarkkojen arvojen mittaamista, vaan päästöarvoissa voidaan käyttää lueteltujen luotetta-
vien lähteiden oletusarvoja.

Puhdistusprosessin hiilidioksidiekvivalentti per tuotettu 1000 kg puhdistettua tuotetta
saadaan laskemalla kaavan 5 mukaisesti yhteen sähkön, lämmön, jäteveden ja muiden
resurssien aiheuttama hiilidioksidiekvivalentti valitulla ajanjaksolla ja jakamalla se samai-
sen ajanjakson tuotantomäärällä.

$$e_p \left[\frac{kgCO_2e}{t} \right] = \frac{(EM_{sähkö} + EM_{lämpö} + EM_{muut} + EM_{jätevesi}) \left[\frac{kgCO_2e}{v} \right]}{saanto \left[\frac{t}{v} \right]}$$

Kaava 5. Prosessin päästöjen summa (ISCC System 2019c).

Missä e_p = prosessin hiilidioksidiekvivalentti per 1000 kg

t = 1000 kg (tonni)

EM_x = resurssin hiilidioksidiekvivalentti per vuosi

v = vuosi

Sähkönkulutuksen aiheuttama päästökuorma saadaan kaavan 6 mukaisesti, kun tiede-
tään sähkönkulutus valitulla aikavälillä kilowattitunteina ja kerrotaan tämä sähköntuotan-
non päästöarvolla EF. ISCC-standardi antaa dokumentissaan EU-alueen sähköverkon
sähkönkulutuksen päästöarvoksi oletusarvon 460 gCO_2e per kilowattituntia. (ISCC Sys-
tem 2019c.) Rasmix Oy:n käyttämän sähköntuottajan ilmoittama hiilidioksidipäästö-
määrä on $226 \frac{gCO_2}{kWh}$, mutta tarkkaa hiilidioksidiekvivalenttia ei ilmoiteta. Sähkön tuottami-
seen on käytetty 35 % fossiilisia energialähteitä tai turvetta, 36 % ydinvoimaa ja 29 %
uusiutuvia energialähteitä. Jaottelusta voidaan päätellä, että toteutuneet kasvihuonekaa-
supäästöt ovat EU:n oletusarvoa pienemmät, sillä voimalaitospoltossa muiden kasvihuo-
nekaasujen merkitys on pieni hiilidioksidisiin verrattuna. Motivan (2019) mukaan viiden

vuoden liukuvalla ajanjaksolla Suomen sähkötuotannon hiilidioksidipäästökerroin on ollut keskimäärin $158 \frac{gCO_2}{kWh}$. Voidaan olettaa, että Suomen sähkötuotannon keskimääräinen hiilidioksidiekvivalentti on lähellä tuota lukemaa.

$$EM_{sähkö} = \text{Sähkön kulutus} \left[\frac{kWh}{v} \right] \times EF_{paikallinen\ sähkö} \left[\frac{kgCO_2e}{kWh} \right]$$

Kaava 6. Sähkönkulutuksen päästöt (ISCC System 2019c).

Yrityksen prosessissa tarvittava lämpö tuotetaan höyrykattilassa ja ohjataan höyrynä prosessin eri osa-alueille. Yritys käyttää höyrykattilan polttoaineena omasta tuotannostaan tulevaa sivuvirtaa, eli biopolttoainetta. Vertailukohtana yritykselle lasketaan höyryntuotannon hiilidioksidiekvivalentti kaavan 7 mukaisesti jos käytettäisiin fossiilista polttoainetta.

$$EM_{lämpö} = \text{Polttoaineen kulutus} \left[\frac{kg}{v} \right] \times EF_{polttoaine} \left[\frac{kgCO_2e}{kg} \right]$$

Kaava 7. Lämmöntuotannon päästöt (ISCC System 2019c).

Muut prosessissa kuluvat ja tarvittavat raaka-aineet sekä materiaalit lasketaan kaavaa 8 käyttäen. Päästökerroin valitaan kunkin käytetyn materiaalin mukaan. Rasmix Oy:n tapauksessa tähän kuuluvat esimerkiksi työkoneissa käytetty polttoaine ja prosessivesi. Mäntyöljyn kuivauksessa kuluu myös pieni määrä rikkihappoa. Jäteveden neutralointiin ja yleiseen puhdistukseen kuluu hieman natriumhydroksidia eli lipeää.

$$EM_{muut} = \text{kulutus} \left[\frac{kg}{v} \right] \times EF_{muut} \left[\frac{kgCO_2e}{kg} \right]$$

Kaava 8. Muiden resurssien päästöt (ISCC System 2019c).

Prosessin aikana syntynyt jätevesimäärä mitataan ja kaavalla 9 lasketaan sen puhdistamisesta syntyvä hiilidioksidiekvivalentti.

$$EM_{jätevesi} = \text{jätevesi} \left[\frac{m^3}{v} \right] \times EF_{jätevesi} \left[\frac{kgCO_2e}{m^3} \right]$$

Kaava 9. Jäteveden puhdistuksen päästöt (ISCC System 2019c).

ISCC-sertifikaatti käsittää koko biomassan tuotanto- ja toimitusketjun aina valmiiseen biopolttoaineeseen asti. Yrityksen osuus tässä tuotantoketjussa on raaka-aineiden kuljetus ja niiden puhdistaminen. Yllä avattu laskentakaava (kaava 5) on osa tuota biomassan kokonaispäästöjen kaavaa. Lisäksi Rasmix Oy laskee kuljetuksesta syntyvän hiilidioksidiekvivalentin e_{td} , mutta tähän yrityksellä on valmis Excel-pohjainen taulukko olemassa.

Tulokset

Valitun tarkasteluvälin hiilidioksidipäästöt saadaan laskettua Excel-tilin avulla, kuten taulukoissa 1 ja 2 nähdään. Tarkasteltua aikaväliä ei tässä osiossa paljasteta, jotta yrityksen tuotantoluvut eivät paljastuisi.

Excel-tilin punaiset solut täytetään valitun tarkasteluvälin tiedoilla, joista yritys pitää jatkuvasti kirjaa. Siniset päästökerroinsolut (oikeanpuoleinen sarake) ovat ISCC-sertifikaatin antamia oletuskertoimia tai Suomen tilanteeseen sovellettuja arvoja. Keskimäisen sarakkeen siniset arvot ovat laskennallisia arvoja ja tulevat laskentatuloksina, kun punaiset solut täytetään. Vihreät solut kertovat kunkin puhdistusprosessissa tarvittavan resurssin kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenttina.

Taulukossa 1 ei ole otettu huomioon höyrykattilassa poltettua biopolttoainetta, sillä voidaan katsoa, että se ei lisää ilmaston hiilidioksidikuormaa. Tällöin koko laitoksen kuivaus- ja puhdistusprosessin hiilidioksidiekvivalentiksi saadaan $30 \frac{kgCO_2e}{t}$. Taulukosta huomataan, että suurin päästöjen aiheuttaja on sähkö ja toiseksi suurin rikkihappo. Rikkihapon määrä riippuu suurelta osin käsittelystä mäntyöljymäärästä, eikä sitä voida juuri vähentää ilman, että saanto huononee. Sähkön alkuperään voidaan sen sijaan vaikuttaa.

Taulukko 1. Prosessin päästöt taulukoituna (biopolttoaine).

Rasmix Oy Kierrätettyjen biopohjaisten öljyjen ja rasvojen puhdistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt

Kokonaispäästöt, e _p	29,7	kgCO _{2e} / 1000 kg	(Toimitetut rasvat ja öljyt)	Kokonaissaanto	416 075	kg	josta	(Käsittelemätön mäntyöljy)	Mäntyöljyn osuus	287 500	kg
TARKASTELUVÄLILLÄ			PÄÄSTÖKERTOIMET								
EM _{sähkö}	9 207,1	kgCO _{2e}	Sähkön kulutus	40 031	kWh	EF _{sähkö}	0,23	kgCO _{2e} /kWh			
EM _{lämpö}	0,0	kgCO _{2e}	Polttoaineen kulutus	0	litraa	EF _{polttoaine}	0,48	kgCO _{2e} /kg			
EM _{prosessivesi}	405,3	kgCO _{2e}	Veden kulutus	1 351	m ³	EF _{prosessivesi}	0,0003	kgCO _{2e} /kg			
EM _{polttoaine}	166,1	kgCO _{2e}	Polttoaineen kulutus	417	litraa	EF _{polttoaine}	0,48	kgCO _{2e} /kg			
EM _{jätevesi}	334,4	kgCO _{2e}	Jäteveden kulutus	1 013	m ³	EF _{jätevesi}	0,33	kgCO _{2e} /m ³			
EM _{natriumhydroksidi}	895,7	kgCO _{2e}	Lipeä (NaOH)	4 313	kg	EF _{NaOH}	0,2077	kgCO _{2e} /kg			
EM _{rikkihappo}	1 349,2	kgCO _{2e}	Rikkihappo	2 875	kg	EF _{rikkihappo}	0,4693	kgCO _{2e} /kg			

Vertailukohtana taulukkoon 2 on laskettu prosessin päästöt, mikäli höyrykattilassa käytettäisiin fossiilista polttoainetta, eli tässä tapauksessa kevyttä polttoöljyä. Rasmix Oy:n käyttämän biopolttoaineen energiatiheys on todennäköisesti hieman pienempi kuin kevyen polttoöljyn. Tilastokeskuksen (2019) luomasta polttoaineluokituksesta saadaan polttoaineiden teholliset oletuslämpöarvot, ja niiden avulla voidaan laskea kuinka paljon vähemmän fossiilista polttoainetta lämmityksessä kuluisi. Kevyen polttoöljyn lämpöarvo on $43,2 \frac{GJ}{t}$ ja eläin- tai kasvirasvaperäisen biopolttoaineen $37 \frac{GJ}{t}$. Näin ollen fossiilista polttoainetta kuluu arvioilta noin 86 % biopolttoaineen määrään verrattuna.

Taulukko 2. Prosessin päästöt taulukoituna (fossiilinen polttoaine).

Rasmix Oy Kierrätettyjen biopohjaisten öljyjen ja rasvojen puhdistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt

Kokonaispäästöt, e _p	74,0	kgCO _{2e} / 1000 kg	(Toimitetut rasvat ja öljyt)	Kokonaissaanto	416 075	kg	josta	(Käsittelemätön mäntyöljy)	Mäntyöljyn osuus	287 500	kg
TARKASTELUVÄLILLÄ			PÄÄSTÖKERTOIMET								
EM _{sähkö}	9 207,1	kgCO _{2e}	Sähkön kulutus	40 031	kWh	EF _{sähkö}	0,23	kgCO _{2e} /kWh			
EM _{lämpö}	18 422,8	kgCO _{2e}	Polttoaineen kulutus	46 242	litraa	EF _{polttoaine}	0,48	kgCO _{2e} /kg			
EM _{prosessivesi}	405,3	kgCO _{2e}	Veden kulutus	1 351	m ³	EF _{prosessivesi}	0,0003	kgCO _{2e} /kg			
EM _{polttoaine}	166,1	kgCO _{2e}	Polttoaineen kulutus	417	litraa	EF _{polttoaine}	0,48	kgCO _{2e} /kg			
EM _{jätevesi}	334,4	kgCO _{2e}	Jäteveden kulutus	1 013	m ³	EF _{jätevesi}	0,33	kgCO _{2e} /m ³			
EM _{natriumhydroksidi}	895,7	kgCO _{2e}	Lipeä (NaOH)	4 313	kg	EF _{NaOH}	0,2077	kgCO _{2e} /kg			
EM _{rikkihappo}	1 349,2	kgCO _{2e}	Rikkihappo	2 875	kg	EF _{rikkihappo}	0,4693	kgCO _{2e} /kg			

Taulukosta 2 havaitaan, että prosessin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt kasvaisivat selkeästi, mikäli höyryntuotannossa käytettäisiin fossiilista polttoainetta. Valitulla tarkasteluvälillä prosessin hiilidioksidiekvivalentiksi tulisi $74 \frac{kgCO_2e}{t}$. Rasmix Oy pitää kirjaa myös kuljetusten aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä, ja vertailukohtana 314 km:n etäisyydeltä noudettavan paistorasvakuorman kuljetus tuottaa päästöjä $26 \frac{kgCO_2e}{t}$.

Opinnäytetyön aikana Rasmix Oy:n asiakkaan pyynnöstä laskettiin myös suuntaa antava arvio mäntyöljyn kuivauksen aiheuttamasta hiilidioksidiekvivalentista. Laskelma on liitteenä 1, mutta se salataan opinnäytetyön julkaistavassa versiossa. Tulokseksi saatiin, että yhden mäntyöljytönnin kuivaaminen tuottaa noin $16 \frac{kgCO_2e}{t}$. Tulos on suuntaa antava, sillä resurssien jakautumisesta UCO:n ja CTO:n tuotantojen välillä jouduttiin tekemään oletuksia.

8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhä useampi yritys on ympäristötietoinen ja halukas kehittämään omaa toimintaansa ilmaston ehdoilla ja kestäväen kehityksen mukaisesti. Tätä vauhdittaa myös Euroopan Unionin asettamat kasvihuonepäästötavoitteet, yleinen mielipide sekä erilaiset sertifikaatit. Esimerkiksi biomassan ISCC-sertifikaatin saamiseksi tulee tuntea ja dokumentoida koko tuotanto- ja toimitusketju raaka-aineista aina valmiiseen biopolttoaineeseen asti. Pääpaino asettuu Rasmixin asiakkaalle eli polttoaineen loppujalostajalle, mutta ketjussa toimivien välikäsien, kuten Rasmixin tulee olla valmis määrittämään ja ilmoittamaan oma osuutensa kokonaisuudesta.

Rasmix Oy:n osuus tässä tuotantoketjussa on velvoittanut rasvojen ja öljyjen keräilystä ja kuljetuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen tuntemiseen ja laskemiseen. Yrityksellä onkin voimassa oleva ISCC-sertifikaatti. Varsinaisen puhdistusprosessin päästöjä ei vaadita tunnettavaksi, mutta yritys haluaa olla askeleen edellä ja kehittää toimintaansa jatkuvasti. Päästömääräysten tiukentuessa sertifikaatin vaatimukset varmasti tiukentuvat ja tähän on hyvä varautua jo etukäteen.

Opinnäytetyön perusteella yritys saa käsityksen siitä, mitä kaikkea ISCC-sertifikaatti ottaa huomioon prosessin kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa. Tämä auttaa yritystä tarkkailemaan ympäristöä kuormittavia seikkoja ja kehittämään näitä kohteita tulevaisuudessa. Jo nyt yritys käyttää tuotannossaan suurelta osin omasta prosessistaan syntyvää sivuvirtaa biopolttoaineena, mikä vähentää päästöjä huomattavasti. Opinnäytetyön osana tehdyllä Excel-pohjaisella taulukolla saadaan laskettua tarkasteltavan aikavälin kasvihuonekaasupäästöt vaivattomasti ja pysytään ajan tasalla, vaikka tuotantomäärät tai -tavat vaihtelisivat.

Laskentatapa on ISCC-sertifikaatin ohjeistuksen mukainen ja sisältää päästökertoimien oletusarvoja. Tulevaisuudessa näitä päästökertoimia voidaan tarkentaa, jotta päästään tarkempiin lopputuloksiin päästöjen osalta. Sertifikaatin oletusarvot ovat usein esimerkiksi koko Euroopan alueen laskennallisia arvoja, ja moni päästöarvo voi olla Suomen kohdalla pienempi. Esimerkkinä aikaisemmin mainittu sähköenergian päästökerroin, joka sertifikaatissa on annettu EU:n oletusarvona $460 \frac{gCO_2e}{kWh}$ ja Motiva (2019) on puolestaan laskenut Suomen hiilidioksidipäästöiksi $158 \frac{gCO_2}{kWh}$. Kuten tuloksista kävi ilmi, niin suurin osa päästöistä syntyy sähköön käytöstä. Sähkösovimuksella pystytään vaikuttamaan

sähkön tuotantoon käytetyn energian laatuun, ja tässä olisi helpointa pienentää päästöjä vaihtamalla uusiutuvista energialähteistä tuotettuun sähköenergiaan.

Rasmix Oy käsittelee monenlaisia rasva- ja öljytyyppejä tuotantotiloissaan lähes samantyyppisissä prosesseissa. Käsittelyssä on usein muutama erityyppinen rasva tai öljy samaan aikaan, jotka kuitenkin käyttävät samassa höyrykattilassa tuotettua lämpöä. On siis vaikea arvioida, kuinka paljon resursseja toisen rasvatyyppin käsittely vaatii toiseen verrattuna. Tulevaisuudessa voi tulla ajankohtaiseksi tuntea tarkkaan kunkin laadun resurssitarpeet, varsinkin jos vain toinen on sertifioidun alainen tuote. Tällä hetkellä tarkkuudet kuitenkin riittävät sertifiointiin.

Opinnäytetyön tuloksena tehtyä Excel-taulukkoa päästiin testaamaan käytännössä, kun Rasmix Oy:n asiakas pyysi toimittamaan mäntyöljyn kuivausprosessin kasvihuonekaasupäästöjen määrän heidän ISCC-sertifikaattinsa liitteeksi.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea Rasmix Oy:n jäteöljyn ja -rasvan puhdistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt. Yrityksen tavoitteena on edistää yhteiskunnan päästötavoitteiden saavuttamista kierrättämällä jäteöljyä ja -rasvaa teollisuuden jatkojalostuksen tarpeisiin. Rasmix Oy pyrkii kehittymään toiminnassaan jatkuvasti, ja ottamaan ympäristön yhä paremmin huomioon.

Työssä onnistuttiin hyvin, sillä yritykselle saatiin luotua Excel-pohjainen laskentataulukko ISCC-sertifikaatin päästölaskennan periaatteiden mukaisesti. Nyt yritys voi seurata päästötavoitteiden etenemistä ja kehittää omaa toimintaansa kohti hiilineutraalia suuntaa. Lisäksi työstä selviää mitkä asiat vaikuttavat laskentakaavoissa päästöjen suuruuteen.

Tuloksista huomattiin, että omasta tuotannosta aiheutuvan sivuvirran hyödyntäminen biopolttoaineena höyrykattilassa pienensi kasvihuonekaasupäästöjä lähes 60 % verrattuna fossiiliseen polttoaineeseen. Suurimmat päästöt aiheuttaa käytetty sähkö, mutta tätä osuutta saadaan pienennettyä, kun otetaan käyttöön uusiutuvista energialähteistä tuotettu sähkö.

Tulevaisuudessa päästökertoimia olisi hyvä tarkentaa, jotta ne täsmäivät mahdollisimman hyvin juuri tähän kokonaisuuteen, eivätkä ole esimerkiksi koko Euroopan oletusarvoja. Näin on myös mahdollista saada laskennalliset päästöt pienemmiksi. Toinen tulevaisuudessa tavoiteltava uudistus olisi tuotannon resurssien tarkempi kohdentaminen ja niiden tunteminen. Kun tuotantotiloissa prosessoidaan useampaa raaka-ainetta kerrallaan, ei voida olla varmoja siitä, kuinka paljon enemmän toinen materiaali vaatii resursseja. Esimerkiksi lämmön kohdalla höyry on tuotettu samassa kattilassa koko laitoksen tarpeeseen.

LÄHTEET

Alfa Laval Corporate AB 2019. Decanters. Viitattu 9.11.2019 <https://www.alfalaval.com/products/separation/centrifugal-separators/decanters/foodec/>

Autoalan tiedotuskeskus 2019. Nestemäiset biopolttoaineet. Viitattu 28.9.2019 http://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/biopolttoaineet

E2SE 2018. Centrifugal separators. Viitattu 9.11.2019 <http://www.e2se.eu/en/centrifugal-separators/>

European Commission 2019a. Renewable energy directive. Viitattu 9.11.2019 <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive/overview>

European Commission 2019b. Standard values for emission factors. Viitattu 26.10.2019 <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Standard%20values%20v.1.0.xlsx>

Ikonen, M. 2013. Aja taloudellisesti. Ajoneuvon, kuljettajan ja olosuhteiden vaikutus polttoaineenkulutukseen. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

ISCC System 2019a. Governance. Viitattu 9.11.2019 https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC_102_Governance_3.0.pdf

ISCC System 2019b. Objectives. Viitattu 02.10.2019 <https://www.iscc-system.org> > About > Objectives.

ISCC System 2019c. Green House Gas Emissions Version 3.0. Viitattu 23.10.2019 https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2017/02/ISCC_205_GHG_Emissions_3.0.pdf

Motiva 2017. Nestemäiset biopolttoaineet. Viitattu 28.9.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet

Motiva 2019. CO₂-päästöketoimet. Viitattu 16.11.2019 https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian_kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastoketoimet

Mäkelä, M.; Soininen, L.; Tuomola, S. & Öistämö, J. 2016. Tekniikan kaavasto 16. painos. Tampere: Tammertekniikka.

Neste 2016. Mitä eroa on uusiutuvalla dieselillä ja perinteisellä biodieselillä. Viitattu 3.11.2019 <https://www.neste.com/fi/mita-eroa-uusiutuvalla-dieselilla-ja-perinteisella-biodieselilla-vai-onko-mitaan>

Neste 2019a. Mihin perustuu Neste MY uusiutuvan dieselin jopa 90% päästövähennys. Viitattu 29.9.2019 <https://www.neste.fi/artikkeli/mihin-perustuu-neste-my-uusiutuvan-dieselin-jopa-90-paastovahennys>

Neste 2019b. Tuotetiedote moottoribensiini 95E10. Viitattu 4.10.2019 https://www.neste.fi/static/datasheet_pdf/130177_fi.pdf

Rantanen, M. 2010. Renderöintilaitoksen ja teurastamon typpipitoisten sivutuotteiden käsittely mesofiilisessa ja termofiilisessa anaerobiprosessissa. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Ympäristötiede ja -teknologia. Viitattu 2.10.2019 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:juu-201012033138>

Suomen virallinen tilasto 2018. Kasviuonekaasut. Suomen kasviuonekaasupäästöt 2017. Viitattu 26.10.2019 http://www.stat.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-05-24_kat_001_fi.html

Tilastokeskus 2019. Polttoaineluokitus 2019. Viitattu 10.11.2019 https://www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus_2019_v2.xls

