



# **Ensimmäisen sukupolven liikenne- biopolttoaineiden valmistus**

Jonne Laineenoja

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2013  
Paperi-, tekstiili- ja kemian-  
tekniikka  
Paperiteknikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka  
Paperitekniikka

JONNE LAINEENOJA

Ensimmäisen sukupolven liikennebiopolttoaineiden valmistus

Opinnäytetyö 29 sivua, joista liitteitä 0 sivua  
Kesäkuu 2013

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota yhteen ensimmäisen sukupolven liikennebiopolttoaineiden valmistus menetelmiä Tampereen ammattikorkeakoululle. Tampereen ammattikorkeakoululle on jo entuudestaan tehty bioetanolin ja biodieselin valmistuksesta kertova opinnäytetyö.

Opinnäytetyössä on käsitelty melko suppeasti erilaisten liikennebiopolttoaineiden valmistus menetelmiä sekä raaka-aineita. Joitakin taustoja on kerrottu ensimmäisessä osiossa eri liikennebiopolttoainesta.

Liikennebiopolttoaineista tässä opinnäytetyössä on käsitelty biodieseliä, bioetanolia, kasviöljyä sekä biokaasua.

---

Asiasanat: liikenne biopolttoaine, bioetanoli, biodiesel, kasviöljyt, biokaasu

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Paper, Textile and Chemical Engineering  
Paper engineering

JONNE LAINEENOJA  
First-generation transport biofuels production

Bachelor's thesis 29 pages, appendices 0 pages  
June 2013

---

The purpose of this thesis was to gather transport biofuels of first-generation production methods for Tampere University of Applied Sciences. Tampere University of Applied Sciences has already one thesis of making bioethanol and biodiesel.

In this thesis has dealt with a rather limited variety of transport biofuels making methods and raw materials. There is described some of the backgrounds of the biofuels in the first section of the thesis.

In this thesis there is focused on transport biofuels like biodiesel, bioethanol, vegetable oil and biogas.

---

Key words: transport biofuels, bioethanol, biodiesel, vegetable oils, biogas

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENSIMMÄISEN SUKUPOLVEN LIIKENNEBIOPOLTTOAINEET .....	7
2.1	Bioetanoli.....	7
2.2	Biodiesel .....	7
2.3	Puhtaat kasviöljyt.....	9
2.4	Biokaasu.....	10
3	RAAKA-AINEET .....	12
3.1	Bioetanolin raaka-aineet .....	12
3.2	Biodieselin raaka-aineet.....	13
3.3	Puhtaiden kasviöljyjen raaka-aineet .....	13
3.4	Biokaasun raaka-aineet .....	13
4	VALMISTUSMENETELMÄT.....	14
4.1	Bioetanolin valmistus .....	14
4.1.1	Maissi .....	16
4.1.2	Ohra.....	16
4.1.3	Peruna.....	17
4.1.4	Sokeriruoko ja sokerijuurikas .....	17
4.1.5	Selluloosa biomassasta valmistettava bioetanoli .....	17
4.2	Biodieselin valmistus .....	18
4.3	Puhtaiden kasviöljyjen valmistus.....	21
4.4	Biokaasun valmistus .....	23
5	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET .....	27

**LYHENTEET JA TERMIT**

BTL	Biomass To Liquid
CH <sub>4</sub>	Metaani
CO	Hiilimonoksidi
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
FAME	Perinteinen biodiesel
HC	Palamatoin hiilivet
HCL	Suolahappo
HVO	NExBTL-diesel
NExBTL-diesel	Neste Oilin uusiutuva biodiesel
NO <sub>x</sub>	Typpioksidi
RME	Rypsi- rapsiöljyesteri
St1	Energia / polttoaine yhtiö

## 1 JOHDANTO

Biopolttoaineet ovat uusiutuvista luonnonvaroista valmistettuja polttoaineita, ne eivät kuormita luontoa, toisin kuin fossiilisista luonnonvaroista valmistetut polttoaineet. Ne ovat paljon ympäristöystävällisempi vaihtoehto polttoaineiden valmistukseen. Uusiutuvia polttoaineita valmistetaan sellaisista luonnonvaroista, joita muodostuu lähes itsestään auringonsäteilyn avittamana, myös ihmisten tekemillä lannoituksilla ja kasvattamisella on suuri merkitys näiden luonnonvarojen kasvamiseen. Biopolttoaineita on myös mahdollista valmistaa esimerkiksi elintarviketeollisuuden jätteistä, kuten muistakin jätteistä.

Tässä opinnäytetyössä on kerätty liikennebiopolttoaineiden yleisimpiä valmistusmenetelmiä, sekä niiden hyviä puolia verraten fossiilisten polttoaineiden valmistukseen.

Liikennepolttoaineet ovat yksi suurimmista ympäristön kuormittajista ja biopolttoaineilla pyritään vähentämään tätä kuormittajaa. Biopolttoaineiden valmistuksessa käytetään luonnonvaroja joiden hiilidioksidipäästöt ovat lähellä nollaa, sillä kasvaessaan ne sitovat hiilidioksidia ilmasta, joka vähentää ympäristöongelmia. Toisaalta taas poltettaessa niitä, vaikka auton moottorissa, syntyy lisää hiilidioksidia ilmastoon, joka lisää ympäristöongelmia. Näitä kun verrataan fossiilisten polttoaineiden valmistukseen, niin huomataan se, etteivät fossiiliset polttoaineet sido missään vaiheessa ilmassa jo olevaa hiilidioksidia itseensä, vaan poltettaessa lisäävät sitä ilmastoon.

## 2 ENSIMMÄISEN SUKUPOLVEN LIIKENNEBIOPOLTTOAINEET

### 2.1 Bioetanoli

Bioetanolia voidaan valmistaa viljatuotteista, kuten ohrasta, maissista sekä muista soke-ri ja tärkkelyspitoisista kasveista, kuten sokeriruo'ista ja juurikkaista. Biohajoavat jät-teet ovat myös mahdollinen valmistus raaka-aine. Bioetanolin valmistusprosessina käy-tetään hydrolyysiä ja/tai fermentointia. Bioetanolia voidaan valmistaa siis kaikista soke-ripitoisista tai sokeriksi muunnettavissa olevista raaka-aineista. Tärkkelystä sisältävät raaka-aineet pitää ensin hydrolysoida ennen kuin niistä saa sokeria. (Bioetanolin tuotan-to)

Bioetanolin käyttöä on lisätty Suomessa ja muualla Euroopassa. Käytännössä bio-etanolia lisätään bensiinin joukkoon yhä enemmän. Suomessa vuoden 2011 alussa 95-oktaanisen bensiinin etanoli-pitoisuutta lisättiin, jotta biopolttoainevelvoitteet voitiin täyttää. Aikaisempi 95-oktaaninen bensiini sisälsi enintään 5 tilavuusprosenttia etanolia, kun taas nykyinen E10-bensiini sisältää enintään 10 tilavuusprosenttia etanolia. Tule-vaisuudessa bioetanolin osuus polttoaineena tulee kasvamaan. E85-bensiini on hyvä esimerkki tästä, sillä se sisältää enintään 85 tilavuusprosenttia etanolia ja vähintään 15 tilavuusprosenttia bensiiniä. (Motiva. Liikenteen biopolttoaineet)

### 2.2 Biodiesel

Biodiesel on biopolttoaine, jonka valmistukseen on käytetty jäte- tai kasvirasvoja sekä öljyjä. Biodieseliä valmistetaan näistä tuotteista transesteröinti menetelmällä. Biodiese-liä valmistetaan myös rapsesta ja rypsistä, jolloin valmistusvaiheina on kylmäpuristus, uutto sekä transesteröinti. (Ciweb. Highbio-interreg pohjoinen)

Ominaisuuksiltaan se muistuttaa tavallista dieselöljyä, eikä sen käyttö vaadi polttomoot-toreilta merkittäviä muutoksia. Sitä voidaan sekoittaa perinteiseen dieseliin millä sekoi-tus suhteella tahansa. Kaikki 1990-luvun puolenvälin jälkeen valmistetut diesel-autot ovat yhteensopivia biodieselin kanssa. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoeste-röintimenetelmällä)

Biodiesel on biohajoava polttoaine, jonka hajoamisnopeus on jopa neljä kertaa nopeampi kuin tavallisen dieselin. Biodiesel voitelee moottoria paremmin kuin tavallinen dieselöljy, sillä siinä on matalampi viskositeetti ja tavallisesta dieselistä on poistettu lähes tulkoon kaikki rikki, joka puolestaan heikentää voiteluominaisuuksia. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)

Biodieselin pakkasen kesto-ominaisuudet ovat huonommat kuin tavallisen dieselöljyn. Puhdas biodiesel alkaa samentua jo 0 °C:sen jälkeen, ja alkaa muuttua geelimäiseksi. Lisäaineilla saadaan tätäkin ongelmaa korjailtua ja pakkasen kestäkykyä lisättyä. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)

Biodieselin yksi suurimmista eduista on sen pienet päästöt. Biodiesel vähentää huomattavasti hiilimonoksidi-, hiilivety- sekä pienhiukkaspäästöjä. Biodiesel on käytännössä rikitöntä, mutta se lisää typen oksidien päästöjä. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)

Neste Oil yhtiö on kehittänyt uuden NExBTL-biodieselin, jota valmistetaan koelaitoksella Porvoossa mikrobiöljystä. Laitos valmistaa mikrobiöljyä teollisuuden ja maatalouden jätteistä, kuten oljista. Hankkeen tarkoituksena on korvata arvostelua herättänyt palmuöljyn käyttö biodieselin valmistuksessa. Taulukossa 1 on kuvattu Neste Oilin NExBTL-dieselin ja perinteisen biodieselin eroja. (Kauppalehti. Neste Oilin mikrobiöljyn koelaitos käyttöön)



TAULUKKO 1. Neste Oilin NExBTL-dieselin ja perinteisen biodieselin vertailu. (Neste Oil. Uusiutuva NExBTL-diesel)

Uusiutuva NExBTL-diesel (HVO)	Perinteinen biodiesel (FAME)
Vapaa sekoitussuhde (0–100%).  Voidaan sekoittaa fossiiliseen dieseliin, perinteiseen biodieseliin (FAME) tai käyttää dieselmoottoreissa myös sellaisenaan.	Suurin sallittu pitoisuus 5–7 %. Suuremmat pitoisuudet saattavat aiheuttaa moottoriongelmia.
Auttaa kansallisten biovelvoitteiden täyttämässä ja kasvihuone- ja pakokaasupäästöjen (mm. pienhiukkaset, NO <sub>x</sub> , CO, HC) merkittävässä vähentämisessä.  Täyttää tiukimmatkin viranomaisten, kuljetus- ja jakeluyhtiöiden sekä autonvalmistajien ja loppuasiakkaiden asettamat laatuvaatimukset.  Voidaan käyttää polttoainesekoituksissa polttoaineen laadun parantamiseen.	Auttaa kansallisten biovelvoitteiden täyttämässä, mutta FAME-pitoisuutta koskevat rajoitukset mahdollisten moottoriongelmiin varalta rajoittavat polttoaineen tarjoamia hyötyjä.  Haastaviin biovelvoitteisiin yltäminen (EU:ssa 10 % uusiutuvaa energiaa liikenteessä vuoteen 2020 mennessä) pelkällä perinteisellä biodieselillä ei ole mahdollista ilman tuotespesifikaatioiden muuttamista niin, että dieselpolttoaineelle sallitaisiin nykyistä heikompi laatu.  Typen oksidipäästöt lisääntyvät fossiiliseen dieseliin verrattuna.
Pienemmät kasvihuone- ja pakokaasupäästöt.	Typen oksidipäästöt lisääntyvät.
Säilyy hyvin.	Käytettävä määräajassa.
Käyttöönotto ei edellytä muutoksia ajoneuvoihin tai polttoaineen jakelujärjestelmiin.	Käyttö saattaa aiheuttaa moottoriongelmia.

### 2.3 Puhtaat kasviöljyt

Kasviöljyt ovat yksi biopolttoaine lajike, biodieselin ja bioetanolin ohella. Kasviöljystä valmistettava polttoaine on ympäristöystävällisempää kuin tavallinen diesel-polttoaine. Niistä valmistettujen polttoaineiden hiukkaspäästöt ovat tavalliseen dieselpolttoaineeseen verrattuna 90 % alhaisemmat, ja ne hajoavat luonnossa biologisesti. (Raullehto. Kasviöljy polttoaineena)

Kasviöljy tuotetaan viljelemällä öljykasveja, kuten kevätrypsyä, rapsia, syysrapsia, sinappia, pellavaa, camelinaa, auringonkukkaa, soija- sekä palmuöljyjä. Suomessakin joitakin näistä voidaan viljellä, kuten kevätrypsyä, rapsia ja pellavaa. Peltoviljelystä saa-

tavat sivutuotteet muodostavat niiden tärkeimmän osan sadosta. (Bioenergiatieto. Kasviöljy)

Näitä öljyjä voidaan käyttää sellaisenaankin polttimissa, mutta ajoneuvokäyttöön näitä tarvitsee kuitenkin esteröidä tai esilämmittää erillisellä laitteistolla. Käsittelemättömän öljyn syttymispiste on 300 °C, kun taas esteröidyn öljyn on 120 - 180 °C. Tavallisen dieselin leimahduspiste on 60 °C. (Bioenergiatieto. Kasviöljy)

RME on kansainvälisesti käytetty lyhenne rypsi- ja rapsiesteristä. FAME kattaa hieman laajemman raaka-ainevalikoiman. RME on lähes dieselöljyn kaltainen, suurimpina eroina siinä on sen syttyvyys, pienempi energiatiheys sekä typen oksidipäästöt ovat myös hieman korkeammat kuin dieselöljyn. (Bioenergiatieto. Kasviöljy)

## 2.4 Biokaasu

Biokaasun, tarkemmin ottaen raakabiokaasun koostumus vaihtelee sen tuotantomenetelmän sekä raaka-aineen mukaan. Raaka-aineiden mukaan biokaasut voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: jättepohjaiseen biokaasuun, peltopohjaiseen biokaasuun sekä puupohjaiseen biokaasuun. Jäte- sekä peltopohjainen biokaasu valmistetaan mädättämällä, ja puupohjainen biokaasu valmistuu kaasuttamalla. Kaatopaikoilta talteen kerätty raakabiokaasu on koostumukseltaan hyvin vaihtelevaa, sillä sen kaikkia raaka-aineita ei ole lajiteltu. (Gasum. Mitä biokaasu on?)

Biokaasu valmistetaan mädättämällä eloperäisiä aineksia, kuten lietettä, lantaa, jätteitä sekä peltobiomassoja. Biokaasu tarvitsee jalostaa, jotta se toimisi biopolttoaineena. Biokaasu on ympäristöystävällistä ja uusiutuvaa energiaa, hyvinkin fossiilisten kaasujen kaltaista, joiden metaanin osuus on suuri. Biokaasussa metaanin osuus on noin 40 – 70 prosentin välillä, kun taas hiilidioksidipitoisuudet ovat noin 30 – 60 prosentin välillä. (Motiva. Biokaasu)

Ilmanmuutoksen kannalta biokaasu on maakaasua parempi vaihtoehto, sillä maakaasun hiilidioksidi on maan alle varastoitunutta ja hiilen kierrosta poistunutta hiilidioksidia. Biokaasun hiilidioksidi vapautuu suoraan ilmakehään, sillä sen valmistus raaka-aineina käytetään biomassoja, joiden hiilidioksidipäästöt pääsevät joka tapauksessa ilmakehään.

Sen tuotantomuoto on energiaystävällisempi, kuin fossiilisten kaasujen. (Motiva. Biokaasu)

Metaanin käyttäminen energiantuotannossa on hyvin vartenotettava vaihtoehto, sillä se on 20 – 70 kertaa pahempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Biojätteiden varastointipaikkojen lisääminen kannattaisi, jottei kaatopaikoilta vapautuisi turhaan metaania ilmastoon. (Motiva. Biokaasu)

### 3 RAAKA-AINEET

#### 3.1 Bioetanolin raaka-aineet

Bioetanolin yleisimmin käytetyt raaka-aineet ovat tärkkelyspitoisia vilja- tai maissijyviä. Sokeriruoko ja sokerijuurikas ovat myös soveltuvia bioetanolin tuotantoon. Tärkkelyspitoisista kasveista peruna ja viinirypäleet soveltuvat myös juotavaksi soveltuvan etanolin valmistukseen. (Bioste. Bioetanol)

Suomessa bioetanolia on aloitettu valmistamaan myös biojätteistä. VTT sekä St1 ovat jo vuodesta 2009 työskennelleet kehityshankkeen parissa, jossa voidaan hyödyntää elintarviketeollisuuden biojätteitä. (VTT. VTT ja St1 kehittävät uutta vähäpäästöistä liikennepolttoainetta)

St1 valmistaa jäteraaka-aineista bioetanolia, sillä se saa siten parhaan mahdollisen jalostusarvon. Etanolia valmistavat tehtaat hyödyntävät käymiskelpoisia prosessitähteitä sekä jätteitä, kuten leipomoiden ylijäämätaikinoita, kauppojen ylijäämäleipiä ja erilliskerättyjä biojätteitä, kotitalouksien biojätteitä, makeistuotannon jätteitä, perunan jalostuksen jätteitä sekä muita tärkkelys- ja sokeripitoisia liemiä, massoja ja jätteitä. Näiden tuotantolaitosten sivutuotteina saadaan proteiinipitoista, määräykset vaativaa rehua sikatiloille, sekä sellaista rehua, joka ei sovellu sikatiloille. Rehut, jotka eivät sovellu sikatilojen käytettäväksi ohjataan St1:n Bionolix-laitokseen, jossa siitä jatkojalostetaan biokaasua sähköksi sekä kaukolämmöksi. (St1. Jätteet ja tähteet tehokäyttöön)

St1 on kehittänyt myös menetelmää, jolla saadaan valmistettua sahanpuruista bioetanolia, ja on valmiina aloittamaan sen tuotannon Kajaanin alueella. St1:n tavoitteena on saada etanolitehtaan investointipäätökset valmiiksi vielä 2013 vuoden aikana, jotta mahdollinen etanolin tuotanto voitaisiin aloittaa vuoteen 2015 mennessä. (St1. St1 valmiina aloittamaan bioetanolin valmistamisen sahanpuruista)

### **3.2 Biodieselin raaka-aineet**

Biodieselin valmistuksessa yleisimmin käytettyjä raaka-aineita ovat erilaiset öljykasvit, kuten rypsi, rapsi, sinappi, soijapapu sekä auringonkukka. Neste Oil on kehittänyt teknologiaa, jolla voidaan valmistaa biodieseliä myös mikrobeista sekä erilaisista levistä. Levistä valmistettava biodiesel olisi erinomainen saavutus, sillä sen viljelyyn ei tarvitsisi käyttää ruokakasvien viljelysmaita, joita voitaisiin käyttää mieluummin ihmisten ravinnon kasvattamiseen. (UPM. Biodiesel)

Myös puu on sopiva raaka-aine biodieselin valmistukseen. UPM Biofuels Oy aikoo valmistaa korkealuokkaista biodieseliä puun eri osista, kuten kannoista, hakkeesta, hakkuu tähteistä ja kuoresta. (UPM. Biodiesel)

### **3.3 Puhtaiden kasviöljyjen raaka-aineet**

Suurin raaka-aine, jota käytetään kasviöljyjen valmistukseen on rapsi, myös rypsi sekä auringonkukka sopivat erinomaisesti puhtaan kasviöljyn valmistukseen. Suurin osa kasvavista kasveista sopii myös kasviöljyn valmistukseen.

Neste Oil valmistaa palmuöljystä puhdasta kasviöljyä Indonesiassa sekä Malesiassa. (UPM. Biodiesel)

### **3.4 Biokaasun raaka-aineet**

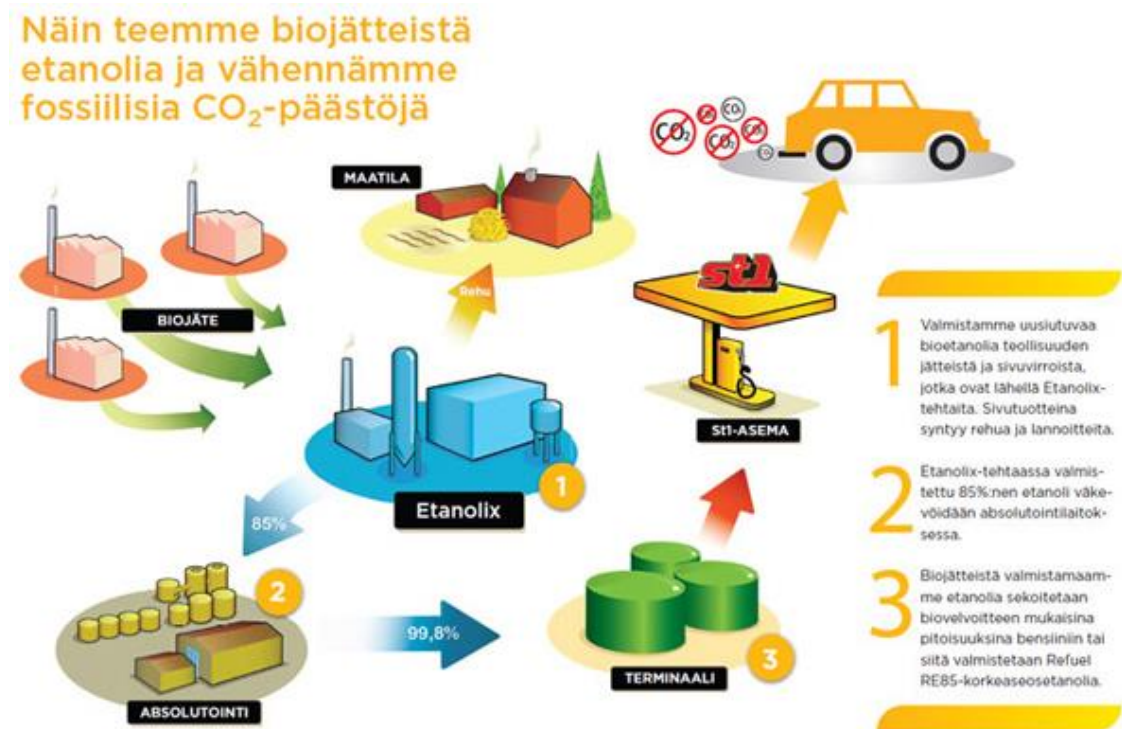
Biokaasua valmistetaan erilaisista raaka-aineista, kuten kaatopaikkajätteistä ja teollisuuden jätteistä. Maatalouden sivuvirrat, lanta, ylijäämäkasvit, yhdyskuntien orgaaniset jätteet tai kiinteä biomassa, kuten metsähake ovat myös biokaasun valmistukseen käytettäviä raaka-aineita. (Gasum. Biokaasu on uusiutuva energialähde)

Biokaasun valmistus puu raaka-aineesta ei ole suositeltavaa nykyisellä teknologialla, sillä puun sisältämä ligniini hajoaa niin hitaasti, ettei sen mädätys ole järkevää. Sen sijaan paperi, josta on poistettu ligniini, mädäntyy samaan tahtiin muiden jätteiden kanssa. (Bioste. Biokaasu)

## 4 VALMISTUSMENETELMÄT

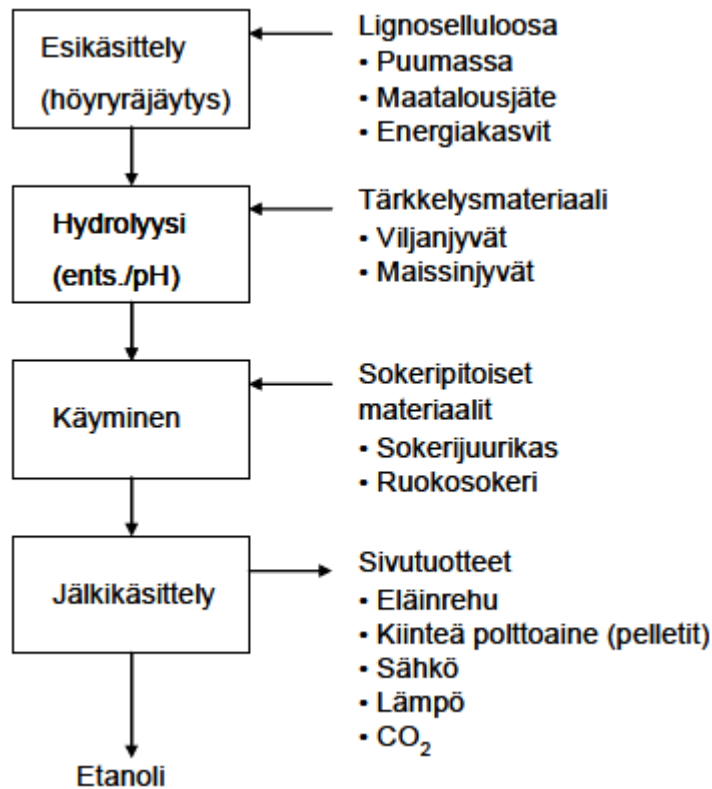
### 4.1 Bioetanolin valmistus

Energiayhtiö St1 tuottaa kuvion 1 mukaisesti elintarviketeollisuuden jätteistä bioetanolia. Etanolin valmistus on keskitetty sellaisille paikkakunnille, joilla on riittävät määrät raaka-ainetta. Vuodesta 2007 alkaen St1 on pyrkinyt rakentamaan tehtaiden verkostoa, joiden kapasiteetti on vuoteen 2020 mennessä 300 miljoonaa litraa bioetanolia. (St1. Biojätteestä etanolia –innovaatio)



KUVIO 1. St1 yhtiön etanolin valmistus prosessi (St1. Biojätteestä etanolia – innovaatio)

Bioetanolia voidaan valmistaa kahdesta eri raaka-aine tyypistä. Valmistus voidaan tehdä joko sokeri- ja tärkkelyspitoisista raaka-aineista tai selluloosaa tai hemiselluloosaa sisältävistä raaka-aineista, eli biomassasta. Kuviossa 2 on esitetty prosessit, joita eri raaka-aineet tarvitsevat, jotta niistä voitaisiin valmistaa etanolia. (VTT. Lignoselluloosa-etanolin ja synteetikaasusta fermentoitujen polttonesteiden teknologiatarkastelu)



KUVIO 2. Etanolin tuotantoprosessi. (VTT. Lignoselluloosaetanolin ja synteesikaasusta fermentoitujen polttonesteiden teknologiatarkastelu)

Sokeripitoiset raaka-aineet voidaan käymisprosessin avulla käyttää suoraan bioetanoliksi. Tärkkelyspitoiset raaka-aineet on ensin hydrolysoitava entsyymien avustuksella sokeriksi. Näitä menetelmiä hyödyntäen voidaan maissista, ohrasta, perunasta, melassista, sokeriruo'osta ja sokerijuurikkaasta valmistaa bioetanolia. (Bioetanolin tuotanto)

Bioetanolin valmistus on periaatteessa helppoa, selluloosaa ja hemiselluloosaa sisältävistä raaka-aineista, kuten oljista, hakkeesta tai biojätteestä. Ainoan ongelman tuottaa selluloosan ja hemiselluloosan kiteinen rakenne sekä lingniini. Biomassat ovat erittäin kestäviä, ja siksi ne tarvitsevat erittäin tarkat reaktio-olosuhteet. Biomassasta valmistettavan bioetanolin valmistusprosessi alkaa murskauksesta, jossa raaka-aineet pilkotaan mahdollisimman pieneksi. Tämän jälkeen massa pilkotaan edelleen hydrolyysin avulla sokeriksi. Sokeri voidaan edelleen jalostaa etanoliksi, joka voidaan vielä jalostaa haluttuun suuntaan. (Bioetanolin tuotanto)

#### **4.1.1 Maissi**

Maissista valmistetaan bioetanolia suurimmaksi osaksi kahdella eri valmistusmenetelmällä, märkä- tai kuivajauhatus teknologialla. Näiden ero on prosessien alkuvaiheessa. (Bioetanolin tuotanto)

Kuivajauhatus teknologiassa on periaatteena se, että maissin jyvät jauhetaan ensin erittäin hienoksi jauhoksi, joka lietetään veteen. Entsyymit muuntavat lietteen edelleen rympälesokeriksi. Käymisvaiheen bakteeripitoisuuden vähentämiseksi seosta keitetään korkeassa lämpötilassa. (Bioetanolin tuotanto)

Märkäjauhatus teknologia eroaa edelliseen menetelmään siten, että maissia liotetaan ensin 1 – 2 vuorokautta vedessä sekä laimeassa rikkihapossa. Tämän vaiheen jälkeen maissiliete jauhetaan useaan kertaan, että siitä saadaan eroteltua maissin keskusosat, joista saadaan valmistettua maissiöljyä. Jäljelle jääneestä lietteestä saadaan eroteltua kuidut ja gluteeni karjan ravinnoksi, sekä tärkkelys, josta voidaan valmistaa etanolia samanlaista menetelmää käyttäen kuin kuivajauhatusmenetelmässä. (Bioetanolin tuotanto)

#### **4.1.2 Ohra**

Ensimmäiseen ohran käsittelyvaiheeseen kuuluu jauhaminen ja leseeseen eli kuoriosan erottaminen. Saatua jauhoa liotetaan veteen tarvittavien kemikaalien kanssa, jonka jälkeen lietteestä saadaan eroteltua kuidut ja tärkkelysliete seulontamenetelmällä. Kuidut hyödynnetään ohrarehun tuotantoon, ja saatua liete jaotellaan edelleen kahteen eri jyväkoko-  
koon, eli iso- ja pienijyväisiin. Jälkimmäistä näistä käytetään etanolin valmistukseen. (Bioetanolin tuotanto)

Pienijyväinen tärkkelysliete jähmettyy tuotantoprosessin aikana herkästi, ja tämä saadaan estettyä siten, että sen joukkoon lisätään pieni määrä alfa-amylaasientsyymiä. Seos liisteröidään eli hydrolysoidaan keittoprosessilla, jota varten se tarvitsee esilämmittämistä, jotta prosessi tuottaisi tasalaatuisia tärkkelysseosta. (Bioetanolin tuotanto)



Seuraavassa vaiheessa hydrolysoituun seokseen lisätään amyloglukosidaasientsyymiä, joka muuttaa tärkkelyksen sokeriksi 60 °C lämpötilassa. Tämä vaihe ei kestä kuin puolituntia jolloin saatu seos eli mäski, on valmista käymisreaktiota varten. Käymisreaktio tapahtuu erillisessä käymissäiliössä, jossa siihen lisätään hiivaa käynnistämään käymisprosessin. Tämä vaihe kestää noin kaksi vuorokautta, jonka jälkeen siinä olevat 8 – 10 % alkoholia otetaan talteen jatkuvatoimisella tislusmenetelmällä. (Bioetanolin tuotanto)

Esilämmitetty mäski otetaan talteen ja syötetään mäskikolonnein, josta alkoholi tuodaan noin 30-prosenttisenä höyrynä vahvistuskolonnein. Kolonnin yläpäästä saadaan noin 92-94-prosenttista raakaa viljaväkiä. Raaka väkiviljaviina pumpataan jatkokäsittelyyn tislattavaksi, tämän vaiheen jälkeen saadaan puhdasta viljaväkiä, jota voidaan käyttää bioetanolin valmistuksessa. (Bioetanolin tuotanto)

#### **4.1.3 Peruna**

Perunasta saadaan tärkkelysainekset esille paljon helpommin kuin viljatuotteista. Valmistusprosessissa murskataan ensin perunan soluseinät suspensioksi, jonka mukana on myös soluseinämien jäännökset sekä solunesteet. Nämä ylimääräiset osat saadaan eroteltua perunatärkkelyksestä eri seulonta-, pesu- ja kuivausvaiheiden avustuksella. Etanoliksi muuntaminen tapahtuu samoin kuin ohratärkkelyksen. (Bioetanolin tuotanto)

#### **4.1.4 Sokeriruoko ja sokerijuurikas**

Sokeriruosta ja sokerijuurikkaasta bioetanolin valmistus on suhteellisen helppoa, sillä nämä raaka-aineet sisältävät sokereita, jotka voidaan helposti muuntaa etanoliksi fermentointi-prosessilla, eli käymisprosessilla. (Kiintoaineen ja nesteen erotusprosessit lingoselluloosanetanolin tuotannossa)

#### **4.1.5 Selluloosa biomassasta valmistettava bioetanol**

Bioetanolia voidaan valmistaa myös biomassasta, eli hakkeesta, oljista tai biojätteistä. Nämä raaka-aineet sisältävät selluloosaa ja hemiselluloosaa. Selluloosa ja hemiselluloosa murskataan ensimmäisenä, jotta niiden käsittely olisi helpompaa. Seuraavaksi raaka-

aineet pilkotaan sokereiksi, jotka käytetään edelleen etanoliksi. Ongelmalliseksi tämän valmistusmenetelmän tekee ligniini, joka suojaa selluloosaa sekä hemiselluloosaa.

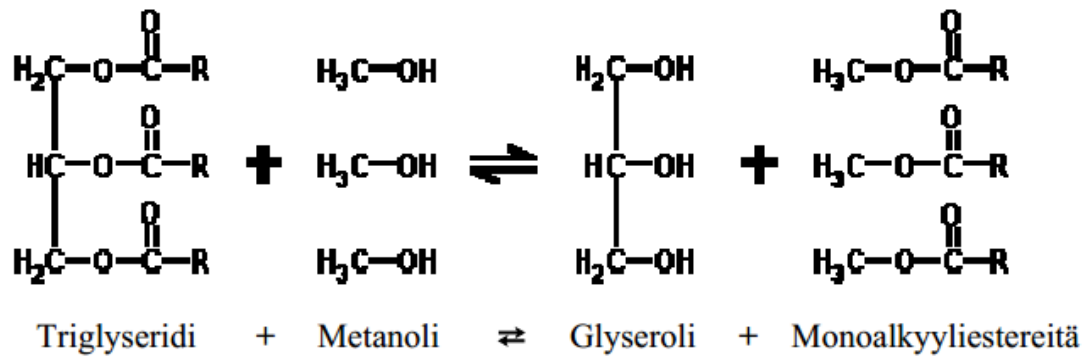
(Nestemäiset biopolttoaineet)

Selluloosa ja hemiselluloosa saadaan pilkottua vesihöyryn ja rikkihapon avustuksella. Tähän tarvitaan kaksivaiheinen prosessi, jonka ensimmäisessä vaiheessa raaka-aine viehdään jatkuvatoimiseen reaktoriin, jossa raaka-aineen lämpötila nostetaan höyryn avulla 180 °C:een noin kahdeksassa minuutissa. Tämän aikana 60 % hemiselluloosasta hydrolysoituu. Seuraavaksi raaka-aineet siirretään toiseen reaktoriin, jossa sen lämpötilaa nostetaan entisestään noin 225 °C:een. Kun raaka-aineet ovat oikeassa lämpötilassa, sekaan lisätään väkevää rikkihappoa. Toisen vaiheen aikana kaikki hemiselluloosasta hydrolysoituu, ja selluloosasta hydrolysoituu noin 60 – 100 % ajasta riippuen. (Bioetanolin tuotanto)

Toinen vaihtoehto selluloosan ja hemiselluloosan pilkkomiseksi olisi käyttää entsyymejä rikkihapon sijasta. Tämä helpottaisi teollisesti käytettävän prosessin hyödyntämistä, sillä rikkihapon aiheuttamat säiliöiden kulumiset poistuisivat, eikä niitä tarvitsisi siten jatkuvasti uusia tai korjata. Ongelman tähän tuottaa kuitenkin entsyymien korkea hinta, joka ei tee prosessista kannattavaa. Myös entsyymien kierrätys on hankalampaa kuin rikkihapolla. Prosessin toisen vaiheen entsyymien lisäys mahdollistaisi prosessin suorittamisen matalammassa lämpötilassa, ja säiliöt voitaisiin valmistaa halvemmasta materiaalista. (Bioetanolin tuotanto)

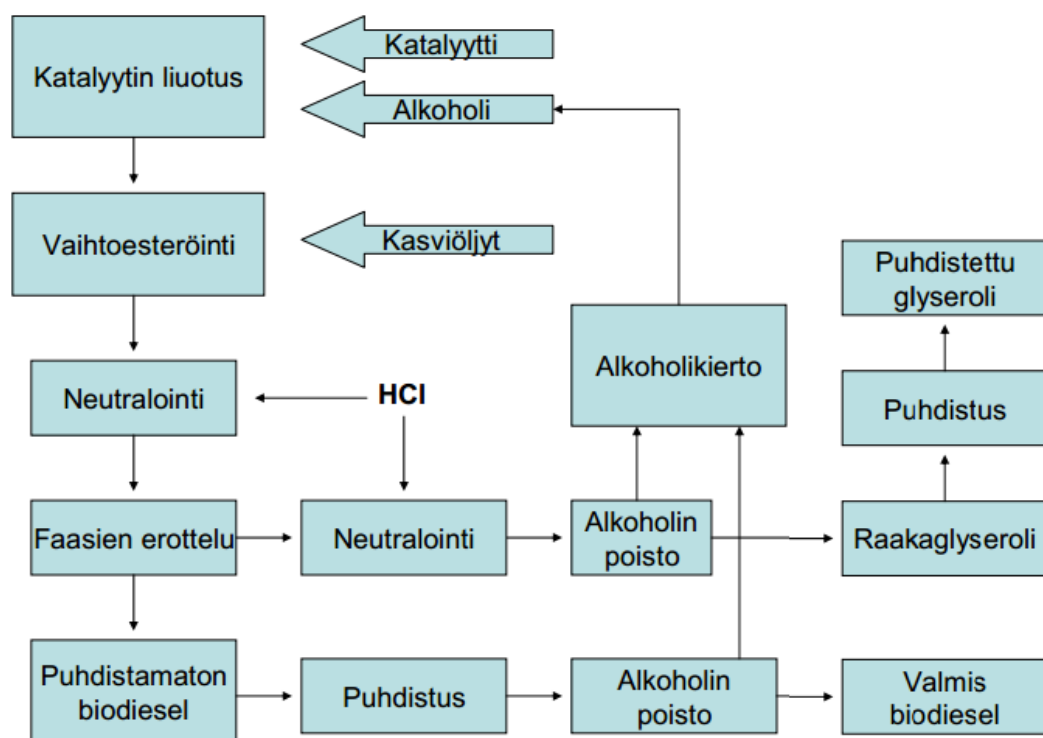
## 4.2 Biodieselin valmistus

Biodieseliä valmistetaan pääasääntöisesti vaihtoesteröimällä, joko emäs- tai happokatalysointimenetelmillä, näistä käytetympi on emäskatalysointi. Emäskatalysointimenetelmän reaktio tapahtuu nopeasti, ja siitä saatava esterin saanto on hyvä, eikä se tarvitse korkeata lämpötilaa tai painetta toisin kuin happokatalysointimenetelmässä. Kuvassa 3 on esitettyä biodieselin valmistuksen reaktioyhtälö. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)



KUVIO 3. Biodieselin valmistuksen reaktioyhtälö. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)

Kuviossa 4 on esitettyä biodieselin valmistusprosessi lohkokaaavion muodossa.



KUVIO 4. Biodieselin valmistusprosessi. (Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä)

Reaktiot tapahtuvat suljetussa reaktio astiassa, jotta alkoholin haihtuminen saataisiin mahdollisimman vähäiseksi, ja se voitaisiin käyttää uudestaan. Reaktion aikaansaamiseksi ilmatiiviiseen astiaan siirretään ensin alkoholi-katalyyttiseosta kasviöljyjen kanssa. Alkoholi-katalyyttiseosta tarvitsee olla ylimäärä, jotta saantoprosentista saataisiin

mahdollisimman suuri. Tämän jälkeen seosta kuumennetaan lähelle alkoholin kiehumispistettä, jolloin on optimaalinen tilanne reaktion toteutumiseksi. Reaktioon kuluva aika vaihtelee tunnista jopa kahdeksaan tuntiin. Tämän jälkeen saadut faasit voidaan erotella. (Biodiesel production technology)

Faasien erottelussa tarkoituksena on saada saadut tuotteet erilleen toisistaan, eli glyseroli sekä monoalkyyliesterit (biodiesel). Molemmat näistä sisältävät myös reagoimattomia alkoholeja, jotka eivät kuitenkaan vaikuta glyserolin ja estereiden erottelemiseen. Erotteluprosessissa raskaampi glyseroli painuu reaktioastian pohjalle, kun taas esterit nousevat kevyempinä sen pinnalle. Tästä tilanteesta glyseroli ja esterit saadaan eroteltua pumppaamalla kahdesta kohtaa säiliötä, ylhäältä sekä alhaalta. Tuotteiden erottelemiseen voidaan käyttää myös sentrifugia, jolloin erotteluprosessi saadaan suoritettua nopeammin. (Biodiesel production technology)

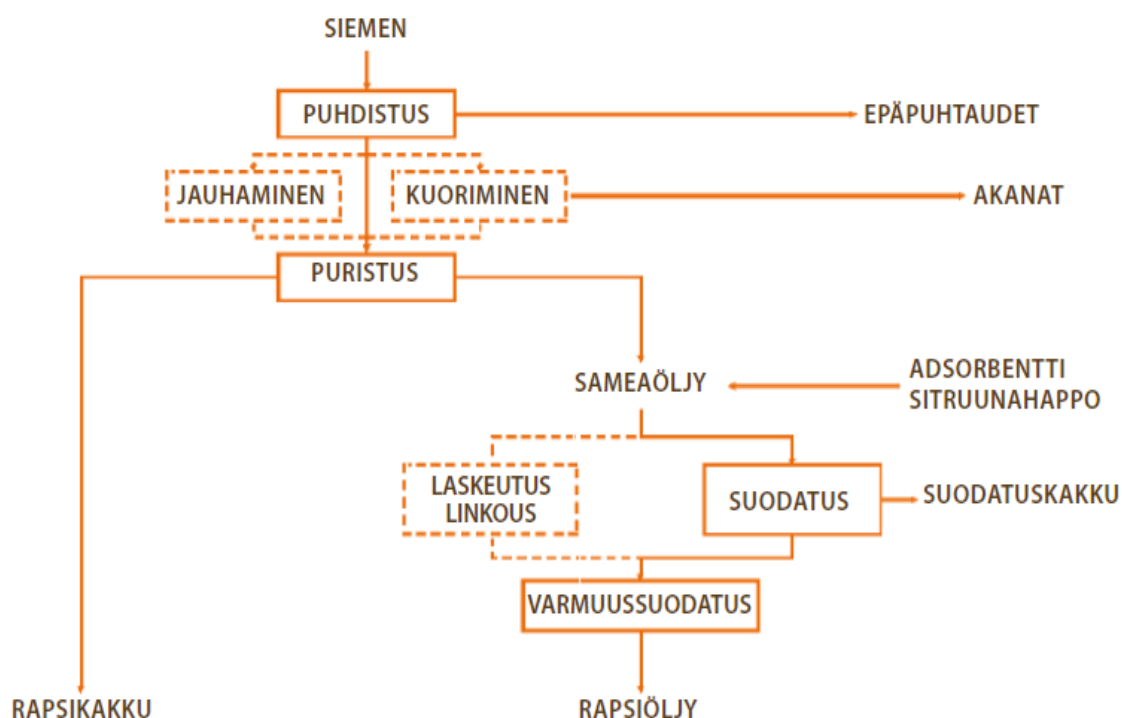
Erottelun jälkeen aloitetaan alkoholien poistaminen saatujen tuotteiden seasta. Tämä vaihe onnistuu suhteellisen alhaisessa lämpötilassa tislausmenetelmällä. Tislaaminen voidaan suorittaa jo ennen erotusprosessia tai sitten sen jälkeen. Tislaamalla saatu alkoholi voidaan käyttää uudestaan ja kierrättää, mikä vähentää ympäristön kuormitusta. (Biodiesel production technology)

Tässä vaiheessa on puhdistamatonta biodieseliä, joka sisältää vielä jäämiä katalyyttistä sekä mahdollisesti pieniä määriä saippuaa, jota on voinut muodostua prosessin aikana. Sekä katalyytit, että mahdollisesti muodostunut saippua saadaan eroteltua biodieselistä pesemällä biodiesel lämpimällä vedellä. Tällöin saadaan puhdistettua biodieseliä, jonka viskositeetti on liian alhaista ja se tarvitsee kuivata. Saatua biodiesel on väriltään kellertävää niin kuin tavallinenkin diesel. Biodieselistä voidaan poistaa myös tämä kellertävä väri, mutta se on harvoin tarpeellista. (Biodiesel production technology)

Prosessin aikana saatu glyseroli sisältää myös reagoimattomia katalyyttejä, jotka on myös hyvä poistaa, jotta glyserolista saadaan käyttökelpoista. Glyserolista saadaan katalyytit ja mahdolliset saippuat poistettua neutralisoimalla se hapolla. Glyserolista poistetaan vesi sekä alkoholit, jolloin saadaan 80 – 88-prosenttista raakaglyserolia, joka voidaan myydä eteenpäin tai tislata erittäin puhtaaksi glyseroliksi, jolloin se sopii lääke- ja kosmetiikkateollisuuden tarpeisiin. (Biodiesel production technology)

### 4.3 Puhtaiden kasviöljyjen valmistus

Pääsääntöisesti kasviöljyjä valmistetaan hajautetuilla tai keskitetyillä öljynpuristamoilla. Suuret tuotantolaitokset käyttävät keskitettyä puristusmenetelmää, joiden tuotantokapasiteetti on jopa 4000 tonnia siemeniä päivässä. Pienet tuotantolaitokset käyttävät hajautettua puristusmenetelmää, ja näiden kapasiteetti on noin 5 – 25 tonnia päivässä. Kuviossa 5 on esitetty hajautetun tuotantolaitoksen kasviöljyn prosessikaavio. (VTT. Kasviöljy polttoaineena)



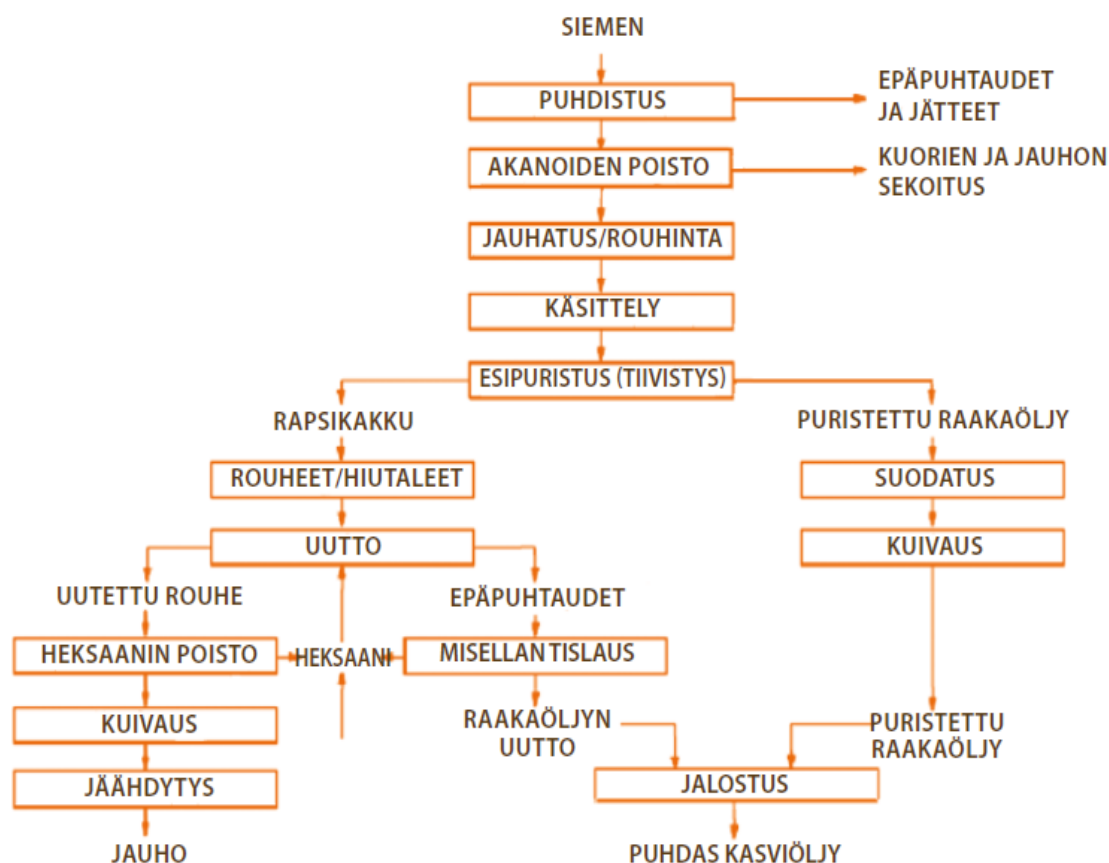
KUVIO 5. Siementen käsittelyn vaiheet hajautetussa öljynpuristamossa. (VTT. Kasviöljy polttoaineena)

Siemenet puhdistetaan ensin epäpuhtauksista, kuten oljista ja hiekasta. Tämän jälkeen siemenet jauhetaan ja kuoritaan siementyypistä riippuen. Puhtaat siemenet puristetaan kylmäpuristustekniikalla, joka ei tarvitse kaikkia prosessivaiheita jota kuumapuristustekniikka tarvitsee, kuten hartsin poistoa, happamuuden alentamista, valkaisua tai hajujen poistoa. Siementen laadulla, puristusmenetelmällä ja öljyn puhdistuksella on suuri vaikutus saadun öljyn laatuun. Puristusvaiheen jälkeen saadaan rapsikakku (tässä tapauksessa on käytetty rapsin siemeniä), sekä sameaöljyä. Sameaöljy on jatkojalostettava, että se sopisi polttoainekäyttöön. Sameaöljyn sekaan lisätään absorboivia lisäaineita tai

sitruunahappoa. Loput epäpuhtaudet saadaan lisäaineiden lisäyksen jälkeen poistettua suodattamalla öljystä absorboivien aineiden tai sitruunahappojen sitomat epäpuhtaudet. Tämän jälkeen öljy suodatetaan vielä varmuudenvuoksi kertaalleen, että saadaan varmasti puhdasta rapsiöljyä. (VTT. Kasviöljy polttoaineena)

Keskitetyissä tuotantolaitoksissa prosessi on alkuun samantapainen kuin hajautetuissa. Erot syntyvät siinä, että rapsikakun prosessointia jatketaan edelleen, kuten kuviossa 6 on esitetty. Rapsikakkua uutetaan heksaanin avustuksella, joka parantaa öljyn poistumista huomattavasti. (Kehittyvä elintarvike. Öljy erottuu siemenestä puristamalla tai uuttamalla)

Kyseessä on siis kiinteä-neste -uuttoprosessi, jossa öljy siirtyy kiinteästä aineesta sitä ympäröivään öljyliuotinseokseen. Uuttoprosessin jälkeen saadaan uutettua rouhetta sekä epäpuhtauksia, jotka sisältävät öljyä. Epäpuhtaudet tislataan, jotta niiden sisältämä heksaani saadaan poistettua. Samantapainen toimenpide tarvitsee tehdä myös uutetulle rouheelle, jotta sen saa jatkokäsiteltyä vaikka karjarehuiksi. Epäpuhtauksista käytetyn tislauksen nimike on misellan tislauk. tästä prosessista saadaan uutettua raakaöljyä. Sekä puristettu raakaöljy ja uutettu raakaöljy voidaan jatkojalostaa puhtaaksi kasviöljyksi. (VTT. Kasviöljy polttoaineena)



KUVIO 6. Siementen käsittelyn vaiheet keskitetyssä öljynpuristamossa. (VTT. Kasviöljy polttoaineena)

#### 4.4 Biokaasun valmistus

Biokaasuprosesseja on kolme erilaista, nämä voidaan luokitella niissä käytettävien lämpötilojen mukaan. Psykofiilisten mikrobien optimi mätänemislämpötila on 0 – 15 °C, mesofiilisten mikrobien on 30 – 40 °C ja termofiilisten mikrobien on 50 – 60 °C. Bioreaktoreiden lämpötilat pyritään pitämään mahdollisimman vakiona, jotta mikrobipopulaatiot toimitusivat parhaalla mahdollisella tavalla.

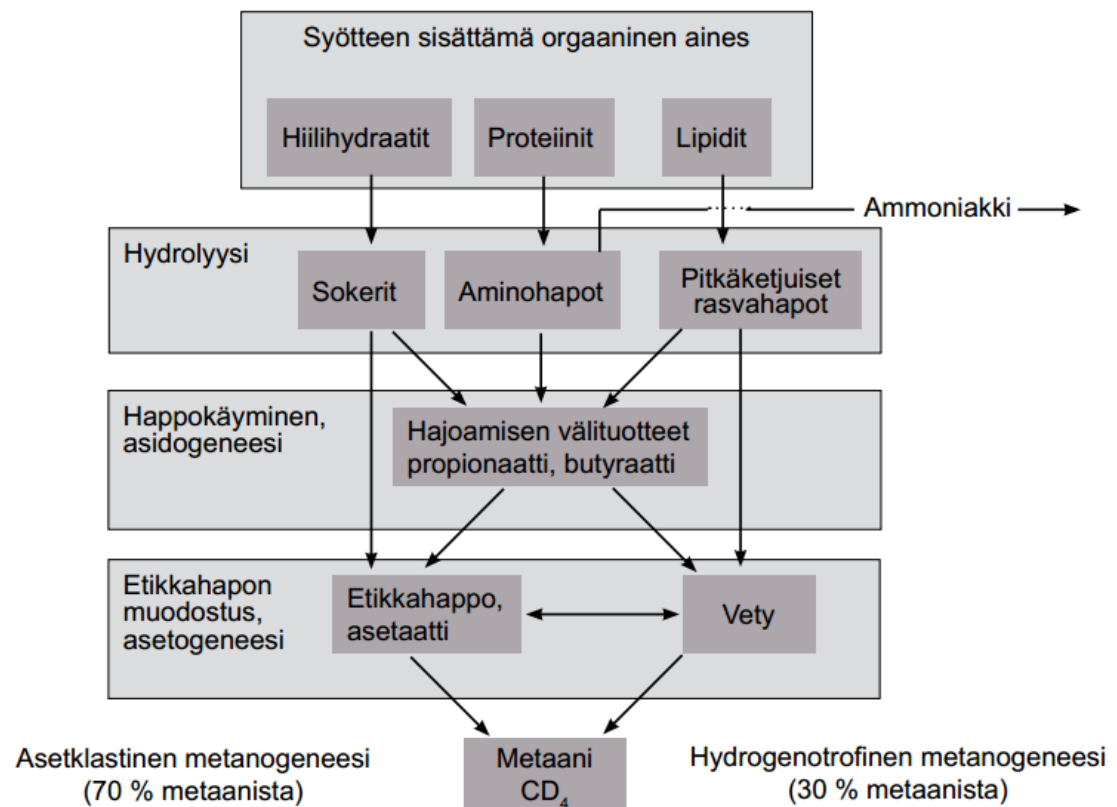
Biokaasua valmistetaan pelto- ja jättepohjaisista raaka-aineista mädättämisprosessilla, jolloin biokaasua syntyy kun mikrobit hajoavat orgaanisista aineista. Mädäntyminen tapahtuu hapettomissa olosuhteissa anaerobisten bakteerien vaikutuksesta, joko isomissa tai pienemmissä bioreaktoreissa. Biokaasua voidaan myös kerätä kaatopaikoilta erillisten keräysputkistojen avulla.

Bioreaktoreissa tapahtuvan biokaasun mädätys-prosessi alkaa hydrolyysillä, jossa pilkotaan lähtöaineet sokereiksi, pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi sekä ammoniakiksi. Hydrolyysi edellyttää, että lähtöaine sisältää vettä, joka soveltuu erinomaisesti jätevedenpuhdistamoihin. Usein vesi on mukana jo lähtöaineessa, mutta se voidaan myös lisätä siihen, ja kierrättää myöhemmässä prosessin vaiheessa, tällöin puhutaan kuivamädätyksestä.

Biokaasun valmistuksen seuraava vaihe on happokäyminen eli happofermentaatio. Happofermentaatiosta voidaan käyttää myös nimikettä mätäneminen. Tässä vaiheessa hydrolyysituotteet hajoavat karboksyylihapoiksi.

Asetogeneenissa, eli prosessin kolmannessa vaiheessa, asetaattia tuottavat bakteerit hajottavat edellisen vaiheen tuotteet asetaatti-ioneiksi, vedyksi sekä hiilidioksidiksi. Prosessin viimeisessä vaiheessa eli metanogeneesissä, metanogeneettiset bakteerit tuottavat asetaatti-ioneista tai vedystä ja hiilidioksidista metaanikaasua. Noin 70 % tuotetusta metaanikaasusta tulee asetaatti-ioneista ja 30 % vedystä ja hiilidioksidista. Mikäli lähtöraaka-aineessa on ollut mukana sulfaatteja, lopputuotteen yhteydessä muodostuu silloin myös rikkivetyä. Kuviossa 7 on esitettyä biokaasun valmistuksen prosessikaavio. (Lehtomäki Annimari, Paavola Teija, Luostarinen Sari, Rintala Jukka)





KUVIO 7. Biokaasun valmistuksen prosessikaavio. (Bioenergia tieto. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä)

## 5 POHDINTA

Biopolttoaineiden käyttö liikennepolttoaineena on ympäristölle parempi vaihtoehto kuin fossiilisten polttoaineiden. Biopolttoaineiden valmistuksessa lisääntyy huomattavasti vähemmän ilmaan hiilidioksidia, kuin fossiilisten polttoaineiden valmistuksessa. Myös polttoaineiden palamisessa hiilidioksidipäästöt ovat biopolttoaineilla huomattavasti pienemmät kuin fossiilisilla polttoaineilla.

Biopolttoaineiden ympäristöpäästöt ovat joidenkin tutkimusten mukaan samalla tasolla fossiilisten polttoaineiden päästöjen kanssa. Greenpeace sivuston mukaan ruokakasveista valmistettujen biopolttoaineiden ympäristövaikutukset ovat fossiilisia suuremmat. Tämä perustuu lannoitteiden, bioversiteetin ja veden käyttöön. Myös maaperä saa osansa eroosion, happamoitumisen sekä metsäpalojen aiheuttamien ongelmien vuoksi. Tämä johtaa siihen, että joidenkin valmistettavien biopolttoaineiden raaka-aineet kilpailevat ruokakasvien kasvatusta maaperästä. Jotkin tahot ovat sitä mieltä, ettei ruokakasveista saisi valmistaa lainkaan biopolttoaineita sen eettisyyden vuoksi.

Biopolttoaineiden kustannuksiin suurin vaikuttava tekijä on raaka-aine, jonka osuus kustannuksista saattaa olla jopa 75 %. Valmistukseen käytettävä teknologia kasvattaa myös kustannuksia, jollei biopolttoainetta valmistavalla yrityksellä ole valmiiksi sopivaa laitteistoa sen valmistamiseen. Investoinnit voivat viedä BTL (Biomass To Liquid) teknologialla pääomakustannukset jopa 75 prosenttiin. Tällöin kannattavuus on optimaalista vain silloin, jos yritys saa merkittäviä tukia valtiolta tai joltain muulta taholta. Loput biopolttoaineiden valmistuksen kustannuksista tulevat tuotannon kustannuksista, kuljetuksista sekä jakelusta. Näihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi raaka-aineiden sijoituspaikoilla, kuten biokaasun valmistuksessa käytettävien jätelaitosten sijoituksella. Raaka-aineiden sijoituspaikoille rakennettavien laitosten käyttö vähentää merkittävästi käyttökustannuksia. Laitosten tehokkuus sekä niiden toimivuus ovat niitä tekijöitä, jotka määräävät tuotantolaitosten kannattavuuden.

## LÄHTEET

Bioenergiatieto. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Luettu 06.04.2013.

[http://www.bioenergiatieto.fi/default/?\\_EVIWYSIWYG\\_FILE=7689&name=file](http://www.bioenergiatieto.fi/default/?_EVIWYSIWYG_FILE=7689&name=file)

Bioenergiatieto. Kasviöljy. Luettu 16.04.2013.

[http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/agroenergia\\_ja\\_ruokaketju/polttoaineet/kasvioljy/](http://www.bioenergiatieto.fi/default/www/etusivu/agroenergia_ja_ruokaketju/polttoaineet/kasvioljy/)

Bioste. Bioetanoli. Luettu 19.03.2013.

[http://www.bioste.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=11&Itemid=12](http://www.bioste.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=12)

Bioste. Biokaasu. Luettu 19.03.2013.

[http://www.bioste.fi/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2&Itemid=10](http://www.bioste.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=10)

Ciweb. Highbio-interreg pohjoinen. Luettu 05.03.2013.

[https://ciweb.chydenius.fi/project\\_files/HighBio%20projekti%20INFO/INFO%20HighBio%20F54.pdf](https://ciweb.chydenius.fi/project_files/HighBio%20projekti%20INFO/INFO%20HighBio%20F54.pdf)

Gasum. Mitä biokaasu on?. Luettu 14.03.2013.

<http://www.gasum.fi/tuotteet/biokaasu/Sivut/Mitabiokaasuon.aspx>

Gasum. Biokaasu on uusiutuva energialähde. luettu 17.04.2013.

<http://www.gasum.fi/tuotteet/biokaasu/Sivut/default.aspx>

Hakkarainen A, 2011. Kiintoaineen ja nesteen erotusprosessit lingoselluloosanetanolin tuotannossa. Luettu 16.04.2013.

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/69702/nbnfi-fe201104291494.pdf?sequence=3>

J. Van Gerpen, B. Shanks, and R. Pruszko, 2004. Biodiesel production technology. Luettu 16.04.2013.

<http://www.biodiesel.org/reports/20040701-gen369.pdf>

Kauppalehti. Neste Oilin mikrobiöljyn koelaitos käyttöön. Julkaistu 26.10.2012. Luettu 13.03.2013.

<http://www.kauppalehti.fi/etusivu/neste+oilin+mikrobioljyn+koelaitos+kayttoon/201210291289>

Kiviranta T, Siitonen V, 2005. Bioetanolin tuotanto. Luettu 05.03.2013.

<http://www3.lut.fi/webhotel/teke/kklemola/2005-bioetanol.pdf>

Lehtomäki A, Paavola T, Luostarinen S, Rintala J. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. 64 sivua. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. ISBN: 978-951-39-3076-9. Luettu 14.03.2013

Motiva. Biokaasu. Luettu 20.03.2013.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu)

Motiva. Liikenteen biopolttoaineet. Luettu 05.03.2013.

[http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/bioenergia/liikenteen\\_biopolttoaineet](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/liikenteen_biopolttoaineet)

Neste Oil. Uusiutuva NExBTL-diesel. Luettu 07.03.2013.

<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,11993,12252>

Raallehto. Kasviöljy polttoaineena. Luettu 16.04.2013.

<http://www.raallehto.ehdolla.fi/15>

Ronkanen A, 2009. Nestemäiset biopolttoaineet. Luettu 04.04.2013.

<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=bioetanolin+valmistusprosessi+biomassasta&source=web&cd=3&ved=0CEwQFjAC&url=http%3A%2F%2Fbioenergianmahdollisuudet.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FBiopolttoaineet.docx&ei=L-IUYCnNenO4QSVvoDYAw&usg=AFQjCNHwGgYMKITcvHEbAW6BterV9INubg>

St1. Biojätteestä etanolia –innovaatio. Luettu 06.03.2013.

<http://www.st1.fi/index.php?id=5806>

St1. Jätteet ja tähteet tehokäyttöön. Luettu 06.03.2013.

<http://www.st1.fi/index.php?id=5817>

St1. St1 valmiina aloittamaan bioetanolin valmistamisen sahanpuruista. Julkaistu 05.02.2013. Luettu 08.03.2013.

<http://www.st1.fi/index.php?id=12323>

Suokko A, 2010. VTT. Lignoselluloosaetanolin ja synteesikaasusta fermentoitujen polttonesteiden teknologiatarkastelu. Luettu 16.04.2013.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2533.pdf>

Takala S, Valkama K, 2006. Biodieselin valmistus kasviöljyistä vaihtoesteröintimenetelmällä. Luettu 12.03.2013.

<http://www3.lut.fi/webhotel/teke/kklemola/2006-biodiesel-FAME.pdf>

Tulisalo U. Kehittyvä elintarvike. Öljy erottuu siemenestä puristamalla tai uuttamalla. Luettu 17.04.2013.

<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/22-oljy-erottuu-siemenesta-puristamalla-tai-uuttamalla>

UPM. Biodiesel. Luettu 16.04.2013.

<http://www.upm.com/FI/TUOTTEET/Biopolttoaineet/Biodiesel/Pages/default.aspx>

VTT. Kasviöljy polttoaineena. Luettu 15.04.2013.

[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=kasvi%C3%B6ljyjen+puristus+prosessi+polttoaineek-si&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agriforenergy.com%2Fcontent%2Findex.php%3Foption%3Dcom\\_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D1284%3Aoljyopas\\_vtt.pdf%26id%3D17%3Aapvo-hand-](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=kasvi%C3%B6ljyjen+puristus+prosessi+polttoaineek-si&source=web&cd=1&ved=0CC0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agriforenergy.com%2Fcontent%2Findex.php%3Foption%3Dcom_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D1284%3Aoljyopas_vtt.pdf%26id%3D17%3Aapvo-hand-)

[book&ei=7GqCUcWFBMjTtQaK1oGIBw&usg=AFQjCNGSKSw7nVppkcgkwdQmSunBjcPQA](https://books.google.fi/books?ei=7GqCUcWFBMjTtQaK1oGIBw&usg=AFQjCNGSKSw7nVppkcgkwdQmSunBjcPQA)

VTT. VTT ja St1 kehittävät uutta vähäpäästöistä liikennepolttoainetta. Julkaistu 31.03.2009. Luettu 19.03.2013.

<http://www.vtt.fi/news/2009/03312009b.jsp>