



# **TOISEN SUKUPOLVEN BIOPOLTTOAINEET ILMASTONMUUTOKSEN HIL- LITSIJÄNÄ**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

Sami Antikainen

Tarkastaja: Tutkijatohtori Eero Inkeri

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Sami Antikainen

### **Toisen sukupolven biopolttoaineet ilmastonmuutoksen hillitsijänä**

Energiatekniikan kandidaatintyö

2023

34 sivua, 4 kuvaa ja 4 taulukkoa

Tarkastaja: Tutkijatohtori Eero Inkeri

Avainsanat: Toisen sukupolven biopolttoaineet, uusiutuvan polttoaineet

Tässä kandidaatintyönä tehdyssä kirjallisuuskatsauksessa käsitellään uusiutuvia, toisen sukupolven biopolttoaineita. Työn tavoitteena on selvittää mitä toisen sukupolven biopolttoaineet ovat, millaisia haasteita ja potentiaalia niihin liittyy sekä millaiset niiden tulevaisuuden näkymät ovat.

Ilmastonmuutoksen myötä kestävämpien energian tuotantotapojen kysyntä on kasvanut viime vuosien aikana. Uusiutuvat polttoaineet ovat yksi tapa vähentää ihmisten aiheuttamia päästöjä. Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat uusiutuvia polttoaineita ja yksi potentiaalinen vaihtoehto korvata fossiiliset polttoaineet.

Toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuuden näkymät olivat hyvät. Kasvanut kysyntä, edesauttava politiikka ja investoinnit tuotannon kasvattamiseen edesauttoivat toisen sukupolven biopolttoaineiden asemaa tulevaisuudessa. Päästöjä voidaan vähentää välittömästi korvaamalla fossiilinen polttoaine uusiutuvalla polttoaineella. Toisen sukupolven biopolttoaineiden suurimpina haasteina nähtiin niiden korkeampi hinta verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin sekä tuotannon ja raaka-aineiden rajallisuus. Tulevaisuudessa vaaditaan suuria investointeja tuotannon kasvattamiseen, jotta kasvavaan kysyntään saataisiin vastattua. Maailman epävakaa tilanne aiheutti epävarmuutta ja haasteita toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuuden ennustamisessa.

## ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Sami Antikainen

### **Second generation biofuels as a moderator of climate change**

Bachelor's thesis

2022

34 pages, 4 figures and 4 tables

Examiners: Research doctor Eero Inkeri

Keywords: Second-generation biofuels, renewable fuels

This literature review carried out as a bachelor's thesis deals with renewable, second-generation biofuels. The goal of the work is to find out what second-generation biofuels are, what challenges and potentials are associated with them, and what their prospects are.

Due to climate change, the demand for more sustainable energy production methods has increased in recent years. Renewable fuels are one way to reduce human-caused emissions. Second-generation biofuels are renewable fuels and one potential alternative to replace fossil fuels.

The prospects for second-generation biofuels were good. Increased demand, supportive policies, and investments to increase production even helped the position of second-generation biofuels in the future. Emissions can be reduced immediately by replacing fossil fuel with renewable fuel. The biggest challenges of second-generation biofuels were seen as their higher price compared to fossil fuels, as well as the limitation of production and raw materials. In the future, large investments will be required to increase production to meet the growing demand. The unstable situation in the world caused uncertainty and challenges in predicting the future of second-generation biofuels.

## LYHENNELUETTELO

### Lyhenteet

ESR	taakanjakoasetus (Effort Sharing Regulation)
ETBE	etyylitertiäärinen butyylietteri (Ethyl Tertiary-butyl Ether)
EU	Euroopan unioni (European Union)
HVO	vetykäsitelty kasviöljy (Hydrotreated Vegetable Oil)
ICCT	Kansainvälinen puhtaan liikenteen neuvosto (International Council on Clean Transportation)
NEXBTL	seuraavan sukupolven biomassasta nesteeksi (Next Generation Biomass to Liquid)
PES	palmujätevesiliete (Palm Effluent Sludge)
PFAD	palmuöljyn rasvahappotisle (Palm Fatty Acid Distillate)
SAF	kestävä lentopolttoaine (Sustainable Aviation Fuel)
SBEO	käytetty valkaisusaviöljy (Spent bleaching Earth Oil)
TCO	tekninen maissiöljy (Technical Corn Oil)

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenneluottelo

1	Johdanto.....	6
2	Toisen sukupolven biopolttoaineet.....	8
2.1	Biopolttoaineiden luokittelu sukupolvien mukaan.....	8
2.2	Raaka-aineet.....	9
2.3	Valmistusmenetelmät.....	10
2.3.1	Vetykäsittelyprosessi.....	11
2.3.2	Bioetanolin valmistusprosessi.....	12
2.4	Tuotanto Suomessa.....	14
2.5	Käyttökohteet.....	16
3	Toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuus.....	18
3.1	Ilmastonmuutoksen hillintä.....	18
3.2	Toisen sukupolven biopolttoaineiden potentiaali.....	19
3.3	Haasteet.....	20
3.3.1	Raaka-aineiden kustannukset.....	20
3.3.2	Lentoliikenne.....	20
3.3.3	Energiakriisi.....	21
3.4	Liikenne polttoaineiden jakeluelvoite.....	21
3.4.1	Biopolttoöljyn jakeluelvoite.....	22
3.4.2	Energiakriisin vaikutus liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteeseen.....	23
4	Talous.....	25
4.1	Potentiaali liiketoiminnassa.....	25
4.2	Polttoaineen hinnan määräytyminen.....	26
4.3	EU:n energia- ja ilmastopolitiikka lisää kysyntää.....	27
4.4	Investoinnit toisen sukupolven biopolttoaineisiin.....	28
5	Johtopäätökset.....	29
	Lähteet.....	30

# 1 Johdanto

Useat maailman valtiot ovat sitoutuneet olemaan hiilineutraaleja vuoteen 2050 mennessä. Vuonna 2021 Suomen kokonaispäästöistä reilu viidennes johtui liikenteen aiheuttamista päästöistä (Ympäristöministeriö 2022). Maailmassa edelleen yli 90 prosenttia tieliikenteen kokonaisenergiankulutuksesta perustuu fossiilisiin polttoaineisiin. Suomessa vuonna 2021 tieliikenteen kokonaisenergian kulutuksesta fossiilisten polttoaineiden osuus oli yli 80 prosenttia (Autoalan Tiedotuskeskus 2022a). Liikenteestä on saatava kestävää ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Fossiilisten polttoaineiden tilalle on kehitetty korvaavia uusiutuvia vaihtoehtoja, joista yksi on toisen sukupolven biopolttoaineet. Tässä työssä tutkimuksen kohteena on toisen sukupolven biopolttoaineet.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan yleensä ruoantuotantoon kelpaavista raaka-aineista. Toisen sukupolven biopolttoaineet taas käyttävät raaka-aineenaan erilaisia jätteitä ja tähteitä. Niiden avulla voidaan vähentää liikenteen päästöjä jopa 90 prosenttia. Toisen sukupolven biopolttoaineet eivät myöskään kilpaile ruoantuotannon kanssa maapinta-alasta tai resursseista, vaan niitä tuotetaan esimerkiksi teollisuudessa syntyvistä jätesivuvirroista. Osa toisen sukupolven biopolttoaineista on drop-in polttoaineita eli ne sopivat sellaisenaan tällä hetkellä käytössä olevaan kalustoon ja tekniikkaan. Päästöjä voidaan vähentää heti, jos fossiilinen polttoaine korvataan toisen sukupolven biopolttoaineella.

Työssä syvennyttään tällä hetkellä markkinoilla oleviin toisen sukupolven biopolttoaineisiin, niiden tulevaisuuden potentiaaliin ja haasteisiin sekä mahdollisuuksiin yritystoiminnassa. Työ keskittyy toisen sukupolven biopolttoaineisiin, joten työn lukemisen jälkeen lukijalle pitäisi olla hyvin tiedossa mistä on kyse, kun puhutaan toisen sukupolven biopolttoaineista toisin sanoen kehittyneistä biopolttoaineista.

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia toisen sukupolven biopolttoaineiden potentiaalia osana ilmastonmuutoksen hillintää. Mitä hyvää on toisen sukupolven biopolttoaineissa ja millaisia haasteita niihin myös liittyy. Työ on rajattu käsittelemään toisen sukupolven biopolttoaineita, mutta ensimmäisen ja kolmannen sukupolven biopolttoaineita myös sivutaan lyhyesti.

Työssä käydään läpi ensiksi toisen sukupolven biopolttoaineiden nykytilannetta, sitten tulevaisuuden näkymiä ja lopuksi tutkitaan vielä niiden taloudellista puolta kuten potentiaalia sekä mahdollisuuksia liiketoiminnassa.

## 2 Toisen sukupolven biopolttoaineet

Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat suuressa roolissa ilmastonmuutoksen hillinnässä. Toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotanto ei kilpaile ruoantuotannon kanssa toisin kuin ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet ja siksi toisen sukupolven biopolttoaineissa nähdään suurta potentiaalia tulevaisuudessa osana ilmastonmuutoksen hillintää.

### 2.1 Biopolttoaineiden luokittelu sukupolvien mukaan

Biopolttoaineet voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan raaka-aineiden sukupolvien mukaan. Perinteiset biopolttoaineet eli ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan erilaisista biomateriaaleista kuten täkkelyksestä, sokereista ja kasviöljystä. Kaikkia lueteltuja raaka-aineita voidaan myös käyttää ruoantuotannossa. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet siis kilpailevat ruoan tuotannon kanssa. (UPM 2022a)

Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat kehittyneempiä ja kestävämpiä kuin ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet. Toisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineina toimii jäte- ja tähdepohjaiset raaka-aineet, joita saadaan esimerkiksi elintarviketeollisuudesta ja yhdyskuntajätteestä. Toisen sukupolven biopolttoaineet ovat laadultaan parempia sekä ne vähentävät päästöjä huomattavasti tehokkaammin verrattuna ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin. (Motiva 2022.) Toisen sukupolven biopolttoaineet eivät kilpaile elintarviketuotannon kanssa, mutta niin saatetaan luulla, koska ne sekoitetaan helposti ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet ovat luoneet osittain huonon maineen toisen sukupolven biopolttoaineille, vaikka kyseessä onkin kaksi täysin eri tuotetta. (UPM 2022a)

Kolmannen sukupolven biopolttoaineiden tuotanto on keskittynyt mikroskooppisten organismien käyttöön. Kolmannen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineina toimii erilaiset levät ja mikrobit. Nykyisen tieteellisen tiedon ja tutkimuksen perusteella kolmannen sukupolven biopolttoaineita pidetään potentiaalisena vaihtoehtona korvaamaan ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineet. (Singh, Olsen ja Nigam 2011.) Kolmannen sukupolven



biopolttoaineet ovat tällä hetkellä vasta kehitysvaiheessa eivätkä ole tulossa kaupalliseen käyttöön vielä vuosiin (Motiva 2022).

## 2.2 Raaka-aineet

Toisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineina käytetään kasvi- ja puupohjaista selluloosaa sekä teollisuuden sivuvirtoina syntyviä jätteitä ja tähteitä (Autoalan Tiedotuskeskus 2022b). Jätteitä ja tähteitä saadaan kerättyä useista eri lähteistä. Metsäteollisuudesta saadaan puupohjaista biomassaa toisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-aineeksi. Puupohjainen biomassa voi olla pehmeää ja kovaa puuta, metsäteollisuuden jätettä kuten haketta, oksia, kuolleita puita, sahanpurua, leikkausjätettä ja metsän harvennuksessa syntyvää jätettä. (Basile ja Dalena 2019.) Metsäteollisuudessa syntyy kemiallisessa selluntuotannossa tähteenä puupohjaista raakamäntyöljyä, jota voidaan hyödyntää uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineena. Puupohjaisesta raakamäntyöljystä valmistetaan uusiutuvaa dieseliä. (UPM 2023)

Toisen sukupolven bioetanolin raaka-aineina käytetään lignoselluloosaa eli kasvipohjaista biomassaa. Lignoselluloosa koostuu pääosin selluloosasta, ligniinistä sekä hemiselluloosasta. Lignoselluloosaa syntyy maataloudessa tuotannon ja jalostuksen jätteenä (Baig, Wu ja Turcotte 2019). Maatalousjätteet voidaan jakaa neljään pääkategoriaan, jotka ovat viljelijätteet, maatalousteollisuuden jätteet, kotieläinjätteet sekä hedelmien ja kasvien kasvatuksessa syntyvät jätteet. Jätteitä ovat esimerkiksi kiinteä karjalalanta, lehdet, oljet, palot ja siemenet. Maatalousjätteitä syntyy esimerkiksi viljojen, hedelmien, vihannesten, lihan, siipikarjan ja maitotuotteiden tuotannon sekä jalostuksen aikana. Maatalouden tuotantoprosesseissa syntyvät jätteet kuten maissin jyvät ja vehnän oljet ovat edullisia ja helposti uusiutuvia biomassan lähteitä käytettäväksi bioetanolin valmistuksessa. Teollisuudessa syntyvät erilaiset kemialliset massat ja primäärijäteveden kiinteät aineet sopivat jätepohjaiseksi raaka-aineeksi uusiutuvilla polttoaineille. Yhdyskunnan tuottamia jätteitä kuten elintarvikkeita, sanomalehtiä ja muuta lajiteltua jätettä voidaan myös hyödyntää jätepohjaisena raaka-aineena. (Basile ja Dalena 2019)

Elintarviketeollisuudessa muodostuva eläinrasvajäte, käytetty paistorasva sekä jätteet ja tähteet, joita syntyy kasviöljyntuotannossa sopivat uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineeksi. Eläinrasvajätettä saadaan lihantuotannon jätteenä, joka jatkojalostetaan eläinrasvaksi

renderöintilaitoksilla, jota voidaan puolestaan käyttää yhtenä raaka-aineena uusiutuville polttoaineille. Kuumennusprosessissa eli renderöintiprosessissa tuotteesta poistetaan mahdolliset taudinaiheuttajat. Elintarviketeollisuus, ravintolat ja kotitaloudet synnyttävät käytettyä paistorasvaa ruoanvalmistuksessa, joka koostuu kasvi- ja eläinperäisistä rasvoista ja öljyistä. Käytetystä paistorasvasta tulee jätettä, koska hygieniasyistä sitä ei voida uudelleen käyttää elintarvikkeena. (Neste 2022a)

Kasviöljytuotannon tähteitä käytetään uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineena. Palmuöljyn rasvahappotisle (PFAD, Palm Fatty Acid Distillate), käytetty valkaisuaviöljy (SBEO, Spent Bleaching Earth Oil) sekä palmujätevesiliete (PES, Palm Effluent Sludge) ovat sen tyyppisiä jätteitä ja tähteitä mitkä sopivat uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineeksi. Edellä mainittujen lisäksi raaka-aineena käytetään muitakin jätteitä ja tähteitä kuten elintarviketeollisuudesta muodostuvaa kalarasvajätettä sekä rehumaissin tuotannossa syntyvää tähdettä, teknistä maissiöljyä (TCO, Technical Corn Oil). Uusia jäte- ja tähderaaka-aineita etsitään jatkuvasti uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineiksi. (Neste 2022a)

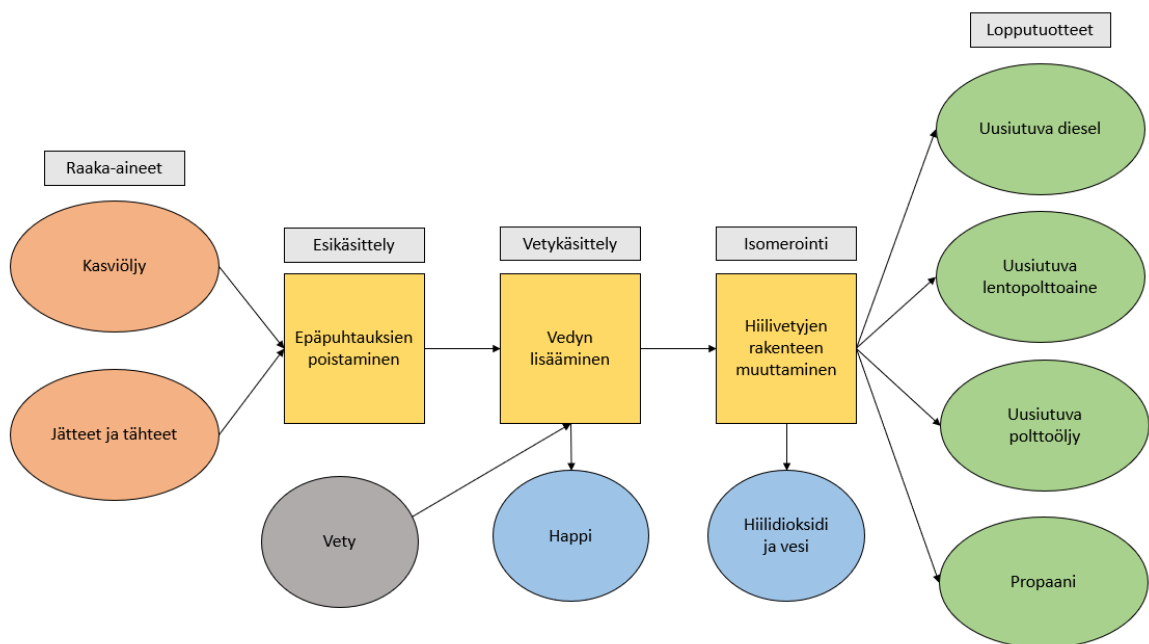
Uusiutuvia ja kierrätettyjä raaka-aineita ja teknologioita kehitetään jatkuvasti tulevaisuuden saatavuuden parantamiseksi. Käytössä olevien raaka-aineiden tarjontaa pyritään laajentamaan tulevaisuudessa etsimällä uusia entistä heikkolaatuisempia jäte- ja tähderaaka-aineita. Niitä ovat esimerkiksi rasvahappoöljyt, jotka ovat vapaita rasvahappoja, joita syntyy kasviöljyjen jalostusprosessin seurauksena. Brown grease on kasvi- tai eläinperäistä jäterasvaa, jota saadaan talteen esimerkiksi ravintolakeittiöiden jätevesistä. Jätemuovi on myös yksi potentiaalinen raaka-aine, jota voitaisiin käyttää uutena raaka-aineena. Uudet kasviöljyt kehitetyneistä viljelykonsepteista, kiinteä yhdyskuntajäte, mikrolevät sekä Power-to-X teknologia ovat myös vaiheessa olevia konsepteja, joista saattaa tulla osatekijöitä tulevaisuuden raaka-aineiden hankintaan. (Neste 2022b)

### 2.3 Valmistusmenetelmät

Toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistusmenetelmistä tunnetuimmat ovat vetykäsitelyprosessi (HVO, Hydrotreated Vegetable Oil) sekä bioetanolin valmistusprosessi. Tässä kappaleessa käsitellään näitä kahta toisen sukupolven biopolttoaineiden valmistusprosessia.

### 2.3.1 Vetykäsittelyprosessi

HVO-prosessissa vetykäsittelyn avulla valmistetaan kasviöljyistä, jätteistä ja tähteistä uusiutuvaa dieseliä, polttoöljyä sekä lentopolttoainetta. Sivutuotteena prosessissa syntyy myös propaania, jota voidaan hyödyntää polttoaineena ja lämmityskäytössä. HVO-prosessi koostuu raaka-aineiden esikäsittelystä, vetykäsittelystä ja isomeroinnista jolla saadaan hiottua lopputuotteiden ominaisuuksia. (European Technology and Innovation Platform 2020) Kuvas-  
 ssa 1 on yksinkertaistettu HVO-prosessi ja siitä syntyvät lopputuotteet.



Kuva 1. Yksinkertaistettu HVO-prosessi. (Hilbers et al. 2015)

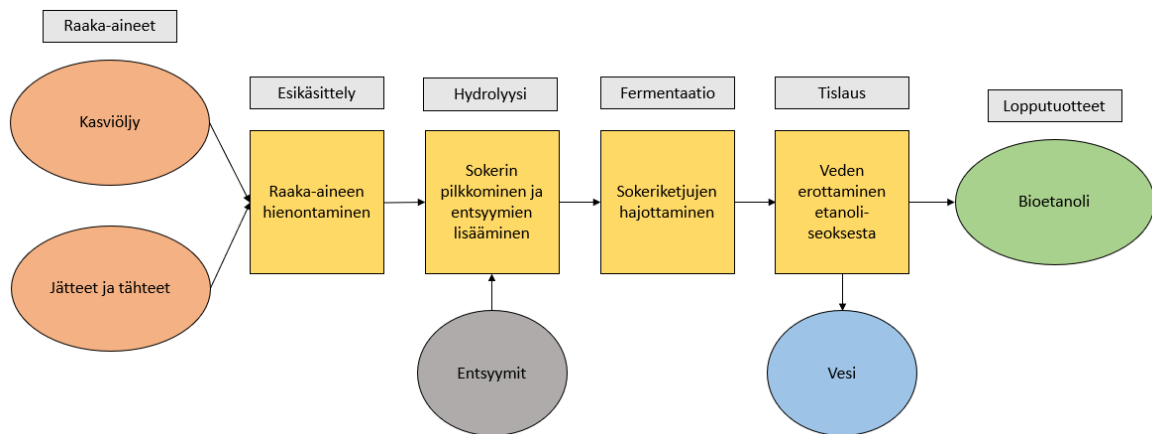
HVO-prosessi alkaa raaka-aineiden esikäsittelyllä, jonka aikana raaka-aineista poistetaan kaikki epäpuhtaudet. Esikäsittelyn jälkeen seuraa korkeassa paineessa ja lämpötilassa tehty vetykäsittely. Vetykäsittelyssä biologisista triglyserideistä eli veressä kiertävistä rasvoista ja rasvahapoista koostuvista raaka-aineista poistetaan happi. Tuloksena syntyy suoraketjuisia hiilivetyjä eli parafiineja, joilla ominaisuudet vaihtelevat prosessin olosuhteiden ja raaka-aineen ominaisuuksien mukaan. Vetykäsittely tapahtuu yleensä 300–390 °C lämpötilassa. Triglyseridien käsittelyn aikana syntyy tyypillisesti sivutuotteena propaania. Vetykäsittelyssä vetyä lisätään uusiutuvan raaka-aineen kaksoissidoksiin. Vetykäsittelyn jälkeen raaka-aineille tehdään kemiallinen prosessi isomerointi, jossa muutetaan hiilivetyjen rakennetta

haaroittamalla. Isomeroinnin aikana poistetaan raaka-aineesta ylimääräinen hiilidioksidi ja vesi. Isomeroinnilla saadaan aikaan haluttuihin tuotteisiin vaadittavat ominaisuudet. (European Technology and Innovation Platform 2020)

Uusiutuvien polttoaineiden raaka-aineiden kirjo on laaja. Erilaiset jätteet ja tähteet ovat ominaisuuksiltaan hyvin erilaisia ja ne vaativat käsittelyn usean prosessin läpi ennen kuin ne saadaan muutettua hiilivedyiksi. Raaka-aineet muodostavat heterogeenisen seoksen, joka pitää muuttaa homogeeniseksi tuotteeksi. Fossiiliseen polttoaineeseen verrattuna energiatiheyden täytyy olla sama, jotta tuote toimii halutulla tavalla. Neste on tällä hetkellä suurin uusiutuvan dieselin, uusiutuvan polttoöljyn ja uusiutuvan lentopolttoaineen (SAF, Sustainable Aviation Fuel) tuottaja maailmassa. Nesteellä on käytössä sen itse kehittämä HVO-teknologia mikä on kaupalliselta nimeltään NEXBTL (Next Generation Biomass to Liquid) eli seuraavan sukupolven biomassasta nesteeksi. (Neste 2022c)

### 2.3.2 Bioetanolin valmistusprosessi

Toisen sukupolven biopolttoaineista yksi merkittävä tuote on bioetanol. Toisen sukupolven bioetanolia valmistetaan kasvipohjaisista raaka-aineista kuten biojätteestä ja jätepohjaisista teollisuuden sivuvirroista. Toisen sukupolven bioetanol korvaa suoraan nykyisessä käytössä olevan fossiilisen moottoribensiinin (St1 2023). Bioetanolin valmistus jaetaan neljään eri päävaiheeseen, joita ovat raaka-aineiden esikäsittely, hydrolyysi, fermentaatio eli käyminen sekä tislauk. Hydrolyysi ja fermentaatio voidaan toteuttaa yhtäaikaaisesti tai erikseen omina vaiheinaan. (Aditya et al. 2016) Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaistettu bioetanolin valmistusprosessi.



Kuva 2. Yksinkertaistettu bioetanolin valmistusprosessi. (Aditiya et al. 2016)

Bioetanolin valmistus alkaa esikäsitelyllä, jossa pienennetään raaka-aineiden kappaleiden fyysistä kokoa, erotetaan selluloosaa sekä muutetaan selluloosan kiteisyyttä pienemmäksi. Esikäsitelyn aikana alkaa myös kemiallinen reaktio eli hydrolyysi, jossa vettä lisäämällä yhdiste hajoaa takaisin lähtöaineeksi. Hydrolyysissa sokeri pilkotaan 12 eri muotoon, jota hiivat voivat hyödyntää. Alkanut hydrolyysi saadaan toteutettua loppuun hyödyntämällä entsyymejä. Raaka-aine pilkotaan oikeanlaisen entsyymiseoksen avulla yksinkertaiseksi sokेरiksi mikrobien hyödynnettäväksi. Fermentoinnissa entsyymien avulla pilkotut pitkät sokेरiketjut hajotetaan hyödyntämällä hiivan ja bakteerien aineenvaihduntaa. Aineenvaihdunnan seurauksena syntyy etanolia sekä hiilidioksidia. Fermentointiprosessin jälkeen on saatu etanolipitoista nestettä, josta pitää poistaa lopuksi vielä ylimääräinen vesi. Ylimääräinen vesi saadaan poistettua etanolipitoisesta nesteestä tislauksen avulla. Tislaaminen onnistuu veden ja etanolin erisuuruisten kiehumispisteiden johdosta. Normaali ilmapaineessa etanolin kiehumispiste on 78,2 °C kun taas veden kiehumispiste on 100 °C. Kuumentamalla etanoli-seosta alkaa etanoli kiehua aikaisemmin kuin vesi ja näin etanoli saadaan erotettua seoksesta. Veden poistamisen seurauksena saadaan tuotettua korkealaatuista etanolia. (Aditiya et al. 2016)

Suomessa St1 on keskittynyt toisen sukupolven bioetanolin valmistukseen jättepohjaisista raaka-aineista. St1:llä on käytössään kolme erilaista prosessiteknologiaa bioetanolille, joita ovat Etanolix, Cellunolix ja Bionolix. Valmistustekniikan erottaa toisistaan valmistuksessa käytetyt raaka-aineet sekä prosessissa syntyvät sivutuotteet. Etanolix-prosessiteknologian raaka-aineena on elintarviketeollisuudesta saatavat korkean tärkkelys- ja sokेरipitoisuuden

omaavat jätteet. Cellulonix-prosessiteknologian käytetään hyödyksi sahateollisuuden sivutuotteita esimerkiksi sahanpurua sekä haketta. Bionolix-prosessiteknologiassa hyödynnetään biojätteitä, joita syntyy yhteiskunnassa ja teollisuudessa. (St1 2023)

## 2.4 Tuotanto Suomessa

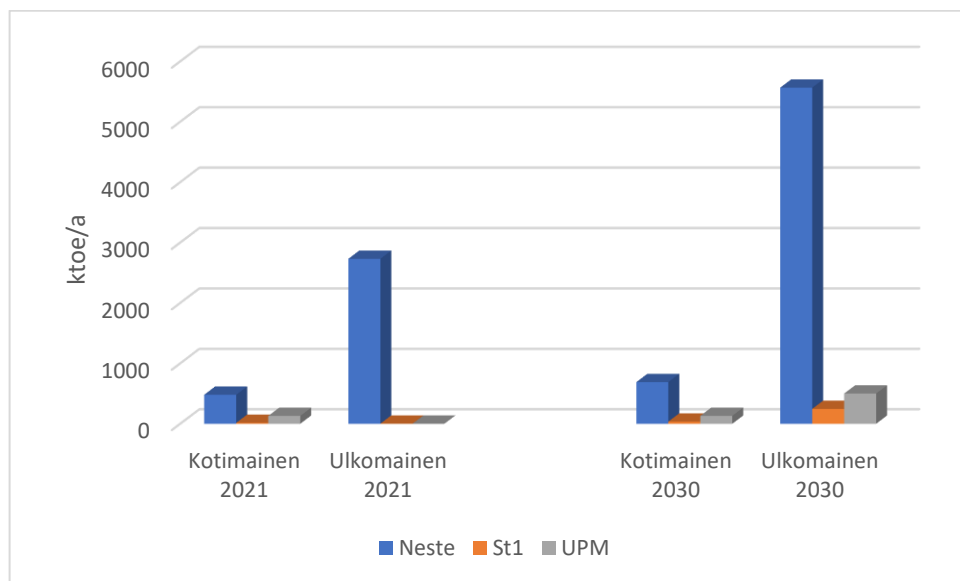
Suomessa uusiutuvien polttoaineiden tuotannon päätoimijoita ovat tällä hetkellä Neste, St1 sekä UPM. Vuonna 2020 biopolttoaineiden tuotannoksi arvioitiin noin 625ktoe (öljyekvivalenttitonni) ja Nesteen osuus oli siitä noin 80 prosenttia. Nesteen tuotantolaitosten uusiutuvien polttoaineiden tuotantokapasiteetti oli vuonna 2020 arviolta 3 miljoonaa tonnia. Laajennusten myötä arvion mukaan tuotantokapasiteetin oletetaan nousevan 4,5 miljoonaan tonniin vuonna 2023. Jätteistä ja tähteistä valmistettujen uusiutuvan dieselin ja uusiutuvan lentopolttoaineen valmistajista maailman suurimpana toimii Neste. (AFRY 2021)

Nesteellä on uusiutuvina tuotteinaan Neste MY Uusiutuva Diesel, Neste MY Uusiutuva Polttoöljy sekä Neste MY Uusiutuva Lentopolttoaine. Nämä kaikki edellä mainitut tuotteet ovat toisen sukupolven biopolttoaineita. Nesteen valmistamista tuotteista Neste MY Uusiutuva Diesel on HVO-käsitelty uusiutuva diesel. Se täyttää parafiinisen dieselin standardin EN15940 ja näin se luokitellaan parafiiniseksi dieseliksi eli se on hiukkaspäästöiltään puhtaampaa kuin perinteinen aromaattinen diesel (Neste 2022d). Kemian näkökulmasta uusiutuva HVO-diesel on hapeton hiilivety-polttoaine kuten fossiilinenkin diesel. (Autoalan Tiedotuskeskus 2022b)

UPM tuottaa mäntypohjaista uusiutuvaa HVO-dieseliä ja naftaa eli biokomponenttia Lappeenrannan tuotantolaitoksellaan. Vuonna 2021 Lappeenrannan laitoksen uusiutuvien polttoaineiden kapasiteetti oli 130 000 tonnia (AFRY 2021). UPM:llä on tuotteenaan UPM BioVerno -diesel, joka on toisen sukupolven biopolttoaine. UPM:n BioVerno -dieseliä valmistetaan HVO-käsittelemällä raakamäntyöljyä, jota syntyy sellutuotannon tähteenä eikä näin ollen kuormita metsien käyttöä. Kyseisellä tuotteella saavutetaan vastaava hyötysuhde kuin fossiilisella polttoaineella ja BioVerno -dieselin energiasisältö on myös sama fossiilisen polttoaineen kanssa. (UPM 2022b)

St1 tuottaa RE85-polttonestettä, joka on jättepohjaista etanolia, jota valmistetaan biojätteistä ja teollisuuden sivuvirroista. RE85-polttonesteessä uusiutuvan etanolin osuus on noin 80

prosenttia, joka on tuotettu kotimaisista jätteistä ja tähteistä. RE85-polttonesteen huonona puolena on se, ettei se suoraan toimi kaikkiin nykyisiin polttomoottoreihin. Auton on oltava flexfuel-malli, jolloin se voi käyttää polttoaineenaan korkeaseosetanolia sekä tavallista bensiiniä. Jos autossa ei ole tätä ominaisuutta, on sähköruiskutuksen omaaviin autoihin mahdollista tehdä etanolipäivitys. Etanolipäivityksen yhteydessä auton moottoriin asennetaan muunnossarja, minkä avulla korkeaseosetanolia voidaan käyttää autossa polttoaineena. Etanolipäivityksen kustannukset ovat yleensä muutamia satoja euroja (St1 2022). St1:llä biopolttoaineiden tuotanto on aikaisemmin keskittynyt bioetanoliin, mutta yritys on tehnyt investointipäätöksen 200 000 tonnin HVO-laitoksesta vuodelle 2023 Ruotsiin, Göteborgiin (AFRY 2021). Kuvassa 3 on havainnollistettu kolmen suurimman kotimaisen toimijan biopolttoaineiden tuotannon kapasiteetin tilanne vuonna 2021 sekä ennuste tuotantokapasiteetista vuoteen 2030 mennessä.



Kuva 3. Suurimpien kotimaisten toimijoiden biopolttoaineiden tilanne vuonna 2021 ja kapasiteetin arvioitu kehitys vuoteen 2030 mennessä. (AFRY 2020)

Kuvasta 3 nähdään kuinka kotimaiset toimijat lisäävät biopolttoaineiden tuotantokapasiteettiaan lähivuosina. Kuvan perusteella nähdään myös Nesteen huomattavasti suurempi tuotantokapasiteetti verrattuna St1:sen ja UPM:n biopolttoaineiden tuotantoon.

## 2.5 Käyttökohteet

Moottoribensiinin eli bensiinin käyttökohteita ovat kipinäsytytysmoottorin omaavat laitteet esimerkiksi autot, veneet, moottorikelkat sekä pienmoottorit. Pienmoottoribensiiniä eli alkylaattibensiiniä käytetään nimensä mukaisesti pienmoottoreissa. Se kehitettiin vähentämään pakokaasujen muodostumista, jotta pienmoottoreista aiheutuvien päästöjen terveyshaitat vähenisivät. Pienmoottoreita löytyy esimerkiksi moottori- ja raivaussahoista, ruohonleikkureista, trimmereistä, veneen perämoottoreista sekä mopoista. Dieselpolttoaineen käyttökohteita ovat puolestaan puristus- ja injektiojärjestelmällä varustetut dieselmootorit, joita on esimerkiksi ajoneuvoissa, veneissä sekä erilaisissa työkoneissa. (Öljy- ja biopolttoaineala ry 2016)

Kevyttä polttoöljyä käytetään lämmityksessä, moottoreissa sekä energian tuotannossa. Lämmitykseen kevyttä polttoöljyä käytetään öljylämmitteisissä kiinteistöissä. Kevyttä polttoöljyä käytetään myös teollisuudessa kuivaus-, sulatus- ja polttouuneissa sekä kuivaus- ja lämmityslaitteissa, jotka ovat tilapäisiä ja siirrettäviä. Dieselmoottorilla varustetut työkoneet käyttävät tiealueen ulkopuolella polttoaineenaan moottoripolttoöljyä, joka on kevyttä polttoöljyä mikä sisältää lisäaineita. Lisäaineet parantavat suorituskykyä, käyttövarmuutta ja pienentävät moottorin aiheuttamia päästöjä (Neste 2023). Näitä löytyy esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta, rakennustoiminnasta sekä ammatillisesta vesiliikenteestä. (Öljy- ja biopolttoaineala ry 2016.) Kevyttä polttoöljyä käytetään myös sähköntuotannossa vara- ja tukipolttoaineena voimalaitoksissa (Energiamaaailma 2023). Taulukossa 2 on luokiteltu erilaisia nestemäisiä polttoaineita ja niiden yleisimpiä käyttökohteita.

Taulukko 2. Nestemäiset polttoaineet ja niiden yleisimmät käyttökohteet

Polttoaine	Moottoribensiini	Pienmoottoribensiini	Dieselpolttoaine	Kevyt polttoöljy
<b>Käyttökohteet</b>	Autot Veneet Moottorikelkat Pienmoottorit	Moottori- ja raivaussahat Ruohonleikkurit Trimmerit Veneen perämoottorit Mopot	Ajoneuvot (suurin osa raskaasta kalustosta) Veneet Työkoneet	Kiinteistöiden lämmitys Energian tuotanto Moottorikäyttö (tiealueen ulkopuolella)



Suomessa moottoribensiinien 95E10 ja 98E5 seassa käytetään biokomponenttina etanolia. Toisen sukupolven biokomponentteja käytetään myös korkeaseosetanolipolttoaineessa E85 sekä dieselissä, joka sisältää etanolia. Moottoribensiineissä käytetään myös uusiutuvasta etanolista valmistettuja eettereitä kuten etyyli-tertääristä butyylietteriä (ETBE, Ethyl Tertiary-butyl Ether). HVO-käsiteltyä dieseliä voidaan käyttää fossiilisen dieselin korvaajana eli se sopii kaikkiin perinteisiin dieselillä toimiviin moottoreihin. HVO-dieseliä käytetään myös lämmityskäytössä korvaamaan kevyt polttoöljy eli kyseessä on silloin uusiutuva polttoöljy. (Öljy- ja biopolttoaineala ry 2016)

### 3 Toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuus

Uusiutuvien polttoaineiden tulevaisuuden näkymät ovat lupaavat niiden korkean kysynnän ja niitä eteenpäin ajavan politiikan johdosta. Haasteita tulevaisuudessa aiheuttaa raaka-aineiden saatavuus sekä uusiutuvien polttoaineiden korkeammat hinnat verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin.

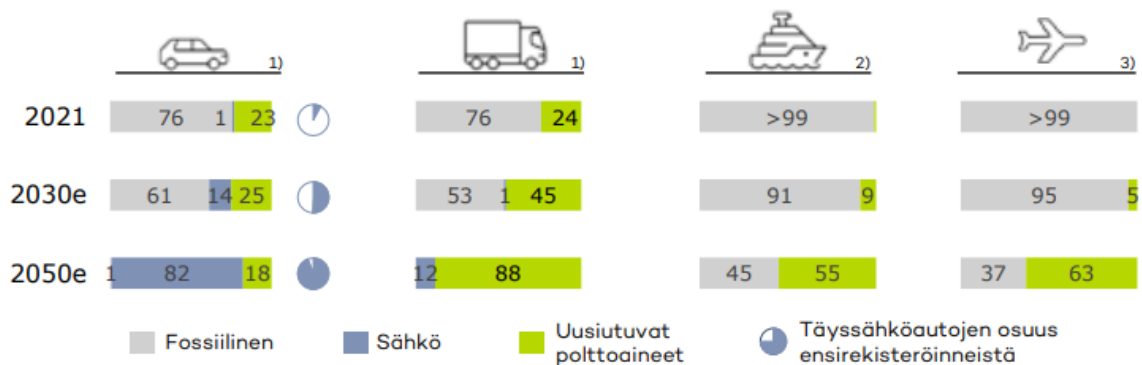
#### 3.1 Ilmastonmuutoksen hillintä

Suomi on laaja, harvaan asuttu maa, jossa välimatkat ovat pitkiä. Liikkumisen tarve ei tule ainakaan lähitulevaisuudessa vähenemään Suomessa, mutta liikenteestä syntyvien päästöjen täytyy vähentyä. Suomi on asettanut itselleen tavoitteeksi puolittaa kotimaisesta liikenteestä aiheutuvat päästöt vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 päästöihin. Suomi pyrkii saavuttamaan fossiilittoman liikenteen vuoteen 2045 mennessä. Uusiutuvilla polttoaineilla on suuri rooli liikenteen päästöjen vähentämisessä. Tavoitteena on, että uusiutuvilla polttoaineilla saavutetaan puolet vuoden 2030 tavoitteesta. (AFRY 2022)

Suomessa autokanta uusiutuu suhteellisen hitaasti ja autojen keskimääräinen romutusikä on 22 vuotta. Olemassa olevan ajoneuvokannan päästöjä voidaan parhaiten vähentää uusiutuvien polttoaineiden avulla. Vaikka liikenteen sähköistyminen on ollut ja on edelleen hyvin suuressa suosiossa niin yksinään se ei riitä saavuttamaan tarvittavia päästövähennyksiä. Hyvä puoli on se, että liikenteen sähköistyminen ja uusiutuvat polttoaineet eivät kilpaile keskenään, vaan molemmat edesauttavat saavuttamaan tavoitteet eli liikenteen päästöjen vähentämisen. (AFRY 2022)

Kuvassa 4 on esitetty Suomen liikenteen energiankulutus vuonna 2021 sekä arviot vuosien 2030 ja 2050 tilanteista.

### Liikenteen energiankulutus Suomessa (%)



Kuva 4. Liikenteen energiankulutus Suomessa (AFRY 2022)

Huomattavaa on se, miten uusiutuvien polttoaineiden osuuden on arvioitu kasvavan liikenteessä. Ennusteen mukaan vuonna 2030 jo lähes puolet raskaankaluston ajoneuvojen energiankulutuksesta tuotettaisiin uusiutuvilla polttoaineilla. Henkilöautoilla uusiutuvien polttoaineiden osuus on yksi neljännes. Vuonna 2050 uusiutuvien polttoaineiden osuuden on arvioitu olevan lähes 90 prosenttia raskaskalustosta sekä yli puolet laiva- sekä lentoliikenteestä.

### 3.2 Toisen sukupolven biopolttoaineiden potentiaali

Helmikuussa 2022 julkaistiin tutkimus International Council on Clean Transportation (ICCT) -järjestössä. Tutkimuksen nimi oli Wasted Europe's Untapped Resource. (Malins et al. 2022) mukaan Euroopan tieliikennepolttoaineista 16 % voitaisiin korvata kestävästi saatavissa olevilla jätteillä ja tähteillä vuoteen 2030 mennessä. Tämä määrä vastaa yhteensä 37 miljoonaa tonnia fossiilista öljyä vuosittain. Tutkimus osoittaa kuinka suuri potentiaali kehittyneissä biopolttoaineissa on. Tutkimuksessa huomioitiin vain EU:n alueen jätteet, jotka ovat saatavilla kestävästi.

Euroopan komissio on arvioinut, että liikenteestä olisi tulossa Euroopan unionin (EU) suurin hiilidioksidin lähde ennen vuotta 2030. Päästöjen määrään voitaisiin pienentää huomattavasti jopa 60–85 prosenttia, jos kehittyneiden biopolttoaineiden kokonaispotentiaali

saataisiin otettua käyttöön. EU:lla on kovat ilmastotavoitteet ja tämän kaltaisia ratkaisuja vaaditaan, jotta tavoitteissa voidaan onnistua. (UPM 2022a)

### 3.3 Haasteet

Toisen sukupolven biopolttoaineiden hyvien puolien lisäksi niihin liittyy myös haasteita. Suurimpia haasteita ovat tällä hetkellä raaka-aineiden korkeammat kustannukset, rajallinen saatavuus ja tuotantokapasiteetti sekä energiakriisi, joka on luonut epävakautta energiamarkkinoille.

#### 3.3.1 Raaka-aineiden kustannukset

Toisen sukupolven biopolttoaineiden hinta määräytyy lyhyellä välillä kysynnän ja tarjonnan mukaan kansallisilla markkinoilla. Tällä hetkellä toisen sukupolven biopolttoaineiden hinnat ovat korkeammat kuin fossiilisten maltillisemmän kysynnän ja tarjonnan rajallisuuden vuoksi. Toisen sukupolven biopolttoaineiden suurimpana hintatekijänä pidetään raaka-aineiden hankintaan liittyviä kustannuksia. On arvioitu, että jopa 80 prosenttia toisen sukupolven biopolttoaineiden kokonaiskustannuksista on kytköksissä raaka-aineisiin ja niiden hankintaan. (Charles, Bridle ja Moerenhout 2013) Suomessa hankintakustannuksia voi nostaa merkittävästi biomassana käytettyjen raaka-aineiden pitkät kuljetusmatkat jalostamolle. Tästä syystä biojalostamoiden sijainnit pyritään optimoimaan raaka-aineiden lähteiden lähelle. UPM rakensi Lappeenrannan sellu- ja paperitehtaan viereen biojalostamon, josta uusiutuvan dieselin ja naftan valmistuksessa käytetyt pääraaka-aineet saadaan. (UPM 2019)

#### 3.3.2 Lentoliikenne

Lentoliikenne ja sen aiheuttamat päästöt ovat olleet paljon keskustelun aiheena viime vuosina. Globaalisti 2–3 prosenttia ihmisten kaikista aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä johtuu lentoliikenteestä (Lentoliikenne ja ilmasto 2022). Yksi keino lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen on lentoliikenteessä käytettävä SAF. SAF:n avulla voidaan vähentää

lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjä jopa 90 prosenttia verrattuna fossiiliseen polttoaineeseen. SAF:n suuremman mittakaavan käyttöä rajoittaa tällä hetkellä sen korkea hinta verrattuna fossiiliseen polttoaineeseen sekä heikko saatavuus. Polttoaineet ovat lentoyhtiöiden suurimpia kulueriä ja SAF on noin 3–5 kertaa kalliimpaa kuin perinteiset fossiiliset polttoaineet. Suomessa Finnair ei käytä tällä hetkellä säännöllisesti SAF-polttoaineita, mutta tulevaisuudessa pyrkii tehostamaan niiden käyttöä. Finnairin uusiutuvien polttoaineiden kumppanina Suomessa toimii Neste. (Finnair 2022)

### 3.3.3 Energiakriisi

Keväällä 2022 Venäjän ja Ukrainan välillä alkanut sota on aiheuttanut ahdinkoa energiemarkkinoilla ja vaikuttanut huomattavasti polttoaineiden saatavuuteen ja hintaan. Polttoaineiden suuri hintojen nousu ja talouskasvun hidastuminen vähensivät dieselin myyntiä 2,9 prosenttia ensimmäiseltä puolelta vuodelta verrattuna vuoden takaiseen. Energiakriisin myötä hintojen nousu ja raaka-aineiden saatavuuteen liittyvät haasteet ovat luoneet lisää painetta uusiutuvien polttoaineiden osuudelle kokonaiskulutuksesta niiden jo itsessään korkeamman hinnan vuoksi. (Autoalan Tiedotuskeskus 2022c)

Sodan alkamisen jälkeen maakaasun tuonti Venäjältä on vähentynyt huomattavasti, mikä on lisännyt raakaöljystä jalostetun kevyen polttoöljyn kysyntää. Kevyen polttoöljyn kysynnän kasvu on nostanut huomattavasti sen hintaa. Suomessa maakaasun hinta on sidottu hintaindeksillä raakaöljyn hintaan (Gasum 2017). Kevyen polttoöljyn kysynnän lisääntyessä myös uusiutuvan polttoöljyn hinta nousee. Kevyen polttoöljyn käytön lisääntyminen on myös lisännyt uusiutuvan polttoöljyn käyttöä mikä omalta osaltaan vähentää maakaasun käytöstä aiheutuvia päästöjä. Suuri kysyntä myös lisää painetta uusiutuvien polttoaineiden tuotannon kasvattamiseen ja näin kiihdyttää siirtymistä uusiutuviin polttoaineisiin.

### 3.4 Liikenne polttoaineiden jakeluelvoite

Uusiutuvien polttoaineiden tukemiseksi korvaamaan perinteisiä fossiilisia liikennepolttoaineita on kehitetty jakeluelvoite. EU on asettanut jakeluelvoitelain, jonka mukaan uusiutuvista lähteistä syntyvän energian osuus on nostettava 14 prosenttiin ennen vuotta 2030.

Kansallisesti eri liikennepolttoaineen jakelijoille on asetettu velvoite toimittaa jakeluun tietty vähimmäismäärä uusiutuvaa polttoainetta osana kokonaiskulutusta. Vuoden 2021 jakeluelvoitteeksi oli asetettu 18 prosenttia, jonka jälkeen sitä nostettaisiin niin, että vuoteen 2029 mennessä ja siitä eteenpäin jakeluelvoitteen osuus olisi 30 prosenttia. Liikennekäytössä oleville biopolttoaineille ja biokaasulle on asetettu myös omia alatavoitteita edistääkseen biopolttoaineita, jotka ovat valmistettu tietyistä raaka-aineista. Energiavirasto vastaa Suomessa jakeluelvoitteisiin liittyvissä lakien täytäntöönpanoissa, valvonnasta sekä erilaisien annettujen toimeksiantojen suorittamisesta. (Energiavirasto 2022)

### 3.4.1 Biopolttoöljyn jakeluelvoite

Biopolttoöljyä varten on oma jakeluelvoitteensa, jonka tarkoitus on edistää uusiutuvan polttoöljyn käyttöä fossiilisen kevyen polttoöljyn korvaajana. Biopolttoöljyn jakeluelvoite koskee kevyen polttoöljyn toimittajia, jotka toimittavat kalenterivuoden aikana yli miljoona litraa kevyttä polttoöljyä, jolloin biopolttoöljyä on toimitettava tietty osa vuodessa. Biopolttoöljyn jakeluelvoite oli vuonna 2021 kolme prosenttia ja sitä nostetaan vuosittain prosenttiyksikön verran. Taulukossa 3 näkyy biopolttoöljyn jakeluelvoitteen suuruus eri vuosille. Vuonna 2028 ja siitä eteenpäin biopolttoöljyn osuuden on oltava yhteensä 10 prosenttia jakelijoiden toimittamasta kevyestä polttoöljystä. (Energiavirasto 2022)

Taulukko 3. Biopolttoöljyn jakeluelvoitteen jakautuminen eri vuosille sekä esimerkki vuodesta 2026 eteenpäin (Reilua Energiaa 2022)

<b>Vuosi</b>	<b>Jakeluelvoite [%]</b>	<b>Esimerkki jakeluelvoitteen nostamisesta [%]</b>
2021	3,0	3,0
2022	4,0	4,0
2023	5,0	5,0
2024	6,0	6,0
2025	7,0	7,0
2026	8,0	8,0
2027	9,0	13,5
2028	10,0	19,0
2029	10,0	24,5
2030	10,0	30,0

Biopolttoöljyn jakeluelvoitteen nostamisesta on tehty lakiesitys heinäkuussa 2022. Lakiesityksen mukaan biopolttoöljyn jakeluelvoitetta tulisi nostaa vuodesta 2026 eteenpäin niin, että jakeluelvoite olisi vuonna 2030 yhteensä 30 prosenttia. Taulukossa 1 on esimerkki, miten jakeluelvoitetta voitaisiin nostaa vuosittain 5,5 prosenttia vuodesta 2026 vuoteen 2030, jotta tavoitteeseen päästäisiin. Biopolttoöljyn jakeluelvoitteen nostaminen 8 prosentista 30 prosenttiin vuosien 2026 ja 2030 välillä tarkoittaa 22 prosentin nostoa neljässä vuodessa, mikä vaikuttaa todella suurelta nousulta ja saattaisi nostaa kevyen polttoöljyn hintaa huomattavasti. Työkoneiden energialähteen kevyen polttoöljyn korvaaminen muulla kuin uusiutuvalla polttoöljyllä on haastavaa, koska esimerkiksi tällä hetkellä sähköllä toimivien työkoneiden saatavuus on rajoitettua. Biopolttoöljyn jakeluelvoitteen nostaminen vuodesta 2026 eteenpäin vaikuttaisi eniten yrityksiin ja toimijoihin, joilla on käytössään työkoneita. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022)

#### 3.4.2 Energiakriisin vaikutus liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteeseen

Energiakriisin myötä kesäkuussa 2022 uutisoitiin hallituksen päätöksestä laskea liikennepolttoaineiden jakeluelvoitetta 7,5 prosenttiyksikköä vuodelle 2022 (Reilua Energiaa 2022). Joulukuussa 2022 uutisoitiin, että jakeluelvoitetta tullaan myös laskemaan 7,5 prosenttiyksikköä vuodelle 2023 (Eduskunta 2022). Jakeluelvoitteen laskemisen tavoitteena on polttoaineen pumppuhintojen laskeminen. Jakeluelvoitteen laskemisen myötä vuonna 2022 uusiutuvien polttoaineiden osuus oli 12 prosenttia polttoainejakelijoiden kokonaiskapasiteetista. Vuonna 2023 jakeluelvoitteen laskun myötä uusiutuvien polttoaineiden osuus on 13,5 prosenttia (Reilua Energiaa 2022).

Jakeluelvoitteen laskun myötä vuosina 2022 ja 2023 liikenteen päästöt kasvavat hetkellisesti vähemmän jaettavan uusiutuvien polttoaineiden määrän takia. Päästöjen kompensoimista varten on esitetty jakeluelvoitetason nostaminen vuoden 2023 jälkeen. Jakeluelvoitteen nostamisen myötä uusiutuvien polttoaineiden osuus tieliikenteessä kasvaa entisestään. Jakeluelvoitetta on esitetty nostettavaksi aiemman 30 prosentin sijaan 34 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Jakeluelvoitetason nostamisella on erilaisia vaikutuksia hallituksen toimiin. Tällaisia toimia ovat esimerkiksi hallituksen strategia ja tavoitteet liittyen keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaan, fossiilittoman liikenteen tiekarttaan sekä kansalliseen ilmasto- ja energiastrategiaan. (Valtioneuvosto 2022) Taulukossa 4 on esitetty

liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteet eri vuosille ottaen huomioon jakeluelvoitteen laskemisen 7,5 prosentilla vuosina 2022 ja 2023 sekä ennusteen sen nostamisesta neljällä prosentilla vuonna 2030 ja sen jälkeen.

Taulukko 4. Liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteen jakautuminen eri vuosille joulukuussa 2022 (Reilua Energiaa 2022)

<b>Vuosi</b>	<b>Jakeluelvoite [%]</b>	<b>Edistyneiden polttoaineiden lisävelvoite [%]</b>
2021	18,0	2,0
2022	12,0	2,0
2023	13,5	2,0
2024	22,5	4,0
2025	24,0	4,0
2026	25,5	6,0
2027	27,0	6,0
2028	28,5	8,0
2029	30,0	9,0
2030 ja sen jälkeen	34,0	10,0

Heinäkuussa vuonna 2022 polttoaineiden hintaan saatiin muutosta verrattuna kesäkuuhun 2022. Jakeluelvoitteen pienentämisellä dieselin pumppuhintaa saatiin laskettua noin 17 senttiä litralta ja 95E10 bensiinin hinnan lasku oli noin 24 senttiä litraa kohti. Jakeluelvoitteen laskemisen lisäksi hintojen laskua edesauttoi raakaöljyn markkinahinnan laskeminen. (Valtioneuvosto 2022)



## 4 Talous

Toisen sukupolven biopolttoaineissa nähdään suurta potentiaalia kestävän ja kannattavan liiketoiminnan toteuttamiseen. Suomessa jakeluvuorituksen ja edesauttavan ilmastopolitiikan myötä kysyntä uusiutuville polttoaineille on ollut suuressa kasvussa, ja tulevaisuuden näkymät toisen sukupolven biopolttoaineille ovat hyvät.

### 4.1 Potentiaali liiketoiminnassa

Toisen sukupolven biopolttoaineissa nähdään paljon kasvupotentiaalia ja niillä on mahdollista saavuttaa hyvin kannattavaa liiketoimintaa. (Malins et al. 2022) mukaan Euroopassa toisen sukupolven biopolttoaineilla voitaisiin kasvattaa maatalouden liikevaihtoa jopa 15 miljardilla vuodessa. Uusia työpaikkoja toisen sukupolven biopolttoaineet voisivat tuoda Eurooppaan jopa 300 000 vuoteen 2030 mennessä.

Eu2022rooppalaiset jalostamot ovat alkaneet ennakoimaan merkittävien investointien tekemistä uusiutuviin polttoaineisiin. Euroopan öljynjalostusteollisuutta edustaa järjestö FuelsEurope. FuelsEurope julkaisi näkemyksensä kesäkuussa 2020 liittyen vähähiilisiin nestemäisiin polttoaineisiin. Järjestön tekemän julkaisun takana oli kolme vuotta kestänyt projekti, jossa selvitettiin EU:ssa toimivien öljyjalostamoiden omia näkemyksiä. Projektissa oli mukana yhteensä 40 eri EU:ssa toimivaa jalostamo. FuelsEuropeen kuuluvat öljynjalostusyhtiöt kattavat käytännössä koko EU:n öljynjalostuskapasiteetin sekä liikennepolttoaineiden vähittäismyynnistä niiden osuus on yli 75 prosenttia. (AFRY 2020)

FuelsEurope ennustaa uusiutuvan HVO-dieselin tuotannon tuplaantuvan EU:ssa viidestä miljoonasta tonnista kymmeneen miljoonaan tonniin vuosien 2020 ja 2030 välillä. Vuoteen 2030 mennessä lignoselluloosaan perustuva polttoaineentuotanto on arvioitu nousevan yli neljään miljoonaan tonniin. Tämä kuitenkin edellyttää 25 miljardin investointeja lignoselluloosan tuotantoon. (AFRY 2020)

## 4.2 Polttoaineen hinnan määräytyminen

Uusiutuvat polttoaineet ovat olleet aikaisemmin huomattavasti kalliimpia kuin fossiiliset polttoaineet, mutta maailman poliittisen tilanteen seurauksena fossiilisten polttoaineiden hinnoissa on ollut suhteessa kovempaa nousua ja näin ero uusiutuviin on suhteellisesti pienentynyt. Polttoaineiden hintojen ennustaminen on yleisesti ottaen hyvin hankalaa, koska ne ovat riippuvaisia useista eri tekijöistä, kuten eri maiden kansallisesta EU-lainsäädännöstä, raaka-aineiden hinnasta, polttoaineiden kysynnästä ja tarjonnasta, sekä eri maiden velvoitteiden noudattamisen laiminlyömisestä. EU:lla on myös vireillä ilmastolainsäädäntöehdotus, jonka tavoitteena on tuoda uusiutuvien polttoaineiden tavoitteet osaksi lento- ja laivaliikennettä, mikä todennäköisesti entisestään kiristää raaka-aineiden kysyntää ja kilpailua. (Reilua Energiaa 2022)

Polttoaineen pumppuhintoihin vaikuttaa usea eri tekijä, mutta suurin vaikutus on polttoaineiden maailman markkinahinnalla sekä verotuksella, ei siis Suomen liikennepolttoaineiden jakeluelvoitteella. Uusiutuvien polttoaineiden osuus pumppuhinnoissa on ollut vähäinen eikä ole pääsyy vuoden 2022 korkeisiin hintoihin. Taulukossa 4 on havainnollistettu fossiilisen dieselin pumppuhinnan määräytymistä alkuvuodesta 2022 sen kokonaishinnan ollessa 2,12 euroa litralta. (AFRY 2022)

Taulukko 4. Dieselin pumppuhinnan määräytyminen alkuvuodesta 2022 (AFRY 2022)

Hintatekijä	Osuus dieselin pumppuhinnasta [€/l]	Osuus [%]
Jakeluelvoite	0,25	11,8
Arvonlisävero	0,36	17,0
Valmistevero	0,60	28,3
Veroton hinta	0,91	42,9

Taulukosta 4 nähdään, että jakeluelvoitteen osuus oli noin 25 senttiä litralta dieseliä. Uusiutuvien polttoaineiden kokonaisvaikutus jää siis noin 11,8 prosenttiin dieselin kokonaishinnasta. Arvonlisä- ja valmisteveron määrä on yhteensä 96 senttiä eli verotuksen osuus on noin 45,3 prosenttia. Dieselin veroton hinta oli 91 senttiä eli se vastaa noin 42,9 prosenttia kokonaishinnasta.

### 4.3 EU:n energia- ja ilmastopolitiikka lisää kysyntää

EU on vähentänyt investointejaan toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantoon muuttamalla energia- ja ilmastopolitiikkaansa. Vuonna 2018 tehtiin päivitys uusiutuvan energian direktiiviin (RED II), jonka uskotaan kasvattavan toisen sukupolven biopolttoaineiden kysyntää seuraavien vuosien aikana. Kysynnän kasvaminen luo uusille toimijoille liiketoimintamahdollisuuksia. Vuoteen 2030 mennessä biopolttoaineiden kysynnän on arvioitu saavutettavan EU:ssa noin 40 miljoonaa tonnia vuodessa. Arvioiden mukaan kysynnästä noin 25 prosenttia tulee olemaan toisen sukupolven biopolttoaineita eli noin 10 miljoonaa tonnia vuodessa. (AFRY 2020) Kasvavaan kysyntään vastaaminen optimoimalla tuotantokustannuksia, kehittämällä teknologioita, investoimalla tuotantokapasiteetin kasvattamiseen ja etsimällä lisää uusia potentiaalisia raaka-aineita ovat tekijöitä joilla toisen sukupolven biopolttoaineiden hintaa saadaan laskettua alaspäin suhteessa fossiiliseen polttoaineeseen. (Chu ja Majumdar 2012)

EU:n biopolttoaineiden kysyntää edistää RED II -direktiivin lisäksi myös taakanjakoasetus (ESR, Effort Sharing Regulation), jossa määritellään liikenteen päästövähennykset. ESR:n tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasuja kokonaisuudessaan 30 prosenttia kaikilla sektoreilla, jotka eivät kuulu päästökauppajärjestelmään. Näitä ovat esimerkiksi liikenne, rakentaminen, maanviljelys sekä jätesektori. Nestemäiset biopolttoaineet kuuluvat harvoin keinoihin, joilla voidaan merkittävästi alentaa päästöjä sektoreilla, jotka eivät kuulu päästökauppajärjestelmään. Tästä syystä monet EU:n jäsenmaat ovat harkinneet RED II -direktiivin vaatimuksia korkeampien biopolttoainevelvoitteiden asettamista. Näin ne kattaisivat myös taakanjakosektorin tavoitteet. Suomessa uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoite on asetettu tällä hetkellä 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä, mutta esimerkiksi Ruotsissa on puhuttu jakeluelvoitteen nostamisesta jopa yli 60 prosenttiin. (AFRY 2020)

Uusituville polttoaineille on kehitetty markkinanäkymien pohjalta kysyntämalleja useille eri EU-maille. Näistä kahdeksan merkittävintä maata ovat Saksa, Ranska, Puola, Italia, Iso-Britannia, Espanja, Ruotsi ja Suomi. Näiden maiden nestemäisten polttoaineiden kysynnän on arvioitu olevan vuonna 2030 yhteensä jopa 50 miljoonaa tonnia. Tämän perusteella vuonna 2030 uusiutuvan energian määrä liikenteessä olisi huomattavasti enemmän kuin EU:n RED II -direktiivi vaatii. (AFRY 2020)

#### 4.4 Investoinnit toisen sukupolven biopolttoaineisiin

Uusiutuvat polttoaineet tarjoavat houkuttelevaa tuottoa tulevaisuudessa mikä lisää kiinnostusta investointeihin. Arvioiden mukaan tämänhetkiset investointiprojektit eivät riitä kattamaan uusiutuvien polttoaineiden globaalisti kasvavaa kysyntää. Tällä hetkellä drop-in polttoaineet ovat huomioon keskipisteenä, koska ne eivät sisällä sekoitusrajaa eikä niissä ole verotukseen ja alhaiseen energiasisältöön liittyviä ongelmia. Uusiutuvan dieselin tuotantoa rajoittaa Euroopassa raaka-aineiden riittävyys ja siksi tarvitaan lisää investointeja perustuen lignoselluloosaan. Useat teknologiat, jotka liittyvät puupohjaisiin drop-in polttoaineisiin ovat vielä kehitteillä, mutta positiivisten markkinanäkemyksen johdosta niiden kaupallistuminen on vahvasti tulossa. (AFRY 2020)

Kehittyneet biopolttoaineet ovat kamppailleet investointihankkeiden rahoituksen saamisen kanssa, vaikka niiden tulevaisuuden markkinanäkymät ovatkin vahvat. Tuottajien on haastavaa saada varmistettua pitkänajan myyntisopimuksia EU:n ja kansallisten politiikkojen aiheuttamassa epävakassa tilanteessa. Kehittyneiden biopolttoaineiden tuotannon kasvattamiseen on odotettavissa haasteita. Liiketoiminnan uskotaan kuitenkin olevan niin tuottoisaa, että vakaa tuotanto ja korkea käyttöaste näyttää lupaavalta. (AFRY 2020)

Nestemäisten biopolttoaineiden kysyntä tulee kasvamaan Euroopassa yli 30 miljoonaa tonnia tämän vuosikymmenen aikana, mihin vastaaminen tulee olemaan haastavaa, mutta samalla se myös mahdollisuuksia uusille toimijoille. Suurimmat haasteet tulevat olemaan uudet teknologiat sekä uusien projektien tuottavuus. Voidaan siis todeta, että toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuuden markkinanäkymät ovat todella vahvoilla EU:n tukevan politiikan ja korkean hintatason ansiosta. (AFRY 2020)

## 5 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toisen sukupolven biopolttoaineiden mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen hillinnässä ottaen huomioon niiden nykytilanteen, tulevaisuuden näkymät sekä potentiaalin ja mahdollisuudet yritystoiminnassa.

Tutkimus osoittaa, että toisen sukupolven biopolttoaineiden tulevaisuuden näkymät ovat hyvät niiden lisääntyneen kysynnän vuoksi. Suomessa jakeluvelvoite sekä edesauttava ilmastopoliittika lisää kysyntää ja tukee siirtymistä fossiilisiin polttoaineista uusiutuviin polttoaineisiin. Suurimpia haasteita toisen sukupolven biopolttoaineiden kohdalla on tällä hetkellä niiden korkeammat kustannukset verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin. Korkeammat kustannukset johtuvat pääasiassa rajallisesta tuotantokapasiteetista ja raaka-aineiden saatavuudesta sekä kalliimmista valmistuskustannuksista. Energiakriisin myötä polttoaineiden rajallinen saatavuus on vaikuttanut huomattavasti hankintakustannuksiin mikä on lisännyt painetta uusiutuvien polttoaineiden osalta.

Toisen sukupolven biopolttoaineet tuovat yritystoimintaan uusia mahdollisuuksia nykyisille sekä uusille toimijoille kasvavan kysynnän johdosta. Kasvava kysyntä lisää työpaikkoja ja kysyntään vastaaminen vaatii yrityksiltä suuria investointeja toisen sukupolven biopolttoaineiden tuotantoon ja sitä kautta tarjonnan lisäämiseen. Kysyntään vastaaminen ja tuotannon tehostaminen alentaa toisen sukupolven biopolttoaineiden kustannuksia ja lisää niiden kilpailukykyisyyttä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin.

Tämä tutkimus tukee aikaisemmin tuotettua tietoa toisen sukupolven biopolttoaineista ja niiden tuomista mahdollisuuksista osana ilmastonmuutoksen hillintää. Tämä työ kokoaa yhteen toisen sukupolven biopolttoaineiden nykytilanteen sekä antaa kattavan kuvan niiden tulevaisuuden näkymistä osana ilmastonmuutoksen hillintää.

Energiakriisin tulevaisuuden vaikutuksista toisen sukupolven biopolttoaineisiin ei ole varmuutta puuttuvan tutkitun tiedon takia ja niitä on myös haastavaa ennustaa kriisin ollessa edelleen läsnä tätä tutkimusta tehdessä. Jatkotutkimusaiheeksi voisi jäädä energiakriisin vaikutusten tutkiminen toisen sukupolven biopolttoaineisiin.

## Lähteet

Aditya HB, Mahlia TMI, Chong WT, Nur H ja Sebayang AH (2016) Second generation bioethanol production: A critical review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 66: 631–653.

AFRY. 2020. Kehittyneet biopolttoaineet tarjoavat uusia liiketoimintamahdollisuuksia. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 17.12.2022]. Saatavilla: <https://afry.com/fi-fi/artikkeli/kehittyneet-biopolttoaineet-tarjoavat-uusia-liiketoimintamahdollisuuksia?insight=650>.

AFRY. 2021. Liikenteen Jakeluvaikeudet Nosto. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.12.2022]. Saatavilla: [https://tem.fi/documents/1410877/53440649/AFRY\\_jakeluvaikeudet\\_selvitys\\_joulukuu2021.pdf/2409f3ce-89d2-5178-7cb7-6a5ad3931ca1/AFRY\\_jakeluvaikeudet\\_selvitys\\_joulukuu2021.pdf?t=1638529141014](https://tem.fi/documents/1410877/53440649/AFRY_jakeluvaikeudet_selvitys_joulukuu2021.pdf/2409f3ce-89d2-5178-7cb7-6a5ad3931ca1/AFRY_jakeluvaikeudet_selvitys_joulukuu2021.pdf?t=1638529141014).

AFRY. 2022. Uusiutuvat polttoaineet Suomen tärkeimpiä ilmatoratkaisuja vuoteen 2030. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: [https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2022/09/AFRY\\_Uusiutuvien-polttoaineiden-rooli.pdf](https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2022/09/AFRY_Uusiutuvien-polttoaineiden-rooli.pdf)

Autoalan Tiedotuskeskus. 2022a. Tieliikenteen energiankulutus. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.1.2023]. Saatavilla: [https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen\\_energiankulutus/tieliikenteen\\_energiankulutus](https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energiankulutus/tieliikenteen_energiankulutus)

Autoalan Tiedotuskeskus. 2022b. Nestemäiset biopolttoaineet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: [https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet\\_ja\\_kayttovaikeudet/biopolttoaineet](https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovaikeudet/biopolttoaineet)

Autoalan Tiedotuskeskus. 2022c. Liikenteen polttonesteiden myyntitilastot. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: [https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen\\_energiankulutus/liikennepolttonesteiden\\_myynti](https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energiankulutus/liikennepolttonesteiden_myynti)

Baig KS, Wu J ja Turcotte G (2019) Future prospects of delignification pretreatments for the lignocellulosic materials to produce second generation bioethanol. *International Journal of Energy Research* 43(4): 1411-1427.

Basile A and Dalena F, (2019) *Second and Third Generation of Feedstocks: The Evolution of Biofuels*. San Diego: Elsevier.

Charles C, Bridle R, Moerenhout T, (2013) *Biofuels - at what Cost? A Review of Costs and Benefits of U.K. Biofuel Policies*. Policy File.: International Institute for Sustainable Development.

Chu Sja Majumdar A (2012) Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature (London)*; *Nature* 488(7411): 294–303.

Eduskunta. 2022. Eduskunta hyväksyi uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitetta alentavan lain. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://www.eduskunta.fi/FI/tiedotteet/Sivut/Eduskunta-hyvaksyi-uusiutuvien-polttoaineiden-jakeluelvoitetta-alentavan-lain.aspx>

Energiamaailma. 2023. Polttoaineet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.1.2023]. Saatavilla: <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/polttoaineet/>

Energiavirasto. 2022. Jakeluelvoite. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: <https://energiavirasto.fi/jakeluelvoite>

European Technology and Innovation Platform. 2020. Hydrogenated vegetable oil (HVO). [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.1.2023]. Saatavilla: [https://etipbioenergy.eu/images/ETIP\\_B\\_Factsheet\\_HVO\\_feb2020.pdf](https://etipbioenergy.eu/images/ETIP_B_Factsheet_HVO_feb2020.pdf)

Finnair. 2022. Miten lennämme tulevaisuudessa? [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: <https://www.finnair.com/fi-fi/bluewings/vastuullisuus/miten-lenn%C3%A4mme-tulevaisuudessa--2715974>

Gasum. 2017. Maakaasun hinta seuraa energiamarkkinoita. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: <https://www.gasum.com/ajassa/energia--teollisuus/2017/maakaasun-hinta-seuraa-energiamarkkinoita/>

Hilbers TJ, Sprakel LMJ, van den Enk, Leon B. J., Zaalberg B, van den Berg H ja van der Ham, Louis G. J. (2015) Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study. *Chemical Engineering & Technology; Chem.Eng.Technol* 38(4): 651-657.

International Council on Clean Transportation. 2022. Wasted Europe's Untapped Resource. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.1.2023]. Saatavilla: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/WASTED-final.pdf>

Lentoliikenne ja ilmasto. 2022. Lentoliikenteen päästöt. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.12.2022]. Saatavilla: <https://www.lentoliikennejailmasto.fi/?id=>

Motiva. 2022. Nestemäiset biopolttoaineet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 17.12.2022]. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/nestemaiset\\_biopolttoaineet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet)

Neste. 2022a. Jätteet ja tähteet raaka-aineena. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.12.2022]. Saatavilla: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/raaka-aineet/jatteet-ja-tahteet>

Neste. 2022b. Tulevaisuuden raaka-aineet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.12.2022]. Saatavilla: <https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/raaka-aineet/tulevaisuuden-raaka-aineet>

Neste. 2022c. NEXBTL-teknologia. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.12.2022]. Saatavilla: <https://www.neste.fi/konserni/tietoa-meista/tuotanto/nexbtl-teknologia>

Neste. 2022d. Neste MY sopii kaikkiin dieselautoihin. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.12.2022]. Saatavilla: <https://nestemy.fi/kaikkiin-dieselautoihin>

Neste. 2023. Neste Pro moottoripolttoöljy sopii vaativaan käyttöön. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 17.1.2023]. Saatavilla: <https://www.neste.fi/artikkeli/neste-protm-moottoripolttoöljy-sopii-vaativaan-kayttoon>

Öljy- ja biopolttoaineala ry. 2016. Polttonesteiden käyttäjänopas. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.12.2022]. Saatavilla: [https://www.logisteam.fi/wp-content/uploads/2019/05/Poltonesteiden\\_kayttoopas\\_2017.pdf](https://www.logisteam.fi/wp-content/uploads/2019/05/Poltonesteiden_kayttoopas_2017.pdf)

Reilua Energiaa. 2022. Uusiutuvien polttoaineiden jakeluvaihte laskee – mitä tästä seuraa? [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.12.2022]. Saatavilla: [Uusiutuvien polttoaineiden jakeluvaihte laskee - mitä tästä seuraa? - Reilua Energiaa](https://reiluaenergia.fi/uusiutuvien-polttoaineiden-jakeluvaihte-laskee-mita-tasta-seuraa/)



Singh A, Olsen SI ja Nigam PS (2011) A viable technology to generate third-generation biofuel. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology (1986); J.Chem.Technol.Bio-technol* 86(11): 1349-1353.

St1. 2022. RE85 Ympäristöystävällisemmin tehosta tinkimättä. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.12.2022]. Saatavilla: <https://www.st1.fi/yrityksille/tuotteet-ja-palvelut/polttonesteet/bensiinit-ja-re85/re85>

St1. 2023. Edistyneitä polttonesteitä jätteistä. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.1.2023]. Saatavilla: <https://www.st1.com/fi/st1-lyhyesti/tietoa-yrityksesta/liiketoiminta-alueet/edistyneita-polttonesteita-jatteista>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022. Biopolttoöljyn jakeluelvoitteen ja kestävyyslain muutos lausuntokierrokselle. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 20.12.2022]. Saatavilla: <https://tem.fi/-/biopolttoöljyn-jakeluelvoitteen-ja-kestavyyslain-muutos-lausuntokierrokselle>

UPM. 2019. Vuosikertomus 2019. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 19.1.2023]. Saatavilla: <https://www.upm.com/siteassets/asset/investors/2019/upm-vuosikertomus-2019.pdf>

UPM. 2022a. Kehittyneiden biopolttoaineiden valtava potentiaali. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 14.12.2022]. Saatavilla: <https://www.upmbiofuels.com/fi/ajankohtaista/blogit-ja-tarinat-biopolttoaineista/tarinat/kehittyneiden-biopolttoaineiden-valtava-potentiaali/>

UPM. 2022b. UPM BioVerno -diesel – tulevaisuuden polttoainevalinta. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.12.2022]. Saatavilla: <https://www.upmbiofuels.com/fi/liikennepolttoaineet/upm-bioverno-diesel-polttoaine/>

UPM. 2023. UPM:n biopolttoaineet – nopein, helpoin ja kestävin vaihtoehto fossiilisille polttoaineille. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 20.1.2023]. Saatavilla: <https://www.upmbiofuels.com/fi/artikkelit/biopolttoaineet/23/helpoin-ja-kestavin-vaihtoehto-fossiilisille-polttoaineille/>

Valtioneuvosto. 2022. Liikennepolttoaineen alempi jakeluelvoite jatkuu vuonna 2023. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 18.12.2022]. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/liikennepolttoaineen-alempi-jakeluelvoite-jatkuu-vuonna-2023>

Ympäristöministeriö. 2022. Ilmastovuosikertomus 2021. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 14.1.2023]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163257/YM\\_2021\\_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163257/YM_2021_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y)