



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Teemu Lintulahti

---

## **Biodieseltuotannon suunnittelu maatilalle**

Opinnäytetyö  
Syksy 2024  
Insinööri (AMK), Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Teemu Lintulahti

Työn nimi: Biodieseltuotannon suunnittelu maatilalle

Ohjaaja: Heikki Kokkonen

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 52

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Lintulahden maatila, joka sijaitsee Kauhajoella. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella yritykselle oma biodieseltuotanto ja selvittää, onko tuotanto kannattavaa.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi dieselmoottorin historiaa yleisesti, sen eroja ottomoottoriin ja syitä, miksi dieselmoottorista on tullut suosittu raskaan kaluston voimanlähde. Teoriaosuudessa käsitellään lisäksi biodieselin eroavaisuuksia fossiiliseen dieseliin sekä biodieselin valmistuksen perusteet. Myös biodieselin valmistukseen liittyvää laitteistoa käsitellään. Myöhemmin työssä käsitellään rypsin viljelemistä biodieselin raaka-aineeksi ja lasketaan viljelyn kustannuksia. Lisäksi tutustutaan laitteisiin, joita biodieseltuotantoon tarvitaan, sekä suoritetaan investointilaskelmia tuotannon kannattavuudesta. Lopuksi esitellään työn tulokset ja pohditaan, mitä tutkimuksia voitaisiin tehdä vielä jatkossa. Lopputuloksena syntyi tutkielma, jossa biodieseltuotanto todettiin viljelymenetelmällä kannattamattomaksi nykytilanteessa. Biodieseltuotanto oli kuitenkin kannattavaa, jos raaka-aineeksi hankitaan kierrätysöljyä.

<sup>1</sup> Asiasanat: dieselöljy, biodiesel, rypsi, esterit

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Bachelor of Engineering

Specialisation: Automobile and Working Machine Engineering

Author: Teemu Lintulahti

Title of thesis: Designing of Biodiesel Production for Farm

Supervisor: Heikki Kokkonen

Year: 2024

Number of pages: 52

Number of appendices: 0

---

The thesis was made for Lintulahti's farm which is located in the southern part of Kauhajoki. The thesis goal was to design biodiesel production for the farm and to investigate the financial affordability of the biodiesel production.

The theory section of the thesis discussed the birth and history of the diesel engine and reasons why it became popular amongst the heavy machinery. The section also addressed the differences between fossil diesel and biodiesel. The biodiesel equipment and production principles were also studied. Later in the thesis the farming side of the rapeseed production was discussed. The following section studied the financial side of the biodiesel production, the section addressed investment calculations of the production with some different variables. The conclusion of the thesis was that biodiesel production would be financially profitable only if waste vegetable oil were used as the crude oil.

<sup>1</sup> Keywords: diesel oil, biodiesel, rapeseed, esters

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne .....	9
1.4 Yritysesittely .....	9
2 DIESELMOOTTORI .....	11
2.1 Dieselmoottorin synty .....	11
2.2 Toimintaperiaate.....	11
2.3 Polttoaineen syöttö.....	13
2.3.1 Rivipumppu.....	14
2.3.2 Jakajapumppu.....	15
2.3.3 Pumppusuutin .....	16
2.3.4 Yhteispaineruiskutus.....	17
3 DIESEL-POLTTOAINE.....	19
3.1 Biodiesel.....	19
3.2 Biodiesel-laitteisto .....	23
3.2.1 Valmiit laitteistot.....	23
3.2.2 Laitteiston takaisinmaksuaika .....	25
3.3 Omatekoisen biodieselin käyttö.....	25
4 RYPSIN VILJELY .....	26
4.1 Kylvön suunnittelu .....	26
4.2 Kylvön kustannukset .....	28
4.3 Tuki .....	31
4.4 Kulujen ja tulojen summaus .....	31

4.5	Viljelykierto .....	32
5	LAITTEISTON VALINTA .....	34
5.1	Biodiesel-laitteisto .....	34
5.2	Puristuslaitteisto .....	35
6	INVESTOINTILASKELMAT .....	37
6.1	Koroton ja korollinen takaisinmaksuajanmenetelmä.....	39
6.2	Viljelyn kannattavuus laskelma.....	39
6.3	Ihannetilanne 1.....	41
6.4	Ihannetilanne 2.....	42
6.5	Kierrätysöljyn käyttö .....	43
7	TULOKSET .....	45
8	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	47
	LÄHTEET .....	49

## Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Lucas-hehkutulppa. ....	12
Kuva 2. Sähköohjattu kaasuläppä. ....	13
Kuva 3. Ford 6610 traktorin ruiskutuspumppu. ....	15
Kuva 4. Bosch VE-pumpun poikkileikkauskuva. ....	16
Kuva 5. Pumppusuutin polttoainejärjestelmä. ....	17
Kuva 6. Yhteispaineruiskutuksen periaatekuva. ....	18
Kuva 7. Biodiesel, saippua ja glyseroli jakeet erottuneena. ....	22
Kuva 8. Hielscher ultraäänilaitteisto. ....	24
Kuva 9. Biodiesel-laitteisto Wisconsinin yliopistossa. ....	34
Kuva 10. Szimmetria OP222-F-öljypuristin. ....	35
Taulukko 1. Kylvöpinta-alan määrittävä taulukko. ....	28
Taulukko 2. Traktorien tuntikulutukset teholuokittain. ....	29
Taulukko 3. Poiminto viljelyn polttoainekuluja kuvaavasta taulukosta. ....	30
Taulukko 4. Viljelyn kokonaiskulut. ....	32
Taulukko 5. Rypsin ja rapsin tonnihinnat. ....	38
Taulukko 6. Biodieseltuotannon takaisinmaksuajat. ....	41
Taulukko 7. Ihannetilanteen 1 takaisinmaksuajat. ....	42
Taulukko 8. Ihannetilanteen 2 takaisinmaksuajat. ....	42
Taulukko 9. Kierrätysöljyn kannattavuuslaskelma. ....	44

## Käytetyt termit ja lyhenteet

FAME	Fatty acid methyl ester
MF	Massey-Ferguson. Englantilainen traktorivalmistaja.
VE-pumppu	Saksankielisestä sanasta Verteiler, joka tarkoittaa jakelijaa. Tämä on eräs Boschin ruiskutuspumpputyypin.
VYR	Vilja-alan yhteistyöryhmä.
UBS	Utah biodiesel supply.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Polttoaineiden hinnoissa on tulevina vuosina nousupainetta johtuen muun muassa ilmastomuutoksen torjuntaan tähtäävästä sekoitevelvoitteesta. Sekoitevelvoite tarkoittaa, että tietty osuus myytävistä polttoaineista tulee olla uusiutuvia biopolttoaineita. Bensiiniin on sekoitettu jo vuosia etanolia, jota on myytävässä bensiinissä noin 5 %–10 %. Dieseliin on puolestaan sekoitettu erilaisia biopohjaisia dieselin korvikkeita. Lisäksi on olemassa Nesteen kehittämä uusiutuva diesel, joka on valmistettu erilaisista jätteistä, jolloin polttoainetta voidaan kutsua uusiutuvaksi.

Maatalous on ollut jo melko pitkään vaikeuksissa. Työstä saatava kate on todella pieni, jolloin kannattava tuotanto on vaatinut tilakoon kasvattamista. Viime aikoina kohonneet lannoitteiden sekä polttoaineiden hinnat uhkaavat ajaa useita tiloja konkurssiin. Maataloudessa käytetään jo nyt kevyemmin verotettua polttoainetta kuin tieliikenteessä, mutta tällä hetkellä senkin hinta on jo lähes kaksi euroa litralta, joten syntyy tarve kehittää jotain muuta sen tilalle.

Sähkötraktori vaikuttaa kuitenkin vielä tällä hetkellä melko kaukaiselta haavekuvalta, sillä suurilla akustoilla varustetut traktorit tulisivat painamaan todella paljon, jolloin niillä ajattaessa pellot tiivistyisivät kasvukelvottomiksi. Myös pienempiä ja autonomisia viljelyrobotteja on nähty, mutta ne ovat vielä kehitysasteella, joten niistä ei ole pikaista apua. Siirtymäajaksi tarvitaan jokin uusi polttoaine, jota voidaan hyödyntää jo olemassa olevassa kalustossa. Siirtymäajan polttoaineeksi voisi soveltua biopohjainen diesel, joka sopii suoraan käytettäväksi nykyisessä kalustossa. Biodieselin käyttö ei vaadi traktoriin suuria muutoksia, kuten esimerkiksi silloin, jos siirrytään käyttämään kaasua tai biokaasua polttoaineena. Mikäli traktorin kaasumuunnos on toteutettu dual-fuel-järjestelmällä, vaatii kaasun käyttö rinnalleen myös dieseliä, sillä kaasuilmaseos joudutaan sytyttämään pienellä määrällä sylinteriin suihkutettavaa dieseliä. Kaasumuunnokset toteutetaan yleensä juuri dual-fuel-menetelmällä, sillä puhdas kaasun käyttö vaatisi moottorin muuntamisen kipinäsytytteiseksi. Ympäristöystävällisyyden kannalta olisikin hyvä, että myös sytytykseen käytettävä diesel olisi edullista ja uusiutuvista raaka-aineista kestävästi valmistettua.

## 1.2 Työn tavoite

Nykytilanteessa opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä käytetään noin 4000 litraa polttoöljyä vuodessa, jolloin viimeaikaisten hinnan nousujen jälkeen rahaa polttoaineeseen kuluu lähes 8000 € vuodessa. Yritys saa kuitenkin energiaveron palautusta käytetystä polttoöljystä, joten polttoainekulujen laskeminen ei ole täysin yksinkertaista. On kuitenkin selvää, että polttoainekulut ovat nousseet valtavasti, ja ne muodostavatkin nykyisin yhden suurimmista tilan menoeristä. Tämän takia olisi syytä tutkia omaan biodieseltuotantoon liittyvien investointien kannattavuutta. Nykyisen kaltaisella polttoaineiden hintakehityksellä biodiesel-investointi voi olla hyvinkin kannattava, mutta polttoaineiden hintojen laskiessa voi käydä päinvastoin. Yritystoiminnassa riskit ovat kuitenkin arkipäivää ja niitä täytyy vain arvioida erittäin huolellisesti. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko yrityksen menoja mahdollista pienentää valmistamalla itse biodieseliä.

## 1.3 Työn rakenne

Luvussa yksi esitellään työn tausta ja tavoitteet sekä kerrotaan työn kohdeyrityksestä. Luvussa kaksi kerrotaan dieselmoottorin synnystä, toimintaperiaatteesta ja kehityksestä. Luvussa kolme käsitellään dieselpolttoainetta ja vertaillaan biodieselin ominaisuuksia tavalliseen dieseliin. Luvussa kolme käydään läpi biodieselin valmistusprosessi sekä valmistukseen tarvittavaa laitteistoa. Luvussa neljä käsitellään rypsin viljelyä. Luvussa viisi käsitellään yrityksen biodieselin valmistukseen tarvitsemia laitteita ja niiden hintoja. Luvussa kuusi tehdään investointilaskelmia tuotannon kannattavuudesta. Luvussa seitsemän esitellään työn tulokset. Luvussa kahdeksan on työn yhteenveto ja pohdinta.

## 1.4 Yritysesittely

Tämä työ tehtiin Lintulahden maatilalle, joka sijaitsee eteläisessä osassa Kauhajoen kaupunkia. Tilalla on harjoitettu maanviljelystä jo vuosikymmenien ajan. Tilan nykyinen isäntä on viljellyt tilaa 1990-luvun alkupuolelta saakka. Tila on työllistänyt pääsääntöisesti isäntäparia ja aikaisempina vuosina myös heidän lapsiaan. Tilalla on noin 30 hehtaaria viljeltävää peltomaata sekä noin 60 hehtaaria metsiä.

Tilan ensimmäinen traktori oli pieni Valmet 20, jonka polttoaineena toimi bensiini. Valmetin tilalle hankittiin vuonna 1968 Massey-Ferguson 135 -traktori, joka oli varustettu Perkinsin 3-sylinterisellä suorasuihkutusdieselmoottorilla. Noista ajoista lähtien on tilan työt hoidettu dieselin voimalla. Kyseinen MF-traktori on tilalla yhä edelleen käytössä, mutta sen aktiiviset työvuodet ovat kuitenkin jo kaukana takana päin, sillä karjan lähdettyä tilalta vuosien 2020–2021 aikana, sen ainoaksi tehtäväksi on oikeastaan jäänyt perunanistutus ja muut pienet puutarhatyöt. MF:n lisäksi tilalla on kolme muutakin traktoria, jotka edustavat nekin melko perinteistä traktoritekniikkaa uusimman koneen ollessa vuodelta 2007. Karjattomaan maatalouteen siirtyminen on vähentänyt tilan töitä, mutta edelleen traktoreita tarvitaan maanviljelykseen, metsänhoitoon, sekä tienhoitokunnalle suoritettavaan teiden kesä- ja talvikunnossapitoon.

## 2 DIESELMOOTTORI

### 2.1 Dieselmoottorin synty

1800-luvun lopulla saksalainen Rudolf Diesel halusi kehittää hyötysuhteeltaan paremman vaihtoehdon höyrymoottorille (Universal technical institute, 2020). Diesel opiskeli termodynamiikkaa ja oli tullut tulokseen, että korkealla puristussuhteella oleva polttomoottori tulisi olemaan hyötysuhteeltaan höyrymoottoria parempi. Monien testausten ja parannusten jälkeen vuonna 1897 pystyttiin osoittamaan hyötysuhteen olevan 26,2 %, mikä oli huomattavasti korkeampi kuin höyrymoottorin noin 10 %.

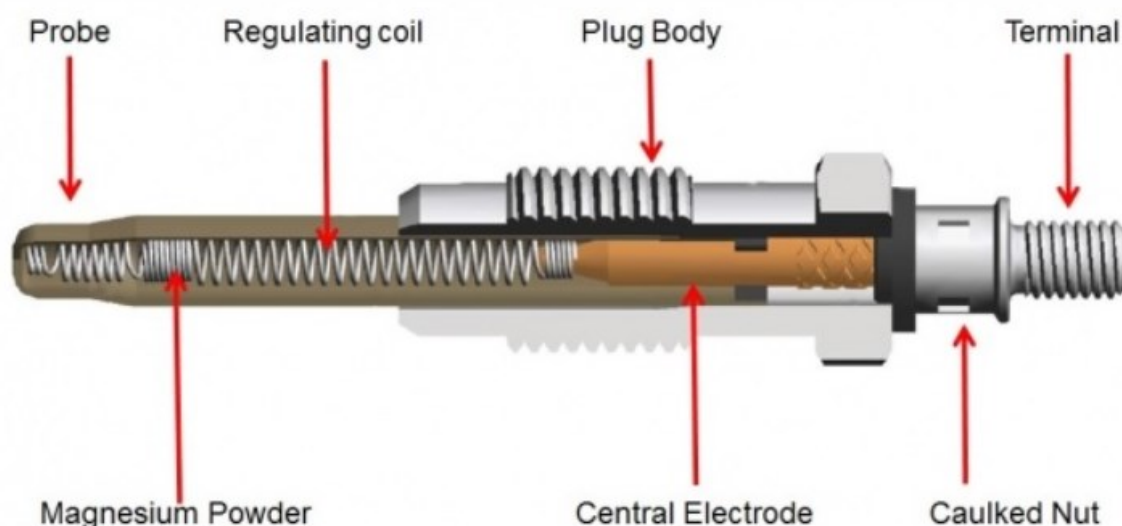
Dieselin lämpöarvo on noin 43 MJ/kg, eli se on energiatiheää verrattuna esimerkiksi kivihiiileen, jonka lämpöarvo on 26–32 MJ/kg (Kervinen & Parkkila, 2005, s. 85). Dieselöljyn tiheys on 0,845 kg/l, joten se on hieman tiheämpää kuin kivihiihi, jonka tiheys on 0,8 kg/l. Kun otetaan huomioon lämpöarvo sekä tiheys, huomataan, että dieseliä tarvitaan paljon vähemmän saman energiamäärän saavuttamiseen. Esimerkiksi valtamerilaiva tarvitsee suuren määrän kivihiihtä höyrymoottorien pyörittämiseen. Koska diesel on kivihiihtä energiatiheämpää ja dieselmoottorin hyötysuhde höyrymoottoria parempi, saadaan laivojen toimintasädetä sekä hyötykuormaa kasvatettua merkittävästi siirtymällä dieselmoottoriin.

### 2.2 Toimintaperiaate

Nelitahtisessa dieselmoottorissa on samat neljä tahtia kuin ottomoottorissakin (Universal technical institute, 2023). Nämä tahdit ovat imu-, puristus-, työ- ja poistotahti. Ottomoottorissa polttoaine ja ilma imetään imutahdin aikana sisälle moottoriin, puristustahdissa tämä polttoaineilmaseos puristetaan ja männän lähestyessä yläkuoloa seos sytytetään sytytystulpan antamalla kipinällä. Koska polttoaine ja ilma puristetaan kokoon yhdessä, aiheuttaa se rajoitteita ottomoottorin puristussuhteelle. Mikäli puristussuhde on erittäin korkea, saattaa ottomoottori alkaa nakuttamaan, ja se johtaa pitkään jatkuessaan moottorin vaurioitumiseen.

Dieselmoottoriin imetään imutahdissa yksinomaan ilmaa, ja puristustahdissa tämä ilma puristetaan kokoon, jolloin ilma kuumenee (E-zoil, i.a.). Kuumaan ilmaan suihkutetaan

korkealla paineella dieselpolttoainetta, joka syttyy itsestään. Dieselmoottorin puristussuhteen on oltava huomattavasti ottomoottoria korkeampi, jotta puristettava ilma saadaan kyllin kuumaksi dieselin itsesyttymiselle. Korkeampi puristussuhde johtaa pääsääntöisesti parempaan hyötysuhteeseen, ja se onkin osasy dieselmoottorin ottomoottoria paremmalle hyötysuhteelle. Kylmäkäynnistyksessä dieselmoottorin puristus ei välttämättä riitä saamaan ilmaa kyllin kuumaksi itsesyttymiselle, ja tällöin apuna voidaan käyttää esimerkiksi sylinterikohtaisia hehkutulppia tai imusarjaan asennettavaa yksittäistä hehkua. Hehkutulppa voi olla esimerkiksi sähkövastus, joka kuumenee, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Kuvassa 1 nähdään sylinterikohtainen suoraan palotilaan asennettava hehkutulppa.



Kuva 1. Lucas-hehkutulppa (FAI autoparts, i.a.).

Ottomoottorissa moottorin käyntinopeutta ohjataan moottorin sisään menevän ilmamäärän avulla (MS Motorservice International, i.a.). Ilmamäärää ohjaavaa venttiiliä kutsutaan kaasuläppäksi. Dieselmoottorin käyntinopeus puolestaan määräytyy sylinteriin suihkutettavan polttoainemäärän mukaan, eikä dieselmoottorissa siten tarvita kaasuläppää. Kaasuläppä aiheuttaa kiinni ollessaan ja osakaasulla käytettäessä vastusta moottorille moottorin yrittäessä imeä ilmaa kuristetusta imukanavasta. Imusarjaan syntyy edellä mainitussa tilanteessa alipainetta, jota voidaan käyttää kuitenkin hyödyksi esimerkiksi alipainetehosteissa jarruissa. Dieselmoottorissa kaasuläppää ei välttämättä tarvita, joten moottori pystyy hengittämään koko kierrosalueensa kuristamatonta ilmaa, joka parantaa edelleen

hyötysuhdetta vähentäessään pumppaushäviöitä. Poikkeuksiakin on, sillä nykyään dieselmoottoreissakin käytetään kaasuläppää. Kaasuläpän käyttö dieselissä liittyy pakokaasupäästöjen hallintaan. Koska dieselmoottorin imusarjassa vallitsee joko sama paine kuin ilmakehässä tai ylipaine, ei pakokaasujen takaisinkierrätys imusarjaan onnistu tehokkaasti. Asentamalla kaasuläppä saadaan imusarjaan luotua myös dieselissä alipaine, jolloin paine ero imu- ja pakosarjojen välillä kasvaa ja pakokaasun virtaus imusarjaan tehostuu. Kuvassa 2 nähdään nykyaikainen sähköohjattu kaasuläppä.



Kuva 2. Sähköohjattu kaasuläppä (MS Motorservice International, i.a.).

### 2.3 Polttoaineen syöttö

Dieselmoottorissa polttoaine suihkutetaan suoraan palotilaan eikä imuilmaan, kuten otto-moottorissa. Koska polttoaineen suihkutusta tapahtuu puristustahdin loppuvaiheilla, vallitsee palotilassa suurehko paine noin 24–30 bar, jolloin polttoaineensyötön on tapahduttava vielä tätäkin korkeammalla paineella (Nissan, 1988, s. 6). Polttoaine paineistetaan mekaanisella polttoainepumpulla, jota kutsutaan ruiskutuspumpuksi tai kansankielellä

syöttöpumpuksi. Pumppu myös määrää suihkutushetken, se pyörii samaa tahtia nokka-akselin kanssa (Goldfarb, 2024a). Pumppu tekee yhden täyden kierroksen kahdella kampiakselin pyörähdyksellä. Uudemmissa moottoreissa ei syöttöpumppuja juurikaan enää käytetä, sillä tiukentuneet päästömääräykset ovat pakottaneet siirtymään tarkemmin ajoitettuun ja helpommin säädelyyn palotapahtumaan.

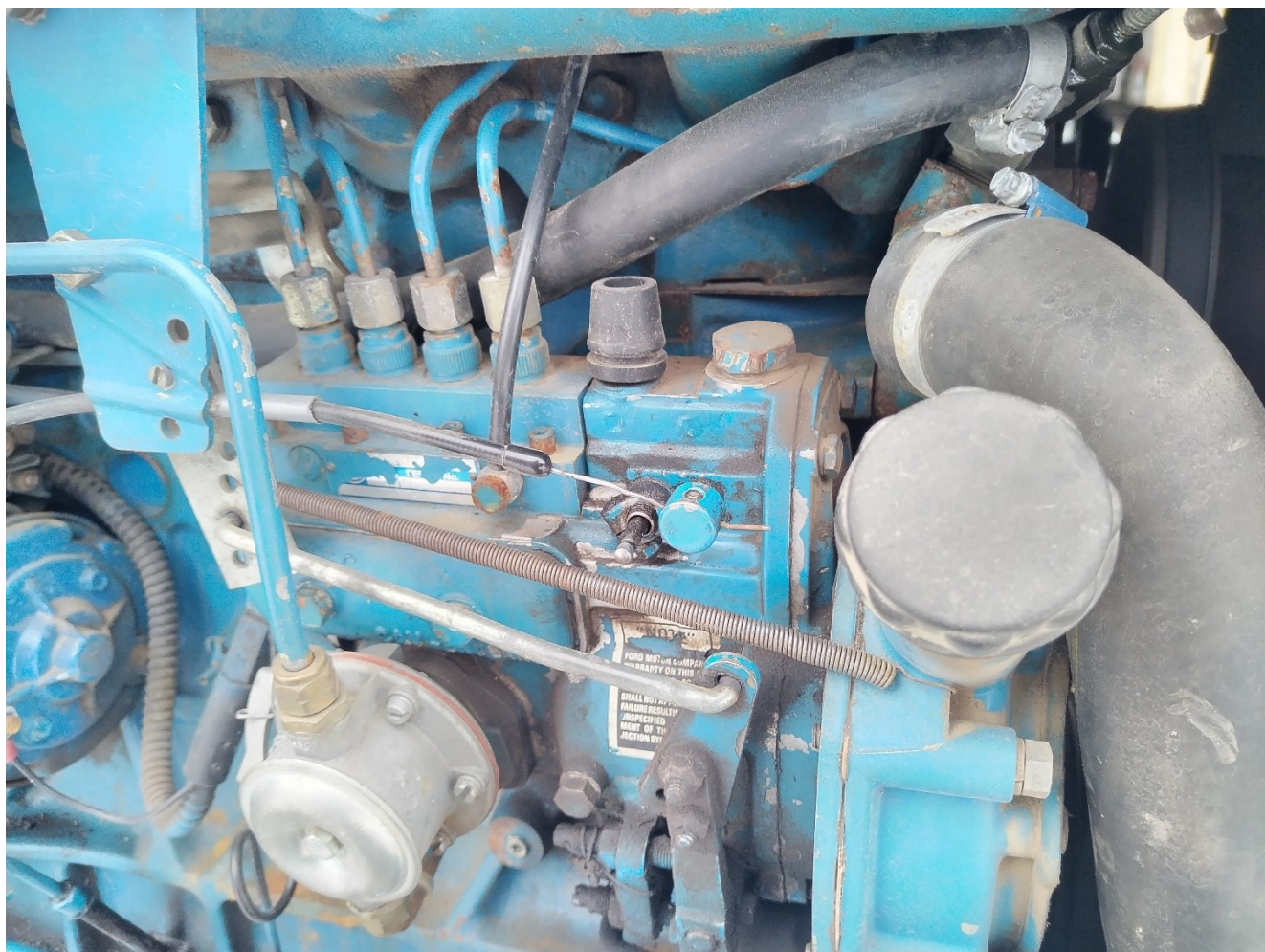
Vanhemmissa dieselmoottoreissa suihkutuspaine on noin 150 bar. Esimerkiksi Nissanin RD28-moottorin uusien suuttimien avautumispaineen tulee olla korjaamokäsikirjan mukaan välillä 132,4–140,2 bar (Nissan, 1988, s.43). Esimerkin moottori edustaa myös epäsuoraa suihkutusta, josta alettiin luopumaan traktoreissa jo 1960-luvulla, kuten MF siirtyessä 35-mallista 135-malliin (Konedata, i.a.). Suihkutuspaineet olivat kuitenkin mekaanisella syöttöpumpulla varustetuissa traktoreissa samaa luokkaa vielä vuosia suorasuihkutukseen siirtymisen jälkeen.

Nykyaikaisissa yhteispaineruiskutuksella varustetuissa moottoreissa polttoaineen suihkutuspaineet ovat huomattavasti suurempia, peräti 2000 bar (Valtra, 2021). Kova paine mahdollistaa hienomman polttoainesumun, jolloin polttoaine sekoittuu paremmin palotilassa olevaan ilmaan, palotapahtuma tehostuu ja moottorin hyötysuhde kasvaa. Näissä moottoreissa ei pumppu myöskään määritä enää polttoaineen suihkutushetkeä, vaan ajoitus määräytyy sähköisillä polttoainesuuttimilla, joiden avautumista ohjaa moottorinohjainlaite. Moottorinohjainlaitteelle on määritetty tarkat parametrit, jolla ohjataan polttoaineen suihkutusta. Moottorinohjainlaite hyödyntää lukuisia eri antureita määrittäessään juuri kyseiseen kuormitustilanteeseen sopivan suihkutusajoituksen ja määrän. Vakio-ohjainlaitteet on yleensä pyritty ohjelmoimaan niin, että tuloksena on paras mahdollinen hyötysuhteen ja pakokaasupäästöjen yhdistelmä.

### **2.3.1 Rivipumppu**

Rivipumppu muistuttaa toimintaperiaatteeltaan ja ulkonäöltään rivimoottoria, josta se on saanut myös nimityksensä. Rivipumpun sisällä pyörii nokka-akseli, joka painaa mäntiä. Mäntien päällä on polttoainetta, joka syötetään suutinputkeen ja sitä pitkin polttoainesuuttimeen (Seletron, 2022). Kun pumpun synnyttämä paine polttoainelinjassa ja -suuttimessa ylittää suuttimien avautumispaineen, aukeaa polttoainesuutin ja suihkutusta alkaa.

Pumppua pyöritetään mekaanisesti yleensä moottorin jakopäällä. Rivipumppu on yleinen vanhemmissa traktoreissa aina 1980-luvun lopulle asti, jonka jälkeen ne alkoivat vähene-  
mään uusista koneista. Kuvassa 3 on Ford 6610 traktorin rivityyppinen CAV Minimec ruiskutuspumppu.

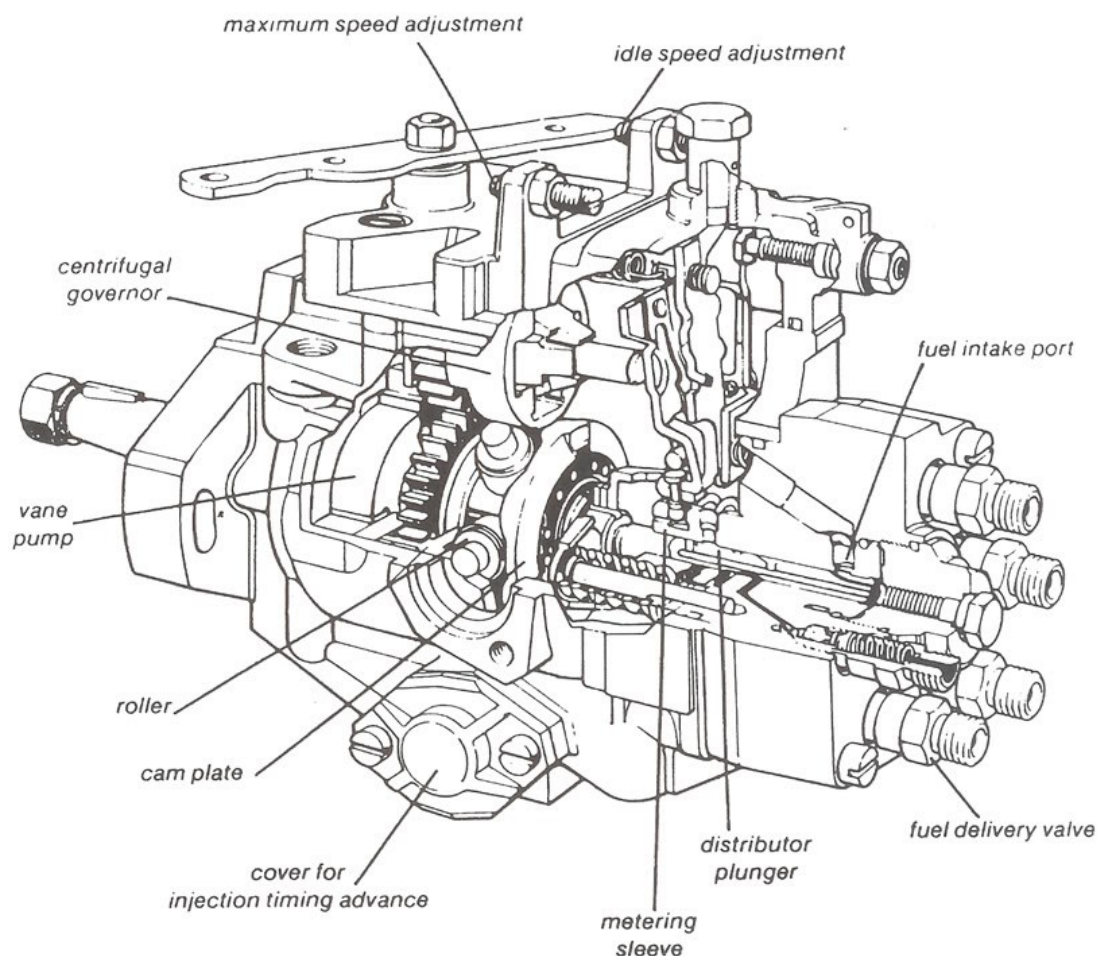


Kuva 3. Ford 6610 traktorin ruiskutuspumppu.

### 2.3.2 Jakajapumppu

Jakajapumpussa on myös sylinterikohtaiset suutinputket kuten rivipumpussa, mutta enää jokaiselle suutinlähdölle ei ole omaa mäntäänsä, joka hoitaa suihkutuksen. Jakajapumpussa yksi mäntä hoitaa jokaisen sylinterin polttoainesyötön (Goldfarb, 2024b). Mäntää painetaan pyörivällä nokkalevyllä, jossa on harjanteita yhtä monta kuin moottorissa sylintereitä. Pyörivän männän kyljissä on kanavat, jotka aukeavat vain yhden suutinlähdön kohdalla kerrallaan, jolloin pystytään syöttämään polttoaine juuri oikeaan sylinteriin. Pumpun

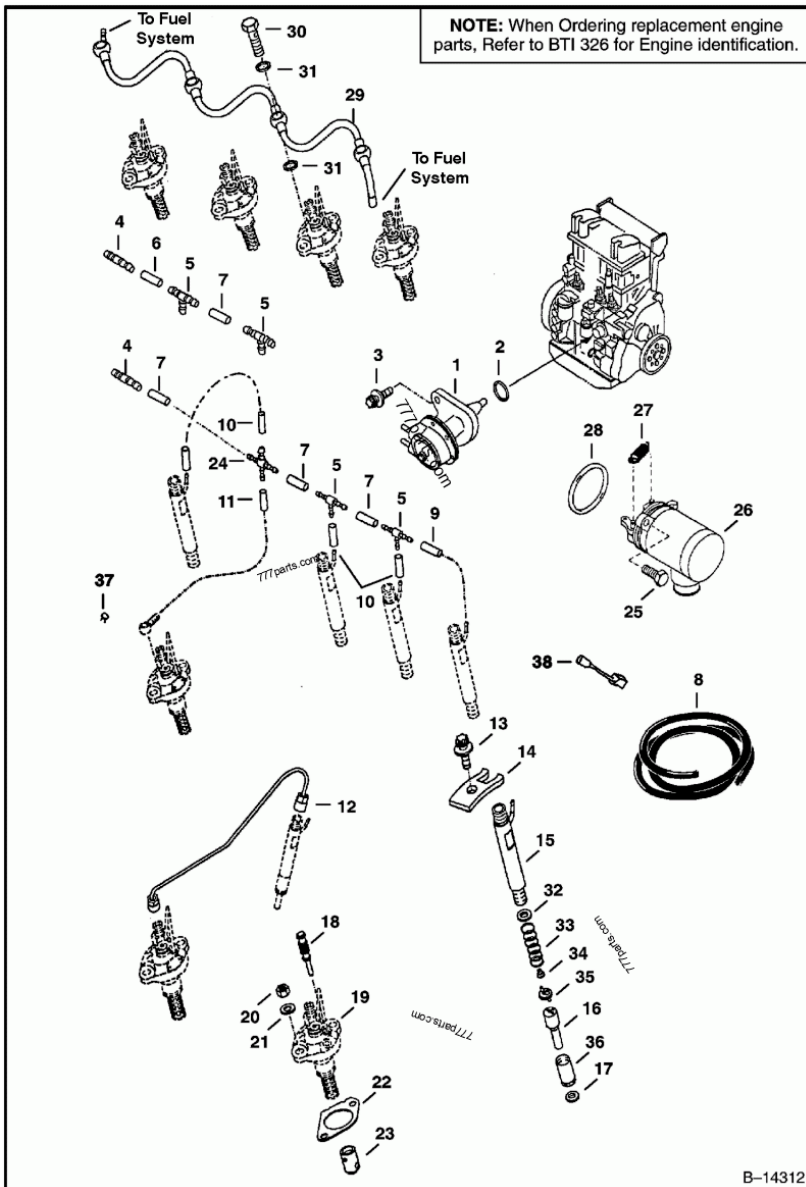
toiminta on helpointa ymmärtää poikkileikkauksesta, jossa pumpun eri osat on nimetty. Kuvassa 4 on Bosch VE-tyyppisen jakajapumppu osineen.



Kuva 4. Bosch VE-pumpun poikkileikkaukkuva (Dieselbombers, 2009).

### 2.3.3 Pumppusuutin

Pumppusuutinmoottorissa jokaiselle sylinterille on oma pumppusuuttimensa (Khair & Jääskeläinen, 2010). Se on kuin pieni syöttöpumppu, joka on yhdistetty suoraan suuttimeen. Pumppuja on siis yhtä monta kuin moottorissa sylintereitä. Pumppusuutintekniikka oli yleistä 2000-luvun alkupuolen VAG-konsernin dieselmootoreissa. Työkonepuolella esimerkiksi Deutz-mootoreissa esiintyi pumppusuutintekniikkaa. Uudempaa työkonekanta edustavat jotkin Volvon koneet, joissa pumppusuuttimia käytettiin vielä 2000-luvulla. Kuvassa 5 on Deutz-moottorilla varustetun Bobcat-työkoneen pumppusuutinpolttoainejärjestelmä.

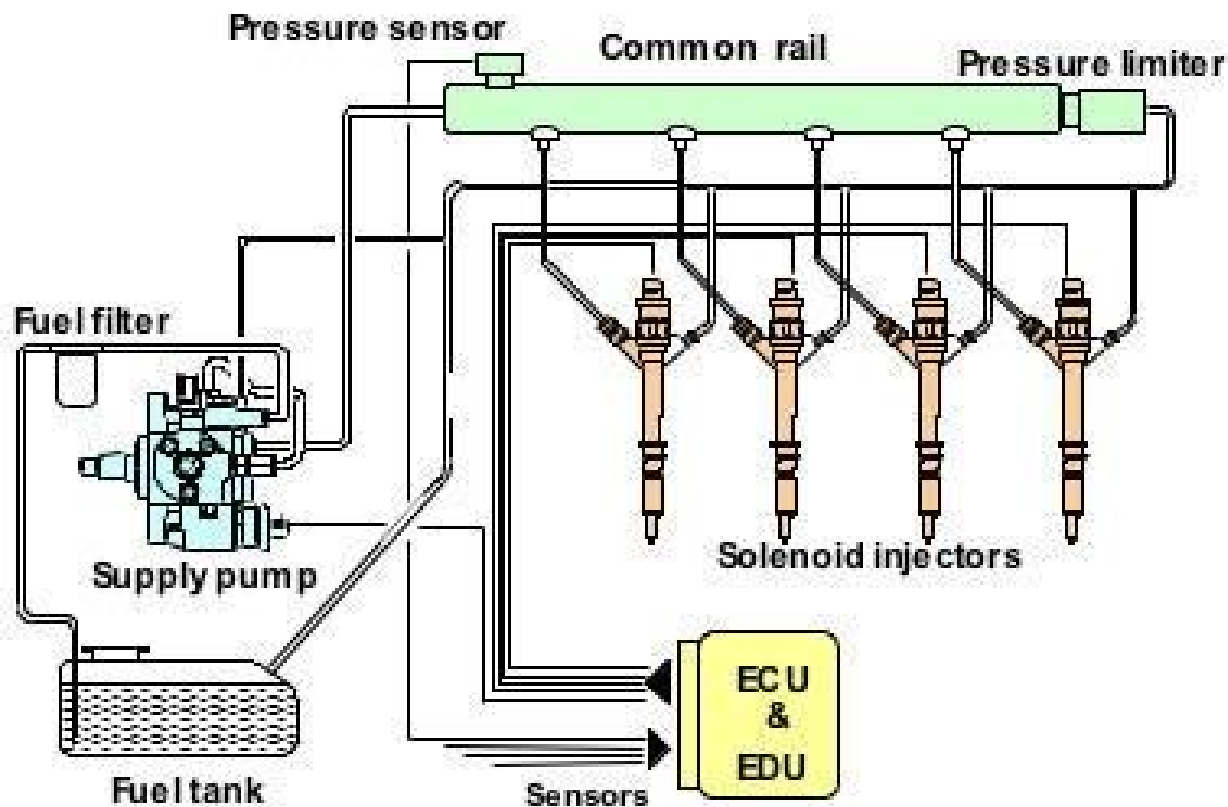


Kuva 5. Pumppusuutin polttoainejärjestelmä (777 Parts, i.a.).

### 2.3.4 Yhteispaineruiskutus

Yhteispaineruiskutus on modernein ja tällä hetkellä yleisimmin käytössä oleva polttoaineen syöttöjärjestelmä. Yhteispaineruiskutuksessa ruiskutuspumpun sijaan käytetään korkeapainepumppua, joka ainoastaan paineistaa polttoaineen ja siirtää sen jakotukkiin, josta lähtevät korkeapaineiset polttoaineputket kunkin sylinterin polttoainesuuttimille (Perkins, i.a.). Suuttimet ovat sähköhjattuja, ja suihkutushetki määräytyy moottorinohjaukseen asettujen parametrien perusteella, eikä se ole enää kiinteästi kytköksissä ruiskutuspumpun asentoon tai sen käyttönokkien profiiliin. Tällaisessa järjestelmässä suihkutussennakot ja

määrät vaihtelevat kulloisenkin moottorin kuormitusilanteen mukaan ja tuloksena on tarkka ja hyvin säädelty palotapahtuma, joka parantaa sekä polttoainetaloudellisuutta, että pienentää haitallisia pakokaasupäästöjä. Kuvassa 6 nähdään piirros yhteispaineruiskutuksen pääkomponenteista.



Kuva 6. Yhteispaineruiskutuksen periaatekuva (Denso, i.a.).

### 3 DIESEL-POLTTOAINE

Alun perin Rudolf Diesel suunnitteli moottorinsa käymään kasvipohjaisilla öljyillä, kuten pähkinäöljyllä (Peanut company of Australia, i.a.). Vasta myöhemmin raakaöljystä alettiin tislamaan dieselmoottorille sopivaa polttoainetta. Koska raakaöljy oli erittäin edullista, syrjäytti se kasvipohjaiset öljyt dieselmoottorin pääasiallisena polttoaineena. Nykyaikaiset moottorit on lisäksi suunniteltu raakaöljypohjaisen dieselin ominaisuuksien mukaan, joten tavallisen kasviöljyn käyttö niissä ei ilman lisäkasittelyä ole suositeltavaa. Useat moottorien valmistajat eivät suoraan anna lupaa käyttää puhdasta biodieseliä.

#### 3.1 Biodiesel

Biodieseliä voidaan valmistaa monilla eri tavoilla ja useista eri raaka-aineista. Tässä työssä keskitytään ensimmäisen sukupolven biodieseliin, jota valmistetaan kasvipohjaisista öljyistä kemiallisen reaktion avulla. Tätä kemiallista reaktiota käsitellään tarkemmin luvussa 3.2.

Valmis biodiesel vastaa ominaisuuksiltaan lähes raakaöljypohjaista dieseliä (Tanwar, ym., 2024, s. 14–15). Rypsiöljyn energiatiheys on 38.525 MJ/kg ja tavallisen dieselin 35 MJ/kg. Fischer–Tropsch-menetelmällä tehdyn dieselin arvo on puolestaan huomattavasti korkeampi, 45,505 MJ/kg. Kinemaattinen viskositeetti on rypsi-biodieselillä 4,35 mm<sup>2</sup>/s ja tavallisella dieselillä 1.9–6 mm<sup>2</sup>/s, eli viskositeetit ovat lähellä toisiaan, joten biodiesel pumppautuu polttoainejärjestelmässä lähes samoin kuin diesel. Rypsi-biodieselin voitelevuus on 205 µm ja tavallisen dieselin 300 µm, joten rypsi-biodiesel kuluttaa polttoainelaitteistoa hieman enemmän kuin tavallinen diesel. Pienempi voitelevuus voi myös huonontaa polttoainetaloudellisuutta, sillä polttoaineen pumppaamisen ja suihkutuksen vaatima energiantarve kasvaa.

Biodieselin ympärivuotista käyttöä heikentävät sen talviominaisuudet, sillä se jäätyy lähellä 0 celsiusastetta. Laitisen (2022) mukaan lubrizol-lisäaineella polttoainetta voidaan käyttää vielä 10–15 celsiusasteen pakkasessa.

Valmistusprosessi alkaa raaka-aineen hankinnalla. Biodieselin pohjana voidaan käyttää jotain kasvipohjaista öljyä, Suomessa yleisemmin rypsiöljyä. Rypsiöljyä voidaan tuottaa itse viljelemällä rypsiä pellolla ja puristamalla rypsin siemenistä öljyä. Rypsin viljelyn kustannuksia on laskettu myöhempänä tässä työssä. Toinen vaihtoehto on hankkia kierrätysöljyä ravintoloiden rasvakeittimistä. Ravintoloista öljyn saa usein ilmaiseksi, tällöin kustannukseksi kertyy ainoastaan hakuun kulunut polttoaine ja oman vapaa-ajan menetys. Käytetty paistorasva tulee suodattaa huolellisesti ennen prosessia, jotta päästään eroon sen seassa olevista suuremmista epäpuhtauksista, kuten ruuantähteistä.

Kasviöljystä voidaan valmistaa biodieseliä monilla eri menetelmillä. Yksi menetelmä biodieselin jalostamiseen on käyttää metanolia ja murskattua kalkkikiveä (Marchetti, 2010). Kyseessä on kemiallinen reaktio, jota kutsutaan esteröinniksi tai vaihtoesteröinniksi. Siinä rasvahappo (öljy) sekoitetaan alkoholin, yleensä metanolin ja jonkin katalyytin kanssa, kuten edellä mainittu kalkkikivi. On mahdollista käyttää myös etanolia tai vaikkapa hapanta katalyyttia, mutta ne ovat yleensä kalliimpi vaihtoehto kuin metanoli (Laitinen, 2008, s.22).

Esteröintiprosessi noudattaa reaktioyhtälöä



, missä

- R on rasvahappo
- A on alkoholi katalyyttiseos
- V on vesi
- E on esteri.

Metanolia käytetään 20 % öljymäärästä ja katalyyttinä käytettävää natriumhydroksidia puolestaan 0,4 % öljyn massasta (Laitinen, 2008, s. 22–24). Öljyn laatu vaihtelee ja paras tulos saadaan, kun selvitetään öljyn vapaiden rasvahappojen määrä titraamalla. Näin katalyytin määrä saadaan tarkasti kohdalleen. Titraus tehdään lisäämällä öljyalkoholiseokseen laimeaa emäsluosta. Oikea taso on saavutettu, kun seoksen pH nousee yli seitsemän, tällöin vapaat rasvahapot ovat neutralisoituneet. Määrittäminen aloitetaan liuottamalla yksi millilitra öljyä 10 millilitraan 2-propanolia. Öljy-propanoli-liuosta titrataan 0,025 mol/l natriumhydroksidiliuoksella, kunnes seoksen pH nousee viidestä kahdeksaan. Yhtä

rypsiöljylitraa kohti tarvitaan katalyyttiä lisää grammoissa sama määrä kuin titrausliuosta kului millilitroissa pH-tason neutralisointiin.

Ennen esteröintiä tulee valmistaa metanoli-lipeä-seos (Laitinen, 2008, s.24). Lipeä on erittäin voimakas emäs ja sitä käsitellessä on suojauduttava pitkävartisilla kumihanskoilla, koko ihon peittävällä vaateuksella ja kasvat täysin peittävällä kasvosuojalla. Metanoli on myrkyllistä ja helposti höyrystyvää, joten edellä mainittujen suojarusteiden lisäksi tarvitaan hengityssuojainta.

Öljy esilämmitetään noin 60 C° lämpötilaan reaktion nopeuttamiseksi (Laitinen, 2008, s.24). Katalyytti-metanoli-seos lisätään sitten öljyyn ja sekoitetaan huolellisesti esimerkiksi käyttäen mekaanista sekoitinta tai kierrättämällä seosta astiassa pumpun avulla. Sekoitusta jatketaan, kunnes seos on homogeeninen. Tämän jälkeen seoksen annetaan seistä 12–24 tuntia, jolloin seoksesta alkaa erottua glyseroli ja biodiesel. Glyseroli on biodieseliä raskaampaa ja painuu hiljalleen astian pohjalle, josta se voidaan poistaa esimerkiksi pohjaventtiilin kautta. Vaihtoehtoisesti päällä oleva biodiesel voidaan pumpata astiasta pois imemällä, jotta sekoittuminen on mahdollisimman vähäistä ja saatu biodiesel mahdollisimman puhdasta. Glyseroli on paksua ja tervamaista ja se on myös mahdollista polttaa. Moottorissa palaessaan se aiheuttaa haitallista karstaa, joten se kannattaa polttaa mieluummin esimerkiksi lämmityskattilassa optimaalisissa palamisoloissa.

Edellä mainittu titraus on tärkeä vaihe, etenkin kun käsitellään kierrätysöljyä. Käytetyssä öljyssä vapaiden rasvahappojen määrä on suurempi kuin tuoreessa öljyssä (UBS, i.a.). Vapaat rasvahapot muodostavat reagoidessaan katalyytin kanssa saippuaa, josta syntyy kolmas selvä jae biodieselin ja glyserolin lisäksi. Saippua on glyserolia kevyempää mutta biodieseliä raskaampaa, joten se muodostuu näiden väliin seoksen seisoessa. Kuvassa 7 nähdään biodieselprosessissa erottuneet jakeet sekä ero uuden ja käytetyn kasviöljyn välillä.



Kuva 7. Biodiesel, saippua ja glyseroli jakeet erottuneena (UBS, i.a.).

Glyserolin poistamisen jälkeen voidaan biodieseliä pestä vedellä, jolloin saadaan erotettua ylimääräistä metanolia ja lipeää. Vettä suihkutetaan ohuena sumuna biodieselin pintaan. Pesun jälkeen seoksen annetaan jälleen seistä, jolloin vesi raskaampana painuu astian pohjalle. Vesi tulisi toimittaa kierrätykseen, sillä se sisältää metanolin ja lipeän jäämiä. Vedenerottamisen jälkeen seos tulisi kuivata, jotta kaikki vesi saadaan poistettua. Kuivaus voidaan tehdä kuumentamalla seosta, jolloin se tapahtuu nopeasti, mutta tämä vaatii ylimääräistä energiaa. Vaihtoehtoisesti seoksen annetaan seistä avonaisessa astiassa,

jolloin vesi haihtuu pois itsekseen. Lopuksi biodiesel vielä suodatetaan minimissään samantasoisella suodattimella kuin tulevassa käyttökohteessa, kuten traktorissa. Laitinen (2008) suosittelee käytettäväksi minimissään 10 µm suodatinta.

## 3.2 Biodiesel-laitteisto

Yksinkertaisimmillaan voidaan biodieselin valmistukseen käyttää vaikkapa erilaisia muovikannuja ja vanhoja öljytynnyreitä, joita löytyy runsaasti maatalan varastoista jo valmiina. Käytöstä poistuneet maitotankit ovat ehkä käyttökelpoisin väline valmistukseen, sillä ne sisältävät sekoitusmoottorit jo valmiiksi, joten prosessin vaatimien aineiden sekoitus saadaan hoidettua lihasvoimaa säästäen. Maitotankit sisältävät valmiiksi jäähdytysominaisuuden, mutta biodiesel prosessiin tarvittaisiin lämpöä, joten tankkeihin on rakennettava erillinen lämmitysominaisuus. Tarvittavat lämmitysvastukset voitaisiin ottaa hyötykäyttöön esimerkiksi vanhasta lypsykoneen pesurista, jossa termostaattiohjausta olisi kuitenkin muutettava, sillä nykyisellään vastukset tavoittelevat yli 90 C° lämpötilaa, joka on vaadittu lämpötila maitoputkiston ja lypsykoneiden desinfiointiin.

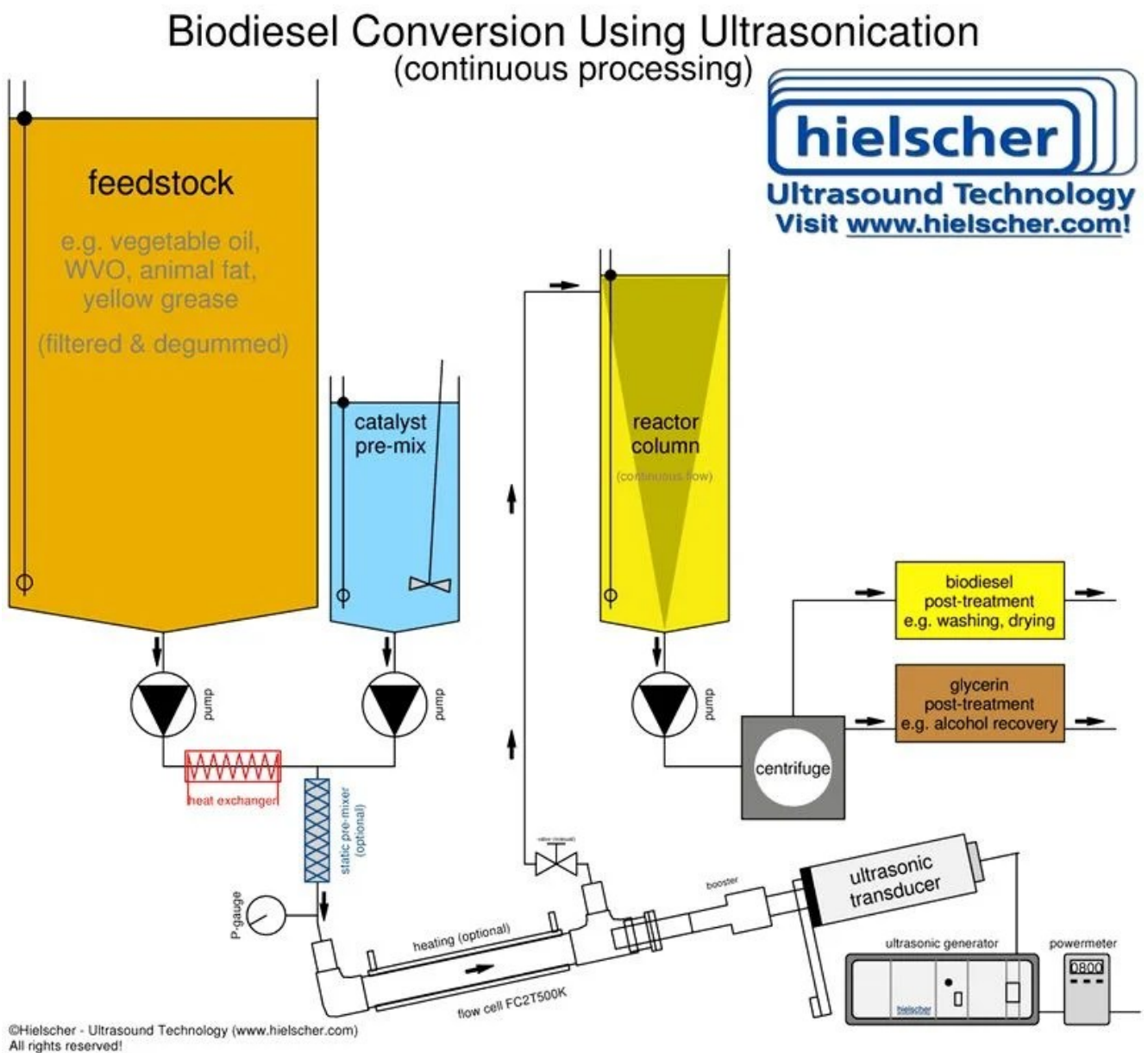
Kierrätysosilla koottu laitteisto olisi taloudellisesti kannattavin ratkaisu, sillä se ei vaatisi muita lisäinvestointeja, kuin mahdollisen säätötermostaatin lisäämisen. Näin valmistetusta laitteistosta puuttuu kuitenkin metanolin ja katalyytin kierrätys, jolloin valmistetun biodieselin laatu kärsii ja raaka-ainekulut kasvavat.

### 3.2.1 Valmiit laitteistot

Valmiissa laitteistossa on etunsa, sillä sen toimivuus on jo tutkittu ja testattu. Lisäksi ne sisältävät usein takuun sekä käyttöohjeet, jotka tuovat varmuutta prosessin turvalliseen toimivuuteen.

Valmiita biodiesel-laitteistoja myy esimerkiksi Erämaavirta Oy, jonka valikoima sisältää biodieselreaktoreita aina 200 litran tilavuudesta 1000 litraan saakka. Tilauksesta on saatavilla myös muita kokoja (Erämaavirta Oy, i.a.). Erämaavirta tarjoaa myös biodieselkoulutusta, joten tuotannon aloittaminen olisi jouhevampaa.

Valmiita laitteita on saatavana myös Hielscher Ultrasonics -yritykseltä. Heidän laitteistossaan kasviöljy, metanoli ja katalyytti sekoitetaan keskenään käyttäen ultraääntä (Hielscher Ultrasonics, i.a.). Laitteessa oleva titaanitanko värähtelee taajuudella 20–30 kHz, joka saa aikaan putken läpi kulkevassa seoksessa kavitaatiokuplia, jotka sekoittavat öljyn, metanolin ja katalyytin erittäin tehokkaasti. Prosessia voi verrata ultraäänipesurin toimintaan. Yritys mainostaa biodieselveikmistusprosessin olevan erittäin tehokas ja nopea. Sekoittimia on saatavilla suuri valikoima kapasiteetilla 0,25–80 tonnia/h. Kuvassa 8 nähdään laitteiston periaatekuva.



Kuva 8. Hielscher ultraäänilaitteisto (Hielscher, i.a.).

### 3.2.2 Laitteiston takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika on vaikeasti määritettävä, sillä siihen vaikuttavat laitteistoon sijoitettu pääoma, kasviöljyn hankintakustannus, usein muuttuva raakaöljyn hinta, poliittiset päätökset polttoaineverotuksen suhteen, prosessin vaatimien kemikaalien hintakehitys sekä sähkön hinta. Jos nykyiset trendit jatkavat suuntaansa, polttoaineiden hinnat tuskin tulevat suuresti laskemaan, ja laitteisto voi tulevaisuudessa muodostua erittäin kannattavaksi sijoitukseksi. Laitteistojen hintoja ja takaisinmaksuaikoja on käsitelty tarkemmin luvuissa 5 ja 6.

### 3.3 Omatekoisen biodieselin käyttö

Mikäli omatekoisella biodieselillä aikoo ajaa tieliikenteessä, on siitä maksettava valmistevero, joka on vuonna 2024 50,17 senttiä litraa kohden (Verohallinto, 2023). Tämän työn tarkoituksena on kuitenkin tutkia biodieselin käyttöä lähinnä maataloudessa, jolloin veroste on pienempi. Biopolttoöljystä maksettava vero vuonna 2024 on 27,58 snt/litra. Maatalouskäytössä on mahdollisuus hakea palautusta polttoaineverosta, mikäli pystytään todistamaan, että biodiesel on tuotettu kestävästi.

## 4 RYPSIN VILJELY

Rypsin viljelyssä on tärkeää, ettei maata muokata liian syvälle juuri ennen kylvöä, sillä rypsi tulisi kylvää 2–4 senttimetrin syvyyteen, Mikäli rypsi kylvetään 5 senttimetriin tai syvemmälle, ainoastaan 50 % siemenistä itää (Alavuden öljynpuristamo, 2024, s.4). Jos kylvettävän pellon maalaji on pehmeää, tulee kylvömuokkauksesta helposti liian syvä. Tätä voidaan kompensoida jyräämällä pelto ennen kylvöä.

### 4.1 Kylvön suunnittelu

Satotavoitteeksi suositellaan asetettavan 2000 kg hehtaaria kohden (Alavuden öljynpuristamo, 2024, s.3). Kylvöohjeessa annetaan kylvömääräksi noin 6–10 kg siementä hehtaaria kohden ja kylvömäärä tulisi tarkistaa 1000 siemenen painon mukaan, jolloin saadaan tarkempi tulos. Siemeniä tulisi kylvää noin 200–300 kappaletta neliometriä kohden. Mikäli kylvöalusta on epätasainen tai muuten huonolaatuinen, tulisi siemenmäärää nostaa lisää.

Kylvösiemenmäärä lasketaan kaavalla

$$S_m = (K_t * T_{sp}) / I \quad (2)$$

, missä

$S_m$  on siemenmäärä (kg/ha)

$K_t$  on kylvötiheys (kpl/m<sup>2</sup>)

$T_{sp}$  on tuhannen siemenen paino grammoina

$I$  on itävyys %.

Rypsiöljy saadaan erotettua siemenistä puristamalla. Öljyä saadaan noin 25–30 % siemenmäärästä (Blomberg ym., 2019). Mikäli puristusprosessiin tuodaan lisäksi lämpöä, saadaan öljyä vähintään 30 % siemenmäärästä. Lämmittämisen seurauksena puristettuun öljyyn liukenee siemenistä fosforia, mikä on haitallista polttomoottorikäytössä, sillä fosfori karstoittaa venttiilejä ja suuttimia.

Tarvittava rypsisato lasketaan kaavalla:

$$R_s = (\ddot{O} * \rho_{\ddot{O}}) / \eta_P, \quad (3)$$

, missä

- $R_s$  on rypsisadon määrä
- $\ddot{O}$  on tarvittava öljymäärä
- $\rho_{\ddot{O}}$  on rypsiöljyn tiheys
- $\eta_P$  on puristuksen hyötysuhde.

Jos halutaan valmista biodieseliä 4000 litraa, tarvitaan rypsiöljyä tällöin 4040 litraa, sillä Springboard biodieselin (i.a.) mukaan 1000 gallonasta käytettyä paistoöljyä syntyy 990 gallonia biodieseliä, eli biodieseliä saataisiin 99 % öljymäärästä. Sadon laatu voi kuitenkin vaihdella, joten oletetaan saannon olevan 95 % 99 % sijaan. Rypsiöljyä tarvitaan siis 4210 litraa, jotta saadaan biodieseliä 4000 litraa.

Siemenistä saadaan 25 % öljyä talteen kylmäpuristamalla (Blomberg ym., 2019), ja öljyn tiheys on  $911,5 \text{ kg/m}^3$  (Tanwar, ym., 2024, s.13). Kaavalla 3 voidaan tällöin laskea, että rypsisatoa tarvitaan 15350 kg. Satotavoitteen ollessa edellä mainittu 2000 kg/ha tarvitsee rypsiä viljellä tällöin noin 7,7 hehtaarin kokoisella alalla. Todellisuudessa alaa tarvitaan kuitenkin enemmän, sillä aina on olemassa riski satotappioille esimerkiksi epäsuotuisten säiden vuoksi, myös rypsilajike vaikuttaa sato-odotukseen. Taulukossa 1 on esitelty poiminta Excel-taulukosta, johon syöttämällä haluttu öljymäärä ja tiedot kylvötiheydestä ja itävyydestä saadaan selville, kuinka suuri pinta-ala rypsiä on kylvettävä.

Taulukko 1. Kylvöpinta-alan määrittävä taulukko.

	A	B	C
1			
2	Kylvötiheys kpl/m <sup>2</sup>		250
3	Tuhannen siemenen paino grammaa		2,5
4	Itävyys %		90
5			
6	Siemenmäärä kg/ha		6,94
7			
8			
9	Rypsiöljyn määrä (litraa)		4210
10	Öljyn tiheys kg/m <sup>3</sup>		911,5
11	puristuksen hyötysuhde %		25
12			
13	Rypsisadon määrä kg		15349,66
14			
15			
16	Sadon määrä kg/ha		1934
17			
18	Tarvittava viljelyala hehtaaria		7,937

## 4.2 Kylvön kustannukset

Esimerkkilaskelmissa käytetään rypsilajiketta synthia, joka maksaa 111,15 € säkiltä, ja säkin painoksi ilmoitetaan noin 19,5 kg (Agro-tuonti, i.a.). Itävyysprosenttia ei ole ilmoitettu, joten käytetään arvoa 90 %. Synthian satotaso hehtaarille on ollut tutkinta-aikavälillä 2016–2023 1934 kg (Tilasiemen, i.a.). Näillä lähtöarvoilla tulee rypsiä kylvää 7,94 hehtaarin alalle, ja siemenet maksavat tällöin 39,58 €/ha. Rypsin viljely vaatii myös lannoittamista, sillä rypsin siemen on pieni ja sisältää siten vain vähän vararavintoa (Alavuden öljynpuristamo, 2024, s.3). Lannoitus voidaan hoitaa samalla kertaa kylvön aikana, tai jakaa useampaan osaan. Suositeltu lannoitemäärä on 100 kg typpeä ja 15 kg fosforia hehtaaria kohden. Lisäksi tarvitaan rikkiä, booria, kaliumia ja mangaania. Yara suosittelee

kevättrypsin lannoitukseen esimerkiksi YaraBela rikkisalpietaria (Yara, 2024). Lannoitetukun mukaan sen arvonlisäveroton hinta 2024 on 380 €/tonni.

Tilalla ei ole virtausmittarilla varustettua polttoainepistoolia, joten traktoreiden tuntikulusta arvioitaessa on käytetty Palvan (2022) laatimaa taulukointia ja laskukaavaa traktorien tuntikulutukselle. Taulukossa 2 näkyvät arvioidut tuntikulutukset eri tehoisille traktoreille sekä tuntikulutuksen laskentakaava. Laskelmissa käytettiin kaavan 40 % kuormitusta ja kunkin traktorin valmistajan ilmoittamaa tehoa. Kulutuslukemat ovat siis todellisuudessa pienempiä kevyissä töissä ja suurempia raskaissa töissä. Lisäksi traktoreiden ominaiskulutukset vaihtelevat, joten laskelmat ovat vain arvioita.

Taulukko 2. Traktorien tuntikulutukset teholuokittain (Palva, 2022).

<b>5. Polttoaineen kulutus teholuokittain l/h (maataloustraktori)</b>									
Peruste: $\text{Nimelliskulutus} * \text{Moottorin maksimiteho} * \text{Moottorin käyttöaste} * \text{Polttoaineen tiheys}$									
Esimerkki: $0,270 \text{ kg/kWh} * 55\text{kW} * 40/100 * 1,163 \text{ l/kg} = 6,9 \text{ l/h}$									
Huom. Raskaissa töissä kulutus on huomattavasti suurempi.									
Esimerkki polttoaineen kulutuksesta keskimääräisissä olosuhteissa (40 % kuormitus):									
Traktorin teholuokka, kW	31–50	51–60	61–70	71–80	81–100	101–120	121–150	151–180	181–210
Polttoaineen kulutus l/h	5,7	6,9	8,2	9,4	11,3	13,8	17,0	20,7	24,5

Jos kylvetään tilan 2,5 m leveällä Tume-kylvökoneella ja Ford 6610-traktorilla, kuluu hehtaarin kylvämiseen 3,02 litraa polttoöljyä. Kustannuksissa tulee ottaa myös huomioon kylvömuokkaukseen kulunut polttoaine. Tilalla kylvömuokkaus tehdään kyntöauroilla sekä s-piikkiäkeellä. Kyntäminen vie polttoainetta 8,92 litraa hehtaarille. Äestys tehdään lisäksi kahdesti ennen kylvöä ja se kuluttaa polttoainetta 6,07 l/ha. Viljelyalustan jyräys tulisi tehdä maalajista riippuen yhdestä kahteen kertaan. Mikäli jyräys suoritetaan kahdesti, kuluu polttoainetta 6,16 litraa hehtaarille. Lisäksi sadon turvaamiseksi tuholaisilta on suositeltavaa käyttää kasvinsuojeluainetta, jonka levitykseen kuluu polttoainetta 1,90 l/ha. Pelkästään kylvöön ja sen vaatimiin muokkauksiin kuluu reilu 27 litraa polttoainetta hehtaaria kohden. Osa kylvön polttoainekuluista voidaan nähdä taulukosta 3.

Taulukko 3. Poiminto viljelyn polttoainekuluja kuvaavasta taulukosta.

	A	B	C
37	Kyntöauran leveys metriä		1,6
38	Kyntönopeus km/h		6
39	Kyntö tuntisaavutus ha		0,96
40	Traktorin tuntikulutus		9,29
41			
42	<b>Kyntö kulutus l/ha</b>		<b>8,92</b>
43			
44			
45	Äkeen leveys metriä		3,4
46	Äestys nopeus km/h		9
47	Äestys kerrat		2
48	Äestys tunti saavutus ha		1,53
49	Traktorin tuntikulutus litraa		9,29
50			
51	<b>Äestys kulutus l/ha</b>		<b>6,07</b>
52			
53			
54	Jyrän leveys metriä		3,5
55	Jyräysnopeus km/h		7
56	Jyräyskerrat		2
57	Jyräys tuntisaavutus ha		1,23
58	Traktorin tuntikulutus litraa		7,54
59			
60	<b>Jyräys kulutus l/ha</b>		<b>6,16</b>

Kylvön lisäksi myös sadon korjaamisesta sekä kuivaamisesta syntyy kuluja. Tilalla ei ole omaa puimuria, joten puinti joudutaan tilaamaan urakoitsijalta. Rahtipuinnin arvonlisäveroton esimerkkihinta on 100–140 €/ha (Maatalousurakointi, i.a.). Yrityksellä ei ole omaa kuivaamoja, jolloin kuivauskuluja tulee noin 80 €/h. Kuivausaika on riippuvainen sadon koosta ja puintikosteudesta. Rypsi tulisi kuivata 7–8 % kosteuteen, jotta saadaan tuotettua laadukasta rypsiöljyä (Viljelijän Berner, 2014). Rypsin siementä ei saa kuivata alle 6 % kosteuteen. Liian kuiva siemen rikkoutuu ja sen sisältämät rasvat kärsivät ja samalla

puristettavan rypsiöljyn laatu heikkenee. Laadun heikkeneminen ei ole biodiesel-käyttötarkoituksen kannalta niin olennaista, kuin jos öljy tarkoitettaisiin elintarvikekäyttöön. Elintarvikekäytössä rypsiöljyn laatuksiteerit ovat varsin tiukat. Esimerkiksi keväällä puitu ylivuotinen rypsi ei enää kelpaa elintarvikkeeksi. Elintarvikekäyttöön kelpaamatonta rypsiä voitaisiin kuitenkin hyödyntää raaka-aineen hankinnassa ulkopuolisilta, jolloin omaa kylvöpinta-alaa voitaisiin vaihtoehtoisesti pienentää.

### **4.3 Tuki**

Tähän asti on käyty läpi viljelyyn liittyviä kuluja, joita onkin lukuisia. Kulujen kattamiseksi voidaan anoa tukea. Rypsinviljelyyn voi anoa erikoiskasvipalkkiota, joka vuonna 2024 on enintään 120 €/ha (Ruokavirasto, 2024). Tila sijaitsee tukialueella C, joten on mahdollista hakea lisäksi perustulotulotukea, joka on enintään 118,79 €/ha. Tuet ovat yhteensä siis enintään 238,79 €/ha.

### **4.4 Kulujen ja tulojen summaus**

Viljelyn tuloista ja menoista luotiin Excel-tiedosto, jossa pystytään erilaisten muuttujien avulla määrittämään tuotannon kannattavuutta. Taulukot on luotu niin, että lähtöarvoja muuttamalla tuotannon kuluja on helppo seurata, vaikka hinnat vaihtelisivat. Myös konekannan vaihtuminen on huomioitu. Taulukkoon voidaan syöttää esimerkiksi uuden kylvökoneen työleveys ja traktorin tuntikulutus kyseisen kylvökoneen kanssa. Taulukosta voidaan lukea, mikä kyseisen yhdistelmän hehtaarikustannus tulee olemaan. Taulukossa 4 on poiminta kylvön kokonaiskustannuksista, polttoaineen hinnasta on tehty 10,33 sentin vähennys, sillä maataloudenharjoittajalla on oikeus tämän suuruiseen polttoaineveron palautukseen (Verohallinto, 2024).

Taulukko 4. Viljelyn kokonaiskulut.

	A	B	C
18	Tarvittava viljelyala hehtaaria		7,937
19			
20			
21	Siementen hinta €/kg		5,7
22	Polttoaineen hinta €/litra		1,17
23	Apulannan hinta €/kg		0,38
24			
25			
26	Siemenen hinta €/ha		39,58
27	Apulannan hinta €/ha		45,60
28	Polttoaineen hinta €/ha		31,75
29			
30	Kerroin (päällekkäinajo ym.)		0,85
31			
32	Viljely kulut €/ha		137,57
33			
34	Viljelyn kokonaiskulut €		1091,82

Tilan työkoneet ovat vanhoja eikä niissä ole nykyaikaisia ajoavustimia eikä GPS-paikkunukseen perustuvaa automaattiohjausta, joka vähentäisi päällekkäinajoa. Tämän takia annettiin pieni 15 % korjauskerroin päällekkäinajolle tai vaikkapa jonkin työkoneen syöttövirheille.

#### 4.5 Viljelykierto

Rypsiä ei saa viljellä samalla lohkolla peräkkäisinä vuosina, vaan väliä pitäisi jättää viisi vuotta (Farmit, 2016). Viljelykierto johtuu rypsiä vaivaavista taudeista, kuten möhöjuuri ja pahkahome (Hartikainen, i.a., s.16). Viljelykierron pitkä vuosiväli huonontaa viljeltävyyttä, sillä tilalla on omaa maata noin 30 hehtaaria, ja tavoiteltu sato vaatii lähes kahdeksan hehtaaria. Tilan viljelyala riittäisi siis kolmeen täyden sadon vuoteen ja neljäntenä vuonna olisi käytössä hieman yli kuusi hehtaaria. Asiaa voitaisiin korjata vuokraamalla lisää maata tai viljelemällä suurempia aloja kerralla. Asiaa hankaloittaa myös se, etteivät tilan kaikki lohkot

välttämättä sovellu rypsin viljelylle, jolloin viljelykiertoon soveltuva ala on todennäköisesti vielä pienempi.

## 5 LAITTEISTON VALINTA

### 5.1 Biodiesel-laitteisto

Erämaavirta Oy:n Esterix 350-laitteisto maksaa ilman arvonlisäveroa 9900 €. Tuotteen myyjän mukaan tavoitellulla 4000 litran vuosituotannolla takaisinmaksuaika tulee olemaan pitkä. Esterix 350-laitteistolla olisi teoriassa mahdollista päästä 15000 litran vuosituotantoon, jolloin takaisinmaksuaika lyhentyisi. Tilalla ei kuitenkaan olisi käyttöä näin suurelle tuotantomäärälle. Kuvassa 9 on nähtävillä biodiesel-laitteisto, jollainen on käytössä Wisconsinin yliopistolla.



Kuva 9. Biodiesel-laitteisto Wisconsinin yliopistossa (Morse, 2006).

Jo aiemmin on todettu tilalta löytyvän suuria käytöstä poistettuja maitotankkeja, joita voitaisiin hyödyntää suunniteltaessa oma biodiesel-laitteisto. Oman laitteiston rakentamisella alkuiinvestointia saataisiin pienennettyä merkittävästi ja siten takaisinmaksuaikoja lyhennettyä. Näin pieni vuosituotantomäärä maksaisi tällöin itsensä takaisin nopeammin.

## 5.2 Puristuslaitteisto

Jotta rypsin siemenien sisältämä öljy saadaan erotettua jalostusta varten, on siemenet käsiteltävä puristuslaitteella. Puristuslaitteistoja on laajalti saatavilla, ja esimerkiksi pienehkö 20 kg tunnissa käsittelevä Szimmetria OP11-F-puristin maksaa 6250 € (Biottori, 2024). Tällä puristimella suunnitellun sadon puristamiseen täydellä teholla kuluu aikaa noin 730 tuntia. Tällöin sähköä kuluisi noin 1100 kWh. Suurempi, 40 kg tunnissa käsittelevä, puristin selviytyisi urakasta puolet nopeammin. Sähköä kuluisi kuitenkin yhtä paljon, sillä suurempi puristin on varustettu teholtaan kaksinkertaisella moottorilla. Kuvassa 10 on nähtävillä suurempi 40 kg tunnissa käsittelevä puristin, jonka hinta on 9889 €.



Kuva 10. Szimmetria OP222-F-öljypuristin (Biottori, 2024).

Oman puristimen rakentaminen toisi paljon säästöä, mutta sen rakentaminen vaatisi paljon suunnittelua ja resursseja. Käytettyjä laitteita ei puolestaan ollut saatavilla opinnäytetyön kirjoitushetkellä. Käytetyn puristimen kanssa myös korjauskulut voivat kasvaa. Lisäksi mahdollinen rikkoutuminen aiheuttaisi viivästyksiä jo muutenkin aikaa vievään prosessiin. Investointilaskelmia varten laitteistoksi valittiin Esterix 350 ja Szimmetria OP222-F.

## 6 INVESTOINTILASKELMAT

Aina kun yritykselle ollaan tekemässä hankintoja, tulee suorittaa laskelmia, jotta voidaan päätellä, onko investointi kannattava ja tuottaako se yritykselle lisäarvoa (Koltola, ym., 2022). Investoinnin kannattavuus on yritykselle ensisijaisen tärkeää tietoa. Investointilaskelmia voidaan tehdä monella tavalla ja yksinkertaisin tapa on tehdä se korottoman maksuajan menetelmällä. Investoinnin kannattavuuden arvioinnissa käytetään korottoman takaisinmaksuajan lisäksi myös korollista takaisinmaksuaikaa, jolloin investoinnin tuottoa voidaan paremmin arvioida.

Biodieselin jalostuskuluja laskettaessa on käytetty metanolin osalta litrahintaa 1,4 € (masterchem, i.a.). Tämä litrahinta koskee 25 litran pakkauskokoja. Suurempiakin kokoja on saatavilla, mutta niiden hinnat eivät ole suoraan esillä, vaan niitä on pyydetävä erikseen. Katalyyttinä käytettävä lipeä maksaa 147 € ja pakkauskoko on 25 kg (Mesimestari, i.a.). Sähkön hinnaksi asetettiin 10 senttiä/kWh, sillä osa sähköstä pystytään tuottamaan tilan aurinkopaneeleilla.

Prosessin sähkönkulutus arvioitiin kaavalla:

$$Q = (\rho \times c \times V \times (t_2 - t_1)) / 3600 \quad (4)$$

, missä

- Q on energian kulutus kWh
- $\rho$  on öljyn tiheys
- c on öljyn ominaislämpökapasiteetti
- V on öljyn määrä
- $t_1$  on öljyn alkulämpötila
- $t_2$  on öljyn loppulämpötila
- 3600 on muuntokerroin kilojouleista kilowattitunneiksi.

Kaava 4 kertoo, miten paljon energiaa tarvitaan saavuttamaan biodieselreaktion vaatima 60 asteen lämpötila. Lämpöhäviöitä ja lämpötilan ylläpitoa ei huomioitu, joten todellinen

sähkökulutus on suurempi. Lisäksi arvoitiin myös muutaman kymmenen kilowattitunnin kulutus seoksen sekoittamiselle.

Toiminnan taloudellista kannattavuutta laskettaessa tulee myös huomioida, mikä rypsisadon arvo olisi, jos sato myytäisiin kuivauksen jälkeen pois, kuten perinteisessä maanviljelyssä. Taulukosta 5 nähdään rypsin tonnihinnan vaihtelevan välillä 440–476 €.

Taulukko 5. Rypsin ja rapsin tonnihinnat (Vilja-alan yhteistyöryhmä, 2024).

Rypsi ja rapsi				
23.9.2024 vk 39				
Ostaja	Alue	€/tn	Toimitusajankohta	Termiini €/tn
Apetit	Kirkkonummi	467	marras-joulukuu	475
Kinnusen Mylly	Utajärvi (rypsi)	440		
Nordic Soya	Uusikaupunki	476	loka-marraskuu	476

Luvussa 4.1 mainittu 15350 kg:n tavoitesato olisi taulukon 5 tonnihinnoilla arvoltaan noin 6800–7300 euroa. Sadon arvolla voidaan ostaa esimerkiksi 1,2 euron litrahintaista polttoöljyä noin 5600–6100 litraa. Valmista rypsi biodieseliä syntyisi tästä sadosta arvion mukaan noin 4000 litraa, eli 1600–2100 litraa vähemmän. Alempana on suoritettu laskelmia, joissa vertaillaan tarkemmin sadon arvoa käyttötavan mukaan.

Puristuksen sivutuotteena saatu rypsi rouhe on mahdollista käyttää eläinten rehuksi. Koska tilalla ei enää ole omaa karjaa, voidaan rouhe myydä. Rypsi rouheen hinta on 433,2 €/tonni (Maatalouskauppa iso-karhu, 2024). Luvussa 4.1 on todettu, että puristamalla sadosta saadaan 25 % öljyä, jolloin rypsi rouhetta syntyy vastaavasti 75 %. Aiemmin mainitusta sadosta syntyy rouhetta siis 11512 kg. Rouheen myyntiarvo olisi tällöin 4987 €. Rouheen jatkokäytöstä olisi syytä tehdä jatkotutkimusta, jossa selvitetäisiin muun muassa lupakysymyksiä.

## 6.1 Koroton ja korollinen takaisinmaksuajanmenetelmä

Investoinnin kannattavuutta tarkasteltiin laskemalla investoinnille sekä korottomat että korolliset takaisinmaksuajat. Korkoprosenttina käytettiin yleisesti investointilaskelmissa esiintyvää 10 prosenttia. Alla ovat kaavat, joiden avulla investointikustannukset laskettiin.

Koroton takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla

$$k/vt=TMA \quad (5)$$

, missä

k on investointikustannus

vt on vuosituotto

TMA on takaisinmaksuaika (Kolttola, ym., 2022).

Korollinen takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla

$$t*((1+i)^n-1)/(i*(1+i)^n)=k \quad (6)$$

, missä

t on investoinnin vuosituotto

i on korkoprosentti

n on takaisinmaksuaika

k on investointikustannus (Kolttola, ym., 2022).

## 6.2 Viljelyn kannattavuus laskelma

Kaavat 5 ja 6 syötettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Näin oli mahdollista tutkia kannattavuutta useilla erilaisilla lähtöarvoilla. Rypsisadon myyntihintana käytettiin taulukon 5 keskiarvohintaa. Viljelyn kustannusten kulurakenne on yksityiskohtaisemmin selvitetty luvussa 4. Kannattavuutta tarkasteltiin siten, että myyntituloista vähennettiin polttoainekustannukset ja viljelyn kustannukset. Biodieseltuotannossa tuloja saatiin rypsirouheeseen

myynnistä, josta vähennettiin kaikki biodieselin valmistuskulut sekä viljelykulut. Polttoöljyn hintana käytettiin Teboilin kesälaatua, sillä se oli halvinta, arvoltaan 1,2409 €/litra (Peltola, 2023). Polttoöljyn litrahinnasta tehtiin lisäksi 10,33 sentin vähennys, jota maatalousyrittäjän on mahdollista hakea.

Laskelmissa käytettiin seuraavia lähtöarvoja:

- viljelyn kustannukset ostetulla polttoöljyllä 805 €
- viljelyn kustannukset omalla biodieselillä 722 €
- metanolin litrahinta 1,4 €
- katalyytin kilohinta 5,88 €
- sähkön hinta 0,1 €/kWh
- verot biopolttoöljy 0,2758 €/litra
- polttoöljyn vertailuhinta 1,1376 €/litra
- rypsisadon myyntihinta 461 €/tonni
- rypsirouheen myyntihinta 433 €/tonni
- Esterix 350-laitteiston hinta 9900 €
- Szimmetria OP222-F-öljypuristimen hinta 9889 €.

Laskelmista nähtiin, että ensimmäinen biodieseltuotantovuosi tuottaa tappiota noin 41 €. Toisena tuotantovuonna tehdään voittoa 37 € ja kolmannen vuoden tuotto on 42 €. Kolmannen vuoden jälkeen tuotto ei enää kasva, sillä tuotetun biodieselin litrahinta vakiintuu 81 senttiin. Vuosituotolla 42 € lähes 20000 € maksavat laitteet maksavat itsensä takaisin reilussa 420 vuodessa korottomalla takaisinmaksuajalla. On selvää, ettei tämän kaltainen investointi ole yritykselle kannattava.

Korollisen takaisinmaksuajan laskuissa käytettiin samoja lähtöarvoja kuin aiemmissa korottoman takaisinmaksuajan laskuissa. Laskelmissa käytettiin korkokantaa 10 %. Mielenkiintoinen havainto on, että tällä korkoprosentilla takaisinmaksuaika lähestyy ääretöntä. Voimme siis päätellä, ettei investointi ole yritykselle kannattava. Vasta kun annamme korkoksi 0,1 %, saadaan laskelmasta tulos, takaisinmaksuaika on tällöin 637 vuotta. Molempien laskelmien tulokset näkyvät taulukosta 6.

Taulukko 6. Biodieseltuotannon takaisinmaksuajat 3. tuotantovuotena.

	M	N	O	P	Q
Sadon arvo biodiesel tuotannon jälkeen					1762,57
Sadon arvo 4000 litran polttoöljy oston jälkeen					1720,50
Sadon arvo biodieselinä vs suoramyyntinä					42,07
Laitteiston koroton TMA vuotta					470,35
Laitteiston korollinen TMA vuotta					∞

### 6.3 Ihannetilanne 1

Investoinnin kannattavuus päätettiin laskea myös ihannetilanteilla, jolloin koko prosessin sähkö saadaan tuotettua aurinkopaneeleilla ja metanoli hankitaan aiempaa edullisemmin. Polttoöljyn vertailuhinnasta ei tällöin myöskään tehty mahdollista 10,33 sentin vähennystä. Rypsisadon myynti- ja rypsirouheen hinnat säilytettiin samoina kuin aiemmissa laskelmissa. Lisäksi päätettiin käyttää omatekoista biodiesellaitteistoa, jolloin investointikustannukseksi jäi ainoastaan öljypuristin.

Ihannetilanteen 1 lähtöarvot olivat:

- viljelyn kustannukset ostetulla polttoöljyllä 831 €
- viljelyn kustannukset omalla biodieselillä 689 €
- metanolin litrahinta 0,99 €
- katalyytin kilohinta 5,88 €
- sähkön hinta 0 €/kWh
- verot biopolttoöljy 0,2758 €/litra
- polttoöljyn vertailuhinta 1,2409 €/litra
- rypsisadon myyntihinta 461 €/tonni
- rypsirouheen myyntihinta 433 €/tonni
- Szimmetria OP222-F-öljypuristimen hinta 9889 €.

Koroton takaisinmaksuaika on tässä ihannetilanteessa jo kohtalainen 10 vuotta. Korollinen takaisinmaksuaika on kuitenkin edelleen aivan liian pitkä, jotta investointia voitaisiin kutsua kannattavaksi. Laskelmien tulokset nähdään taulukosta 7.

Taulukko 7. Ihannetilanteen 1 takaisinmaksuajat.

	M	N	O	P	Q
Sadon arvo biodiesel tuotannon jälkeen					2270,85
Sadon arvo 4000 litran polttoöljy oston jälkeen					1281,13
Sadon arvo biodieselinä vs suoramyyntinä					989,72
Laitteiston koroton TMA vuotta					9,99
Laitteiston korollinen TMA vuotta					74,39

#### 6.4 Ihannetilanne 2

Ihannetilanteessa 2 tarkasteltiin takaisinmaksuaikoja rypsisadon tonnihinnan laskiessa nykytilanteesta 10 %. Muut lähtöarvot pidettiin samoina kuin ihannetilanteessa 1. Laskelman tulos nähdään taulukosta 8.

Taulukko 8. Ihannetilanteen 2 takaisinmaksuajat.

	M	N	O	P	Q
Sadon arvo biodiesel tuotannon jälkeen					2270,85
Sadon arvo 4000 litran polttoöljy oston jälkeen					573,51
Sadon arvo biodieselinä vs suoramyyntinä					1697,34
Laitteiston koroton TMA vuotta					5,83
Laitteiston korollinen TMA vuotta					9,17

Rypsin tonnihinnan putoaminen 10 % tekee investoinnista melko kannattavan. Koroton maksuaika on alle kuusi vuotta ja korollinenkin vain runsaat yhdeksän vuotta. Pitää

kuitenkin muistaa, että kyseessä on keinotekoisesti luotu ideaalitilanne, jossa polttoöljystä ei ole haettu palautusta, ja metanoli on pystytty ostamaan markkina-arvoa alemmalla hinnalla.

## 6.5 Kierrätysöljyn käyttö

Lopuksi päätettiin tutkia biodieselin valmistamista kierrätysöljystä. Tällöin jää pois vertailuista viljelyn kustannukset, rypsisadon myynnistä saatava tulo, öljypuristimen hankinta ja rypsirouheen myynti. Vertailemme siis ainoastaan valmistetun biodieselin kuluja ostettuun polttoaineeseen nähden. Aiemmista laskelmista poiketen otettiin huomioon myös biodieselin käyttäminen tieliikenteessä. Kierrätysöljyn keräilystä koituvat kustannukset on täysin arvioitu ja ne voivat poiketa todellisista kustannuksista. Keräilykuluja arvioitiin niin, että keräily tehdään bensiinikäyttöisellä autolla 24 kertaa vuoden aikana keräilylenkin pituuden ollessa 180 kilometriä. Auton keskikulutukseksi arvioitiin 6,5 litraa sadalle kilometrille ja yhdellä keräilykerralla öljyä saatiin 175 litraa. Näin saatiin yhteensä noin 4000 litraa kierrätysöljyä, jolloin voidaan vertailla kustannuksia aiempiin viljelemällä tuotettuihin arvoihin.

Kierrätysöljylaskelmissa käytetyt muuttujat olivat:

- öljyn keräilystä koituvat kustannukset 511 €
- metanolin litrahinta 1,4 €
- katalyytin kilohinta 5,88 €
- sähkön hinta 0,1 €/kWh
- verot biopolttoöljy 0,2758 €/litra ja diesel 0,5017 €/litra
- polttoöljyn vertailu hinta 1,1376 €/litra
- dieselin vertailu hinta 1,751 €/litra
- Esterix 350-laitteiston hinta 9900 €.

Laskelmat tehtiin jälleen Excelillä samoilla laskukaavoilla kuin aiemmin. Nyt taloudellinen kannattavuus arvioitiin vertaamalla valmistetun biodieselin hintaa polttoöljyn sekä dieselin hintoihin. Dieselin vertailuhintana käytettiin polttoaine.net verkkosivun päivän keskihintaa (polttoaine.net, 2024). Polttoöljyn hinta oli sama kuin aiemmissa laskuissa, ja sen litrahinnasta tehtiin jälleen maatalouskäytön mahdollistama 10,33 sentin vähennys. Koroton ja korollinen takaisinmaksuaika nähdään taulukosta 9.

Taulukko 9. Kierrätysöljyn kannattavuuslaskelma.

Valmiin biodieselin määrä litraa	3990
Kulut yhteensä € (biopolttoöljy)	2891,35
Kulut yhteensä € (liikennekäyttö)	3792,70
Litrahinta € (biopolttoöljy)	0,725
Litrahinta € (liikennekäyttö)	0,951
Polttoöljyvertailuhinta €/l	1,1376
Diesel vertailuhinta €/l	1,751
Säästö vuodessa (biopolttoöljy) €	1647,67
Säästö vuodessa (liikennekäyttö) €	3193,79
Laitteiston koroton TMA vuotta (biopolttoöljy)	6,01
Laitteiston koroton TMA vuotta (liikennekäyttö)	3,10
Korollinen TMA vuotta (biopolttoöljy)	9,64
Korollinen TMA vuotta (liikennekäyttö)	3,89
Esterix 350 arvo €	9900

Taulukosta 9 voidaan nähdä, että kierrätysöljyn käyttäminen on kannattavaa sekä ilman korkoa että korko huomioiden. Kierrätysöljyn käyttäminen biodieselin valmistamiseen on siis kannattavaa nykyisillä raaka-aineiden ja polttoaineiden hinnoilla. Kannattavinta sen käyttö olisi tieliikenteessä, ei tavoitellussa maatalouskäytössä. Yrityksellä ei kuitenkaan ole tällä hetkellä käytössään yhtään dieselkäyttöistä henkilö- tai pakettiautoa. Kannattavuus lisääntyisi entisestään, mikäli öljyn keräilyyn voitaisiin käyttää pienikulutuksista dieselautoa ja omaa biodieseliä. On kuitenkin hyvä muistaa, että keräilyyn kustannukset on täysin arvioitu ja kierrätysöljyn saatavuus on epävarmaa. Laskelmia tehtiin myös noin puolet pienemmällä öljymäärällä, jolloin havaittiin, että polttoöljykytössä korollinen takaisinmaksuaika lähestyi jälleen ääretöntä.

## 7 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin selville, miten biodieselprosessi toimii teoriassa. Lisäksi selvitettiin laitteiston hienosäätöä ja vaikutuksia polttoainetta käyttäville koneille. Suurin huoli on koneiden kulumisen huonolaatuisen polttoaineen vuoksi. Tilan koneet ovat kuitenkin perinteisiä tekniikaltaan, joten ne sietävät polttoainelaadun vaihtelua paremmin. Erityisen hyvin biodiesel käyttö soveltuu Ford 6610-traktoriin, sillä sen rivityyppinen ruiskutuspumppu saa voitelunsa suurimmaksi osaksi moottoriöljystä. Muiden koneiden jakajapumpputyypiset ruiskutuspumput nojaavat täysin polttoaineen voiteluominaisuuksiin. Polttoainelaitteiston huoltoväliä on siis syytä lyhentää, jotta mahdolliset rikkoutumiset voidaan välttää mahdollisimman tehokkaasti. Biodieselin voitelevuutta voitaisiin myös lisätä sekoittamalla siihen hieman kaksitahtiöljyä, jolloin sen polttoainelaitteistoa kuluttavaa vaikutusta voitaisiin pienentää.

Luvun 6 kannattavuuslaskelmissa oman työn osuutta ei ole huomioitu. Oman työn huomioiminen vähentäisi kaikkien tuotantotapojen tuottoa. Biodieselin valmistus on aikaa vievää, ja luvussa 5.2 todettiin, että pienemmällä puristimella pelkkään öljyn puristamiseen kuluisi aikaa yli 700 tuntia. Laitisen (2022) mukaan yhden 500 litran erän valmistukseen kuluu aikaa 4–5 päivää, josta sitovaa työaikaa on noin 2–3 tuntia, joten biodieselprosessi itsessään ei ole valtavan työllistävä. Koska biodieseltuotannosta koituu enemmän työtä kuin rypsisadon suorasta myymisestä, vähentää työmäärän huomioiminen biodieseltuotannon kannattavuutta entisestään suhteessa sadon myymiseen suoraan. Toisaalta rypsinsemiä saatava myyntitulo riippuu myös sadon laadusta, jolloin välttämättä ei saada täyttä tonnihintaa satoa myydessä. Sadon laatu tai esimerkiksi roskaisuus ei haittaa niin paljon, jos sato käytetään biodieselin tuotantoon. Laadulla on toki merkitystä myös tällöin, sillä huonosta sadosta saadaan vähemmän öljyä.

Kannattavuuteen vaikuttavia muuttujia on useita, joten lopullisen päätelmän tekeminen on vaikeaa. Suurin yksittäinen kuluerä biodieselin valmistuksessa on metanoli, joka muodostaa litrahinnasta 29,5 senttiä. Seuraavaksi suurin kuluerä on vero, jota on maksettava jokaisesta litrasta 27,58 senttiä. Veroon ei voi vaikuttaa, mutta metanolin hintaa voitaisiin yrittää laskea kilpailuttamalla. Laitisen (2022) mukaan sähkö, vesi ja kemikaalit muodostavat litrahinnasta yhteensä 35 senttiä, joten voidaan olettaa, että metanolia on saatavilla

myös huomattavasti edullisemmin. Monet sivustot eivät kuitenkaan näytä suoraan hintoja isoille metanolierille. Osa ei myöskään toimita metanolia maansa ulkopuolelle.

Luvussa 5 esiteltyt Szimmetria-rypsipuristin ja Esterix-biodiesellaitteisto maksavat yhteensä 19789 €. Laitteet eivät käytännössä maksa itseään koskaan takaisin. Ainoastaan nousevat polttoaineiden hinnat voisivat järkevöittää investoinnin takaisinmaksuaikoja. Tällä hetkellä kuitenkin eläkeikää lähestyvien yrittäjien ei kannata lähteä sijoittamaan toimintaan. Mikäli polttoaineiden hinnat tulevaisuudessa nousisivat rajusti, olisi laskelmia syytä suorittaa uudelleen. Alkuinvestointi on kuitenkin niin suuri, ettei aivan pienistä hinnannousuista kannata lähteä sijoittamaan tuotantoon. Laitteistojen oma valmistaminen voisi olla avain toiminnan käynnistämiseen myös pienemmillä katteilla.

Biodieseltuotanto olisi kannattavaa, mikäli valmistukseen käytettäisiin kierrätysöljyä. Tällöin erillistä rypsipuristinta ei tarvitsisi hankkia, jolloin alkuinvestointi puolittuisi. Lisäksi merkittävää säästöä tulisi rypsin viljelyn puuttuessa. Myös riskit pienenisivät, sillä enää ei esimerkiksi sää vaikuttaisi raaka-aineen saatavuuteen. Ongelmaksi muodostuisi kuitenkin pienellä paikkakunnalla raaka-aineen saatavuus.

## 8 YHTEENVETO JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli biodieseltuotannon suunnittelu maatilalle ja sen kannattavuuden tarkastelu. Työ onnistui kohtuullisen hyvin, mutta aikaa työhön kului suunniteltua kauemmin. Työtä tehtiin oman työn ohessa, joten aikaa työn tekemiselle jäi vähän. Lopputulos on kuitenkin onnistunut ja työtä voidaan hyödyntää tilalla tulevaisuudessa.

Työn aiheen syntyhetkellä polttoaineiden hinnat olivat ennätyskorkealla, mutta ne kuitenkin laskivat työn aikana, joten rypsiöljyn tuottamisen taloudellinen hyöty on kuihtunut olemattomiin. Mikäli polttoaineiden hinnat tulevaisuudessa nousevat takaisin korkeisiin hintoihin, on tuotannon kannattavuus arvioitava uudelleen. Heilahtelevat hinnat tekevät kuitenkin suuren alkupääoman vaativan investoinnin riskialttiiksi. On turhaa investoida tuotantoon, joka saattaa jo seuraavana vuonna olla merkittävän tappiollista.

Biodiesel-polttoaineen käyttöä olisi mielenkiintoista tutkia enemmän myös tieliikennepuolella. Kuinka sen käyttö vaikuttaisi henkilöauton ajettavuuteen? Voisiko sen käytöllä alen-  
taa autoilun kustannuksia? Tulevaisuuden tutkimuskohteena voisi olla myös biodieselin valmistus myyntiä varten. Lisäksi olisi hyvä perehtyä kierrätysöljyn hankintaan ja käyttöön paremmin.

Tutkittavia kohteita olisivat esimerkiksi:

- jäätymispiste
- säilyvyys
- polttoainetalous
- vaikutus päästöihin
- voitelevuus
- vikaherkkyys
- sadon laadun vaikutus öljymäärään.

Työn tuloksena biodieselin valmistaminen omalla pellolla viljelystä rypsistä ei ole kannattavaa. Muuttujia, jotka vaikuttavat kannattavuuteen on todella paljon. Nykyisillä polttoöljyn hinnoilla tuotanto ei olisi teoriassa tappiollista, mutta se ei myöskään koskaan maksaisi alkuiinvestointia takaisin. Mikäli raaka-aineiden ja myytävien polttoaineiden hinnat pysyisivät

nykytasolla, biodieseltuotantolaitteet eivät maksaisi itseään koskaan takaisin. Polttoaineiden hintojen olisi noustava paljon, jotta tuotanto kannattaisi. Polttoaineiden nousseet hinnat heijastuisivat kuitenkin todennäköisesti myös prosessissa tarvittavien kemikaalien hintoihin. Laitteiston vaatima suuri alkuinvestointi on liian suuri riski näin epävarmassa ja herkässä tilanteessa. Myös rypsin vaatima 4–6 vuoden viljelykierto hankaloittaa asiaa. Nykytilanteessa ainoastaan biodieselin tuottaminen kierrätysöljystä olisi taloudellisesti kannattavaa.

## LÄHTEET

- Agro-tuonti. (i.a.). *Kevättrypsi Synthia, peittaamaton 3yks./sk.* <https://agro-tuonti.fi/tuote/kevatrypsi-synthia-peittaamaton/>
- Alavuden Öljynpuristamo. (12.3.2024). *Rypsin viljelyohjeet.* <https://alavudenoljynpuristamo.fi/wp-content/uploads/2024/03/Rypsin-viljelyohje-2024.pdf>
- Biottori. (2024). <https://www.biottori.fi/tuote/szimmetria-op222-f-oljynpuristin>
- Blomberg, J., Kinnunen, M., Kotovuori, J., & Pöksyläinen, L. (18.4.2019). *Rypsiöljyn käyttö polttoaineena maatilalla kannattaa.* Maaseudun Tulevaisuus. <https://www.maaseudun-tulevaisuus.fi/mielipide/518a1370-dd45-57de-b6bd-5bb2fc0d2797>
- Denso. (i.a.). *Diesel Fuel Injection Products: Common Rail System.* <https://www.denso.com/vn/en/business/vietnam-parts-accessories/automotive-service-parts/diesel-fuel-injection/>
- Diesel bombers. (2009). *Bosch VE-pumpun poikkileikkauskuva.* <https://www.dieselbombers.com/1st-generation-dodge-cummins-89-93/21942-bosch-ve-pump-operation.html>
- Erämaavirta. (i.a.). *ESTERIX laitteet biodieselin valmistukseen sekä biodiesel-koulutus.* <https://www.eramaavirta.com/>
- E-zoil. (i.a.). *Diesel engine basics.* <https://www.ezoil.com/resources-diesel-diesel-engine-basics>
- FAI autoparts. (i.a.). *Lucas glow plugs.* <https://www.faiauto.com/parts/fai-glow-plugs/>
- Tanwar M., Tanwar P., Bhand Y., Bhand S., Jadhav K. & Bhand S. (2024). Biofuels: Production and Properties as Substitute Fuels. Teoksessa I. Fattah (toim.), *Advanced Biodiesels: Technological Advances, Challenges, and Sustainability Considerations* (s. 3-31). IntechOpen. [https://mts.intechopen.com/storage/books/12050/authors\\_book/authors\\_book.pdf](https://mts.intechopen.com/storage/books/12050/authors_book/authors_book.pdf)
- Goldfarb, S. (5.1.2024a). *How does a diesel injection pump work?* Goldfarb & Associates. [https://goldfarbinc.com/blogs/news/how-does-a-diesel-injection-pump-work?srsltidgok=Afm-BOorRM9As5A4PeNUQ2qqUwtT3Y8W9lCsrl\\_4X3f6FDduKH5O8BZct](https://goldfarbinc.com/blogs/news/how-does-a-diesel-injection-pump-work?srsltidgok=Afm-BOorRM9As5A4PeNUQ2qqUwtT3Y8W9lCsrl_4X3f6FDduKH5O8BZct)
- Goldfarb, S. (6.3.2024b). *What is a rotary injection pump?* Goldfarb & Associates. <https://goldfarbinc.com/blogs/news/what-is-a-rotary-injection-pump?srsltid=Afm-BOooTC8H920-l7CGzpqGjnfjAxzuT-RQ8TljpcIpb4tGD0XW3A0XV>

- Hartikainen, P. (i.a.). *Rypsin viljely*. ProAgria Pohjois-Karjala. [https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/rypsiainesto\\_kooste\\_1\\_11\\_ph.pdf](https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/rypsiainesto_kooste_1_11_ph.pdf)
- Hielscher. (i.a.). *Biodiesel Production & Biodiesel Conversion*. [https://www.hielscher.com/biodiesel\\_transesterification\\_01.htm](https://www.hielscher.com/biodiesel_transesterification_01.htm)
- Kervinen, M., & Parkkila, I. (2005). *Fysiikka: Mekaniikka ja termodynamiikka*. Teoksessa R. Andersson (toim.), *Maol taulukot*. (s. 65–128). Otava.
- Khair, M., & Jääskeläinen, H. (2010). *Unit injector & unit pump systems*. Dieselnet. [https://dieselnet.com/tech/diesel\\_fi\\_ui.php](https://dieselnet.com/tech/diesel_fi_ui.php)
- Kolttola, E., Pösö, J., & Saaranen, P. (2022). *Liike-elämän matematiikka*. Edita.
- Konedata. (i.a.). *Massey-Ferguson 130–148*. [https://konedata.net/traktorit/massey-ferguson/massey-ferguson-130-148/?\\_gl=1\\*az12n0\\*\\_ga\\*MTQ0NTU4MTI0MC4xNzA3MzgxMDQ4\\*\\_ga\\_S92LN3BZN2\\*MTcxMjU2Nzk0Mi4zLjEuMTcxMjU2Nzk1MC4wLjAuMA..](https://konedata.net/traktorit/massey-ferguson/massey-ferguson-130-148/?_gl=1*az12n0*_ga*MTQ0NTU4MTI0MC4xNzA3MzgxMDQ4*_ga_S92LN3BZN2*MTcxMjU2Nzk0Mi4zLjEuMTcxMjU2Nzk1MC4wLjAuMA..)
- Konepörssin toimitus. (1.7.2015). *Biokaasutraktorin uusi sukupolvi*. Konepörssi. <https://koneporssi.com/maa-ja-metsatalous/biokaasutraktorin-uusi-sukupolvi/>
- Kuljetusliike J. Lintala. (17.4.2024). *Laske polttoainetilauksen hinta laskurilla*. [https://polttoainetilaus.fi/?gad\\_source=1&qclid=CjwKCAjw5v2wBhBrEiwAXDDoJT-puRA9L8Ca6uKGV9K5dA\\_LVf3xDZSK6lwCqDGNgXn6SR3ach1yPGBocn04QAvD\\_BwE](https://polttoainetilaus.fi/?gad_source=1&qclid=CjwKCAjw5v2wBhBrEiwAXDDoJT-puRA9L8Ca6uKGV9K5dA_LVf3xDZSK6lwCqDGNgXn6SR3ach1yPGBocn04QAvD_BwE)
- Laitinen, A. (2008). *Maatilyrittäjän RME-biodieselin laadunhallinta* [AMK-opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:jamk-1212485708-6>
- Laitinen, J. (3.5.2022). Ville Erämaavirta keittää itse biodieseliä autonsa polttoaineeksi ja kotinsa lämmitykseen. Seura. [https://seura.fi/asiat/tutkivat/ville-eramaavirta-keittaa-itse-biodieseliä-autonsa-polttoaineeksi-ja-kotinsa-lammitykseen/?utm\\_medium=Social&utm\\_source=Facebook&fbclid=IwAR2TFP002gxcf7v\\_HdI3vUIt0ENvBKYmS-bKmQGGFIJ1X9pz-lbb18b0Ovhs#Echobox=1706278048](https://seura.fi/asiat/tutkivat/ville-eramaavirta-keittaa-itse-biodieseliä-autonsa-polttoaineeksi-ja-kotinsa-lammitykseen/?utm_medium=Social&utm_source=Facebook&fbclid=IwAR2TFP002gxcf7v_HdI3vUIt0ENvBKYmS-bKmQGGFIJ1X9pz-lbb18b0Ovhs#Echobox=1706278048)
- Lannoitetukku. (i.a.). <https://lannoitetukku.fi/YaraBela-RIKKISALPIETARI-Se-N26-S8-p561344865>
- Maatalouskauppa Iso-Karhu. (2024). *Mureistettu rypsirouhe seosruokintaan*. <https://www.maatalousisokarhu.fi/verkkokauppa/rypsirouhe-satamarypsi>
- Maatalousurakointi. (i.a.). *Hinnasto*. <https://www.maatalousurakointi.fi/hinnasto/>
- Marchetti, J., M. (2010). *Biodiesel Production Technologies*. Nova Science Publishers.

- Masterchem. (i.a.). *Metanoli (CAS 67-56-1)*. <https://masterchem.fi/tuote/metanoli-cas-67-56-1/>
- Mesimestari. (i.a.). *Lipeä säkki 25 kg*. <https://www.mesi.fi/tuote/lipea-sakki/>
- Morse. (2006). *Emerging biodiesel market "fueled" increased gas prices, creating a HUGE demand for drum heaters*. <https://morsedrum.com/biodiesel-reactor>
- MS Motorservice International. (i.a.). *Throttle valves and regulating throttles what is the difference?* <https://www.ms-motorservice.com/int/en/technipedia/throttle-valves-and-regulating-throttles-568>
- Nissan motor. (1988). *Engine fuel & emission control system*. Nissan Patrol GR service manual.
- Palva, R. (2022). *Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat 2022*. Työteho-seura. <https://www.tts.fi/wp-content/uploads/2023/10/Konetyon-kustannukset-ja-tilastolliset-urakointihinnat-2022.pdf>
- Peanut company of Australia. (i.a.). *Peanut-powered tractors?* <https://pca.com.au/pca-profile/history-of-the-peanut-industry/peanut-powered-tractors/>
- Peltola, J. (2023). *Tarkastele päivän polttoöljyn hintoja*. <https://xn--p-1qa.fi/>
- Perkins. (i.a.). *Diesel common rail direct injection (CRDI) and its benefits*. [https://www.perkins.com/en\\_GB/resources/useful-information/common-rail.html](https://www.perkins.com/en_GB/resources/useful-information/common-rail.html)
- Polttoaine.net. (24.10.2024). <https://www.polttoaine.net/>
- Ruokavirasto. (10.4.2024). *Erikoiskasvipalkkio*. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/peltotuet/erikoiskasvipalkkio/>
- Seletron. (4.4.2022). *How diesel inline pumps work*. [https://seletron.com/en/news/103\\_how-inline-diesel-injection-pumps-works](https://seletron.com/en/news/103_how-inline-diesel-injection-pumps-works)
- Springboard biodiesel. (i.a.). *Biodiesel FAQ's*. <https://www.springboardbiodiesel.com/library/biodiesel-frequently-asked-questions>
- Tilasiemen. (i.a.). *Viralliset lajikkeet: Kevättrypsi 2016–2023*. Synthia. <https://www.tilasiemen.fi/fi/lajikkeet/kev%C3%A4trypsi/synthia>
- Universal technical institute. (30.12.2020). *Diesel Engine History & Invention*. <https://www.uti.edu/blog/diesel/diesel-engine-history>

Universal technical institute. (14.4.2024). *4-Stroke Engines: What Are They and How Do They Work?* <https://www.uti.edu/blog/motorcycle/how-4-stroke-engines-work>

Utah biodiesel supply. (i.a.). *The Chemistry of Biodiesel Production*. <https://www.utahbiodieselsupply.com/blog/the-chemistry-of-biodiesel-production/>

Valtra. (2021). *Valtra t5 series tractor brochure*. <https://www.valtra.com/content/dam/Brands/Valtra/en/Products/Brochures/2021/Valtra-t5-series-tractor-brochure-en-screen-2021.pdf>

Verohallinto. (21.12.2023). *Nestemäisten polttoaineiden verotaulukot*. Valmisteverotus. <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/nestemaiset-polttoaineet/verotaulukot/>

Verohallinto. (23.9.2024). *Maatalouden energiaveron palautus*. <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/maatalousyrittaja/energiavero/>

Vilja-alan yhteistyöryhmä (VYR). (23.9.2024). *Kotimaan hinnat*. <https://vyr.fi/markkinatieto/kotimaan-hinnat/>

Viljelijän Berner. (28.8.2014). *Rypsin ja rapsin kuivaus*. Farmit. <https://www.farmit.net/oljykasvit/2014/08/28/rypsin-ja-rapsin-kuivaus>

Viljelijän Berner. (24.3.2016). *Viljelykierto Osa 5 – rypsi ja rapsi mukaan viljelykiertoon*. Farmit. <https://www.farmit.net/kasvinviljely-oljykasvit/2016/03/24/viljelykierto-osa-5-rypsi-ja-rapsi-mukaan-viljelykiertoon>

Yara. (i.a.). *Kevätöljykasvien sato kasvaa lannoittamalla*. <https://www.yara.fi/lannoitus/oljykasvit/oljykasvien-tutkimukset/kevatoljykasvien-sato-nousee-lannoittamalla/>

777 parts. (i.a.). *Spare part 6673157REM NOZZLE, FUEL INJ DEUTZ BF4M1011F (Bobcat)*. <https://777parts.com/bobcat/6673157rem-nozzle-fuel-inj-deutz-bf4m1011f/p138227.html>