



# Rypsibiodieselin (RME) maatilatuotannon kannattavuus

Antto Vihma,  
Esa Aro-Heinilä,  
Marko Sinkkonen



MTT:n selvityksiä 115  
38 s., 4 liitettä

# **Rypsibiodieselin (RME) maatilatuotannon kannattavuus**

Antto Vihma  
Esa Aro-Heinilä  
Marko Sinkkonen

ISBN 952-487-022-3 (Painettu)  
ISBN 952-487-023-1 (Verkkajulkaisu)  
ISSN 1458-509X (Painettu)  
ISSN 1458-5103 (Verkkajulkaisu)  
[www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts115.pdf](http://www.mtt.fi/mmts/pdf/mmts115.pdf)

Copyright

MTT

Antto Vihma, Esa Aro-Heinilä, Marko Sinkkonen

Julkaisija ja kustantaja

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

[www.mtt.fi/mttl](http://www.mtt.fi/mttl)

Jakelu ja myynti

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki

Puhelin (09) 56 080, telekopio (09) 563 1164

sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

Julkaisuvuosi

2006

Painopaikka

Strålfors Information Logistics Oy

Kannen kuva

Tapio Tuomela/MTT:n arkisto

# Rypsibiodieselin (RME) maatilatuotannon kannattavuus

Antto Vihma, Esa Aro-Heinilä ja Marko Sinkkonen

MTT Taloustutkimus, Luutnantintie 13, 00410 Helsinki, antto.vihma@mtt.fi, esa.aro-heinila@mtt.fi, marko.sinkkonen@mtt.fi

## Tiivistelmä

Bioenergialle on asetettu huomattavia toiveita sekä julkisessa keskustelussa että valtionhallinnon työryhmien raporteissa. Erityisesti maatalousperäinen energiantuotanto on nopeasti noussut kiinnostuksen kohteeksi öljyn korkean hinnan sekä maatalous- ja energiapoliittisen kehityksen myötä. Viimeaikaista tutkimusta maatalojen energiantuotannon kannattavuudesta on kuitenkin vähän. Tämän selvityksen tarkoitus on osaltaan täyttää tiedontarvetta maatalouden bioenergian nykyisistä taloudellisista edellytyksistä.

Selvityksessä tarkastellaan pienen mittakaavan rypsibiodieselin (RME) tuotantokustannuksia erilaisilla puristimilla ja esteröintilaitteistoilla. Kuvaus vastaa kevään 2006 hintasuhteita ja kaupallista teknologiaa. Kustannusten lisäksi esitetään arvio rypsin satotasojen kehityksestä ja rypsin viljelyn potentiaalista Suomessa. Sivutuotteiden markkinoita ja taloudellista merkitystä analysoidaan biodieseltuotannon potentiaalinen mahdollisten esteiden selvittämissä.

Kustannustiedot ja prosessitekniset suhteet perustuvat asiantuntija-arvoihin. Hintatiedot ovat pääosin toteutuneita hintoja, muutamat arviot nojaavat aikaisemmin julkaistuihin selvityksiin. Tärkeimmille hinnoille ja parametreille on tehty herkkyystarkastelu (Liitteet).

Selvitys osoittaa, että rypsibiodieselin tuotantokustannukset ovat tällä hetkellä kilpailukykyisiä suurimuotoisessa mittakaavassa. Avainasemassa ovat fossiilisen vaihtoehdon hinnan lisäksi rypsin hinta sekä esteröintiprosessin vaatima ihmistyön määrä. Ajoneuvokäytössä polttoaineveron suuri osuus korostaa biodieselin tuotannon kannattavuuden poliittista ulottuvuutta. Rypsibiodieselin koko tuotantoketjua on myös mahdollista tehostaa, lähtien selvityksessä käytetystä rypsinviljelyn satotasosta (1 500 kg/ha) aina tuotantoteknisiin parannuksiin nykyisissä esteröintilaitteistoissa.

---

*Asiasanat: biopolttoaineet, kannattavuus, rypsi, energiakasvit, maatalous, energiapolitiikka*

---

# Economic viability of farm size biodiesel production

Antto Vihma, Esa Aro-Heinilä and Marko Sinkkonen

MTT Agrifood Research Finland, Economic Research, Luutnantintie 13, FI-00410 Helsinki, Finland,  
antto.vihma@mtt.fi, esa.aro-heinila@mtt.fi, marko.sinkkonen@mtt.fi

## Abstract

Many hopes have been pinned on bioenergy in recent debates and governmental reports. Especially in agricultural context bioenergy is a young concept and phenomenon in public discussion in Finland. The driving forces of the current interest include the high crude oil prices and the recent developments in the EU-wide energy and agricultural policy. Domestic agricultural biofuels are also a field of little updated economic research. This study tackles the subject of economic feasibility of small scale rapeseed oil biodiesel (RME).

The study focuses on production costs of different sizes of farm level technology. It reflects the price relations and commercial technology in spring 2006. The study also analyses the potential of turnip rape, the by-far most important oilseed crop in Finland. Rape cultivation currently faces numerous difficulties, but the potential benefits of its expansion are significant. In order to have a complete assessment, also the markets and economic significance of the main side products (rapemeal and glycerine) are discussed.

The data are based on estimates by manufacturers, biodiesel producers and other experts as well as a survey of recent literature. Most prices are derived from the current market data. A sensitivity analysis was conducted for all the key prices and variables.

The study shows that biodiesel production is economically viable when produced professionally with large quantities. Key factors include the price of a fossil alternative, the price of rapeseed and labour input to the esterification process. When used in transportation, the high proportion of the excise duty of the total price highlights the political dimension of profitable biodiesel production. It is also noted that while some of the estimates used in this study are rather conservative, it is clearly possible to strengthen the whole biodiesel chain, from turnip rape crop yields all the way to technological improvements in the esterification process.

---

*Index words: bio-fuels, economic viability, turnip rape, fuel crops, agriculture, energy policies*

---

## Esipuhe

Tämä selvitys on osa Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa, syksyllä 2005 alkanutta BIOAGRE -hanketta, jossa tarkastellaan maataloilla tapahtuvaa bioenergiatuotannon vaikutuksia aluetalouteen, tuotannon taloudellisia toimintaedellytyksiä, tuotantopotentiaaleja sekä ympäristövaikutuksia. Hanketta koordinoi MTT Taloustutkimus, vastuullinen johtaja on Marko Sinkkonen. Mukana projektissa ovat myös MTT ympäristötutkimus, Oulun yliopiston Thule-instituutti, Suomen ympäristökeskus sekä Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitos. Hankkeen ohjausryhmässä ovat Veli-Pekka Reskola (pj., MMM), Ilpo Mattila (MTK), Marko Nokkala (VTT ja UM) ja Simo Kyllönen (SLL ja HY).

Tutkimusryhmä kiittää BIOAGRE -projektiin osallistuvia tahoja sekä kaikkia tässä selvitystyössä apuaan tarjonneita tutkijoita, toimijoita ja asiantuntijoita.

Helsingissä kesäkuussa 2006

*Antto Vihma*

# Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	7
1.1 Uusi kiinnostus biopolttoaineisiin .....	7
1.2 Rypsi biodiesel (RME) .....	9
1.3 Energiatehokkuus ja ympäristövaikutukset .....	11
2 Rypsi biodieselin tuotantopotentiaali Suomessa .....	14
2.1 Rypsin viljely ja markkinatilanne .....	14
2.2 Rypsin ja rypsiöljyn tuotantopotentiaali .....	17
2.3 Sivutuotteiden markkinat .....	19
3 Rypsi biodieselin tuotantotekniikat ja kustannukset .....	22
3.1 Rypsiöljyn puristus .....	22
3.2 Kasviöljyn suora käyttö .....	25
3.3 Esteröinti .....	26
4 Kustannusvertailu fossiiliseen dieseliin .....	31
5 Johtopäätökset .....	34
Kirjallisuus .....	36
Liitteet	

# 1 Johdanto

## 1.1 Uusi kiinnostus biopolttoaineisiin

Maailman helposti hyödynnettävät öljyvarat ovat supistumassa samaan aikaan, kun Kiinan ja Intian öljynkulutus on voimakkaassa kasvussa. Öljynjalostuskapasiteetti on myös ääri- rajoillaan ja investointihalukkuus uusiin jalostamoihin vähäistä. Edes Yhdysvaltojen öljy- varastojen tuntuva kasvu ei ole totuttuun tapaan vaikuttanut öljymarkkinoiden kireään tasa- painoon hintaa alentavasti. Toisaalta korkea hinta on houkuttellut markkinoille perinteisten toimijoiden lisäksi uusia sijoittajia ja spekulatiivista kysyntää. Tämä saattaa näkyä merkit- täväenä heilahteluna, mikäli hinnat kääntyvät laskuun. Öljyn markkinahinta poikkeaa myös vielä huomattavasti tuotantokustannuksista, joten oletettavaa on, että hinta tulee elämään jatkossa molempiin suuntiin. Pitkäaikaiseen ja tuntuvaan hinnan alenemiseen ei kuitenkaan uskota (Neste Oil 2005; Nupponen 2005; Laaksonen 2006).

Öljylle vaihtoehtoisia polttoaineita on käytetty ja kehitetty jo pitkään. Rudolph Diesel käytti moottorissaan maapähkinäöljyä ja ennakoï biopolttoaineiden nousevan tärkeään asemaan. Toinen autoalan pioneeri Henry Ford puolestaan rakensi jo vuoden 1908 T-mallinsa toimi- maan etanolilla<sup>1</sup>. Vuosisadan alun kiinnostuksen jälkeen raakaöljyn laaja käyttöönotto ja polttoaineiden hintasuhteet keskittivät kaiken huomion fossiilisiin polttoaineisiin.

Uusi biopolttoaineiden kehittämistyö käynnistyi etupäässä ympäristö- ja maatalouspoliit- tisten tavoitteiden myötä parikymmentä vuotta sitten. Esimerkiksi 1990-luvun alussa oli Suomessakin herännyt kiinnostus biodieseltehtaan rakentamiseen sekä rypsiöljyn suoraikäyt- töön maatalouden työkoneissa. Motivaationa tuolloin oli lähinnä ratkaista maatalouden ylituo- tanto-ongelmaa (Sumelius 1991; KTM 1993; Järvenpää ym. 1994). Öljypuristamoteollisuus suunnitteli biodieseltehdasta, jonka tuotanto olisi käytetty kaupunkien joukkoliikenteen polttoaineena tai seoskomponenttina normaalissa dieselissä. Suunnitelmat kariutuivat hei- kon kannattavuuden vuoksi.

Tällä hetkellä energiaomavaraisuuden ja sitä kautta uusiutuvien energialähteiden edistämi- nen on eräs Euroopan unionin energiapolitiikan keskeisimpiä tavoitteita. Olennaisin uusiu- tuva energiavara on biomassa. Liikenteen biopolttoaineita koskevat ratkaisut ovat erityisen tärkeässä asemassa liikennesektorin liki täydellisen fossiiliriippuvuuden sekä alati kasvavan kulutuksen takia. EU:n voimakas kiinnostus bioenergiaan näkyy esimerkiksi vihreässä kir- jassa Euroopan energiahuoltostrategiasta (KOM 2000). Motivointina kirjassa esitetään, että EU:n riippuvuus tuontienergiasta saattaa kasvaa jopa 70 prosenttiin seuraavan 30 vuoden aikana.

---

<sup>1</sup> Katsaus 1900-luvun alkupuolen biopolttoaineisiin löytyy esimerkiksi osoitteessa [http://www.ybiofuels.org/bio\\_fuels/history\\_biofuels.html](http://www.ybiofuels.org/bio_fuels/history_biofuels.html).



Biodieselin ja muiden biopolttoaineiden edistämiseen liittyy myös maatalous- ja aluepoliittisia tavoitteita EU:n yhteisen maatalouspolitiikan (CAP) kautta. CAP pyrkii maatalouden ylituotannon leikkaamiseen sekä markkinaohjautuvuuden parantamiseen. Vapautuvan peltoalan toivotaan reagoivan hintasuhteisiin ja ohjautuvan parhaiten tuottavaan käyttöön rehun, energian ja kesantoalan kesken. Samalla bioenergian toivotaan palvelevan ympäristön tilaan, yrittäjyyteen, työllisyyteen ja maaseutualueiden yleiseen elinvoimaisuuteen liittyviä tavoitteita ruoantuotannon vähetessä. On jo viitteitä siitä, että esimerkiksi etanolin kasvava kysyntä on alkanut vahvistaa viljojen ja sokerin hintoja maailmanmarkkinoilla (KTM 2006).

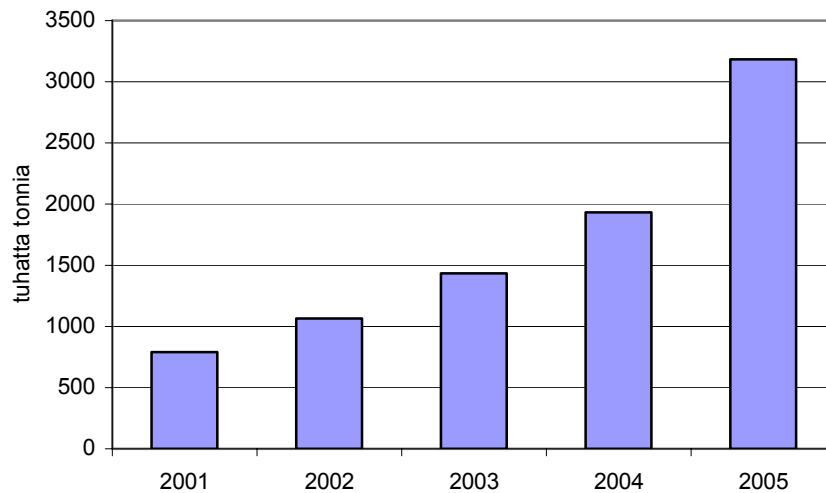
EU-direktiivi 2003/30/EY liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä julkaistiin toukokuussa 2003. Direktiivissä tavoitellaan energiaomavaraisuuden kasvattamista, öljyriippuvuuden ja hiilidioksidipäästöjen alentamista sekä maatalouden kehittämistä ja työpaikkojen säilyttämistä. Konkreettisenä tavoitteena Euroopan unionin jäsenmaat pyrkivät kasvattamaan liikenteen biopolttoaineiden käytön 5,75 prosenttiin vuoteen 2010 mennessä.

Suomen bioenergiaosuus on huomattava sähkön- ja lämmöntuotannossa, joiden energialähteet ovat vahvasti sidoksissa metsäteollisuuden sivutuotteisiin. Vuonna 2004 uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta oli 26 prosenttia. Peräti 96 prosenttia siitä oli puupolttoaineita (Energia-lehti 2006). Etanolin, biodieselin ja biokaasun liikennekäyttö oli olematonta vielä vuoden 2006 alussa.

Viime aikoina myös toimenpiteitä karttanut Suomi on osoittanut merkkejä aktivoitumisesta EU:n tavoitteiden suhteen. Yleinen käsitys Suomessa näyttäisi kuitenkin olevan, että direktiivin tavoitteet ovat ohjeellisia tavoitearvoja, joiden täyttä saavuttamista ei tulla komission puolelta vaatimaan (Salo 2006). Komissio tekee vuoden 2006 loppuun mennessä raportin, jossa käsitellään tavoitteiden kansallista toteutumista – mikäli katsotaan, ettei tavoitteita saavuteta syistä, jotka eivät ole perusteltuja, on mahdollista ottaa käyttöön pakottavat tavoitteet (2003/30/EY).

Biodieselin valmistusta on hidastanut se, että perinteinen rypsi biodiesel (RME) on verotto- mana tuotantokustannuksella mitattuna ollut selvästi fossiilista dieseliä kalliimpaa. Viime vuosien aikana ennätyskorkea raakaöljyn hinta on kuitenkin selvästi kaventanut tätä eroa. Uusi markkinatilanne on syntynyt sekä Yhdysvaltoihin että Eurooppaan (Eidman 2006). EU:ssa biodieselin tuotanto on kasvanut voimakkaasti viime vuosina, vuonna 2005 kasvu oli jopa 65 % (Kuva 1). Pääraaka-aine on rypsi ja suurimmat tuottajamaat ovat Saksa, Ranska ja Italia. Yhdysvalloissa biodieseltuotannon kehitys jäi aluksi maissietanolin varjoon, mutta viime vuosina tuotantokapasiteetti on kasvanut nopeasti (Eidman 2006).

Keskustelu tavoitteiden saavuttamisesta ja Suomen bioenergialinjauksista on käynyt vilkkaana. Keskeisenä liikenteen biopolttoaineiden edistämisen vasta-argumenttina on, että Suomen energiasta tuotetaan jo yleiseurooppalaiseen tasoon nähden varsin korkea osuus uusituvilla energialähteillä ja siksi ”ilmastotalkoisiin” ei tarvitse ryhtyä liikennesektorilla.



Kuva 1. Biodieselin tuotannon kehitys Euroopan unionissa (EBB 2006).

Lisäksi ensimmäisen sukupolven liikennebiopolttoaineiden elinkaaren kasvihuonekaasupäästövähenevä saattaa jäädä vähäiseksi, biokaasua lukuun ottamatta. Kustannustehokkainta ilmastopolitiikkaa olisi panostaa energiasäästöön, sähkön ja lämmön yhteistuotantoon sekä toisen sukupolven liikennebiopolttoaineiden tutkimukseen ja tuotekehittelyyn.

Ensimmäisen sukupolven puolestapuhujat näkevät biopolttoaineiden elinkeino- ja maaseutupoliittiset vaikutukset. Lisäksi muistutetaan, että myös toisen sukupolven valmistustekniikat on pääsääntöisesti tunnettu jo vuosikymmeniä. Jos niitä ei tällä hetkellä kyetä tuottamaan kilpailukykyiseen hintaan, mitään takeita ei ole, että niiden kilpailukyky parantuisi tarpeeksi paljon viiden tai kymmenen vuoden kuluessa.

## 1.2 Rypsi biodiesel (RME)

Termi ”biodiesel” on yleisnimitys biopohjaiselle dieselpolttoaineelle, joka on tuotettu eloperäisistä kasvi- tai eläinöljyistä ja rasvoista. Biodieseliä voidaan valmistaa useilla menetelmillä. Perinteisessä biodieselin valmistuksessa bioöljy vaihtoesteröidään alkoholin kanssa. Uudempana tekniikkana on tuottaa biodieseliä synteettisesti vetykäsittelyllä<sup>2</sup>. Myös kasviöljyä, jota käytetään suoraan dieselmoottorissa, kutsutaan useissa yhteyksissä biodieseliksi. Olennainen kriteeri biodieselin määritelmässä on, että käytettävää öljyä voidaan ilman suurempia muutostöitä käyttää dieselmoottorissa.

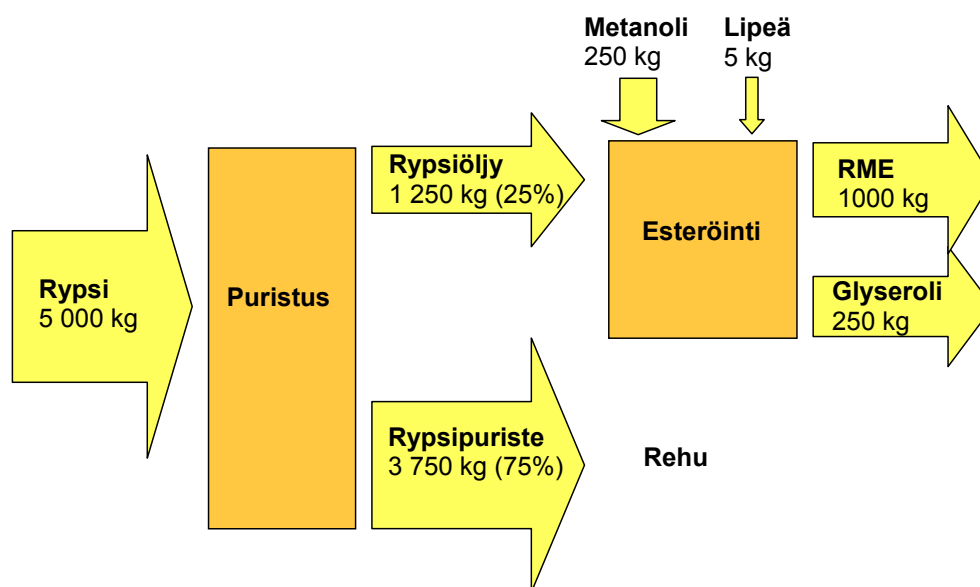
Esteröinti on tasapainoreaktio, jossa öljyn sisältämät vaha-ainesosat vaihtoesteröidään alkoholin kanssa. Yleisimmin esteröinnissä käytettävä alkoholi on metanolia. Öljyn rasvahapot ja metanoli muodostavat metyyliestereitä (Fatty acid methyl esters, FAME) eli biodieseliä

<sup>2</sup> Neste Oil kaupallistaa erään synteettisen biodieselin valmistusprosessin vuonna 2007. Porvooseen sijoittuvan laitoksen on määrä tuottaa 170 000 tonnia korkealaatuista NExBTL -biodieseliä vuodessa. Valmistusprosessi perustuu vetykäsittelyyn eikä tuota merkittävässä määrin sivutuotteita. Prosessin raaka-ainepohjaksi sopivat eläin- ja kasviöljyt. Todennäköisesti laitoksen käyttöön tulee pääasiassa palmuöljyä.

sekä sivutuotteena glyserolia. Jos raaka-aineena käytetään rypsiöljyä, syntyy rypsimetyyli-esteriä (RME). Esteröinnin seurauksena bioöljystä saadaan poistettua vahamainen glyseroli, jolloin öljyn viskositeetti pienenee ja kylmäkäyttöominaisuudet paranevat. Valmis esteri sopii fossiilisen dieselöljyn tavoin liikenne-, työkone- ja lämmityskäyttöön.

Elintarviketeollisuuden sivuvirrat ja ravintoloiden jätteet ovat edullisin biodieselin raaka-ainelähde. Suomessa kierrätetään 2–3 miljoonaa kiloa kasviöljyä vuosittain. Koko potentiaali on noin 5 miljoonaa kiloa. Tästä öljymäärästä kuitenkin korkeintaan puolet on biodieselin valmistuksessa käyttökelpoista vapaiden rasvahappojen takia<sup>3</sup>. Näiden arvioiden perusteella kierrätyskasviöljyillä voitaisiin korvata noin 0,05 prosenttia Suomen vuosittaisesta dieselin ja kevyen polttoöljyn kulutuksesta<sup>4</sup>.

Kierrätyskasviöljyjen ja muiden öljykasvien ollessa melko rajallisia biodieselin raaka-ainelähteitä perustuu kotimaisen biodieselin tuotantopotentiaali käytännössä rypsiöljyyn. Rypsibiodieselin (RME) valmistuksessa syntyy kaksi sivutuotetta (Kuva 2). Öljyn puristuksen sivutuotteena syntyy rypsirehua ja RME:n tuotannossa raakaglyserolia. Rypsirehulla voidaan korvata soijarehua sikojen ja nautojen ruokinnassa, ja samalla parantaa kotimaista valkuaisomavaraisuutta. RME:n tuotanto on niin tuotantotukien kuin markkinoidenkin osalta vahvasti sidoksissa muuhun maatalouteen ja maatalouspolitiikkaan.



Kuva 2. Esimerkki RME:n (1000 kg) tuotantokaaviosta maatilatason laitteistolla.

<sup>3</sup> Tiedonanto 7.4.2006: Lauri Turpeinen, Suomen kasviöljykierrätys Oy; Aarne Aho, Hesburger.

<sup>4</sup> Vuonna 2005 dieselin kulutus oli 2 013 milj. kg ja kevyen polttoöljyn 2 062 milj. kg (Suomen öljy- ja kaasualan... 2006).

Euroopan unionin standardeissa biodieselin käyttö on mahdollista kaikissa dieselmootto-reissa, mikäli käytettävä polttoaine täyttää EN 590 -normin laatuvaatimukset. Tämä ehto rajoittaa vaihtoesteröinnillä tuotetun biodieselin käytön osana polttoaineseosta maksimissaan viiteen prosenttiin. Hyvälaatuisen biodieselin komponenttiosuus voi kuitenkin olla huomattavasti suurempikin. Esimerkiksi 10 % sekoitussuhdetta käytetään laajalti (Booth ym. 2005). Mahdolliset ongelmat syntyvät yleisesti moottorin sekundaarisissa osissa kuten letkuissa ja tiivisteissä. Eräät auto- ja työkonvalmistajat sallivat 100 % normit täyttävän biodieselin käytön normaalien takuehtojen puitteissa<sup>5</sup>. Rypsi biodieselin kylmäkäyttöominaisuudet ovat kuitenkin huonommat kuin normaaleilla Suomessa käytettävillä talvilaatuilla diesel-polttoaineilla, mikä rajoittaa ympärivuotista puhtaan biodieselin käyttöä.

Biodieselin tuotantokustannukset ovat myös laskeneet. Tutkimus- ja kehitystyöllä on edistetty synteettisen biodieselin suurimuotoista valmistusta. Perinteisen rypsi biodieselin tuotantoprosessi ei ole juurikaan muuttunut, mutta ero polttoaineiden hintasuhteissa on muuttunut huomattavasti. Myös uusia puristin- ja esteröintilaitteistoja on tullut markkinoille. Kilpailu on kiristynyt ja valikoima tullut laajemmaksi tuotannon kokoluokan suhteen. Vielä vuoden 2005 alussa näytti siltä, että kotimainen biodiesel tai etanoli vaatisi huomattavia verohelpoituksia tai suojatulleja ollakseen kilpailukykyistä (Mäkinen ym. 2005).

Viimeaikaisen hintakehityksen sekä bioenergian yleisen kiinnostavuuden lisääntymisen takia on kuitenkin syytä selvittää rypsi biodieselin maatilatuotannon kannattavuutta ja hintasuhteita fossiiliseen vaihtoehtoon aikaisempaa perusteellisemmin. Tässä tutkimuksessa RME:n valmistus tarkastellaan aluksi rypsin viljelyn mahdollisuuksien ja ongelmien näkökulmasta. Varsinaiset RME:n tuotantokustannukset jakautuvat kahteen vaiheeseen: 1) rypsiöljyn puristus ja 2) öljyn esteröinti. Laskelmat eivät perustu pitkäaikaisen käyttökokemuksen todentamaan tietoon. Tuotantolaitteisiin liittyviä tietolähteitä ovat laitevalmistajat, markkinoitsijat ja muut alan asiantuntijat. Mukana on myös käyttäjien kokemuksia. Eri mittakaavan laitteistojen tuotantokustannuksia verrataan fossiiliseen dieseliin ja polttoöljyyn eri käyttötarkoituksissa. Lopuksi eritellään RME:n tuotannon edistämisen edellytyksiä ja vaihtoehtoja.

### 1.3 Energiatoteutus ja ympäristövaikutukset

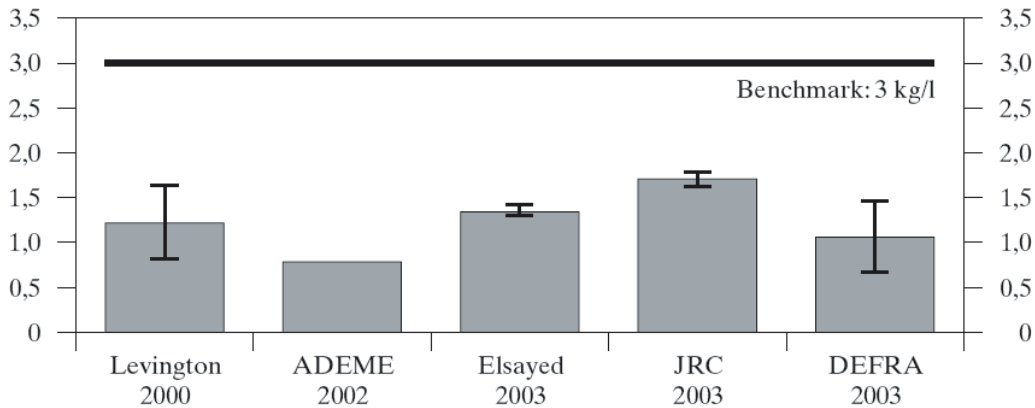
Biodieselin käyttäminen vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä kun sillä korvataan fossiilista dieseliä. Julkisessa keskustelussa on kuitenkin esitetty eräitä epäilyjä biopolttoaineiden todellisista energia- ja kasvihuonekaasutaseista. On selvää, että vaikka biodieselin käyttö on neutraalia KHK -päästöjen suhteen, sen valmistamiseen kuluu fossiilisia polttoaineita useissa vaiheissa – niin viljelyssä, siementen puristamisessa, RME:n valmistamisessa tarvittavan metanolin tuotannossa kuin kuljetuksissakin.

---

<sup>5</sup> Esimerkiksi Volkswagenin eli VAG-konsernin (Audi, VW, Seat, Skoda) ennen 2004 valmistuneet mallit ja erikseen tilattavissa olevat biodiesel-käyttöön soveltuvat Mercedes-Benz, BMW ja Volvo -automallit (4car feature). Työkoneista esimerkiksi Sisu-dieselin moottorit, joita on mm. useimmissa Valmet- ja Valtra -traktoreissa. Poikkeuksia ovat uusimmat Tier 3-normin täyttävät yhteispaineruiskutusmoottorit.

### Greenhouse Gas Emissions of Biodiesel and Fossil Diesel

kg GHG/l Biodiesel



Kuva 3. Selvityksiä rypsi biodieselin elinkaaren kasvihuonekaasutaseesta fossiiliseen dieseliin verrattuna (Fronde & Peters 2005).

Äärimmäinen näkemys on, että biodieselin valmistamiseen (soijasta) kuluu selvästi enemmän fossiilista energiaa kuin mitä lopputuote sisältää (Pimentel & Patzek 2005). Tällöin fossiilisen polttoaineen korvaaminen biopolttoaineella muistuttaisi kuuluisaa hölmöläisten peiton jatkamista. Tämä väite ei kuitenkaan saa juuri taustatukea julkaistuista tieteellisistä tutkimuksista.

Kuvassa 3 on koottu rypsi biodieselin valmistamiseen vaaditun fossiilisen energian määriä eri tutkimuksissa, jotka kaikki pohjautuvat empiirisiin aineistoihin. Vertailun benchmark-taso 3 kg/l edustaa melko alhaista arviota fossiilisen dieselin CO<sub>2</sub>-päästömäärästä, mikä osin selittyy RME:n dieseliä heikommasta hyötysuhteesta moottorissa. Yksi litra RME:ta korvaa näin hieman alle litran fossiilista dieseliä. Tuloksissa vaihtelua aiheuttaa erityisesti RME:n valmistusprosessissa syntyvien sivutuotteiden eli rypsirehun ja glyserolin huomioiminen laskelmissa sekä perusteet millä tämä on tehty. Suomalaisten arvioiden mukaan RME:n käyttö fossiilisen dieselöljyn sijasta vähentää KHK -päästöjä 50–80 % (Mäkinen ym. 2005).

Toinen elinkaaren kannalta tärkeä valinta koskee maankäyttöä. Mikäli rypsin viljelylle vaihtoehtoisena pellonkäyttömuotona katsotaan olevan kesanto, voidaan viljelyn rasitteeksi laskea merkittäviä typpioksiduuli- ja metaanipäästöjä. Jos taas oletetaan rypsi tuotannon korvaavan muiden kasvien viljelyä, kevenee kasvihuonekaasutase näiden päästöjen osalta. Rypsin taloudellisesti pääasiallinen käyttö on valkuaisrehu, jolloin parhaimman vertailukohdan maankäytölle muodostaisi rypsiä korvaava valkuaisrehun viljely<sup>6</sup>. Kotieläinten ruokinnassa tämä tarkoittaisi nykytilanteessa soijaa. Käytännössä rypsi kilpailee maankäytössä lähinnä viljojen kanssa. Rypsin ja esimerkiksi ohran viljelyn ympäristövaikutukset eivät juuri eroa toisistaan energia- ja kasvihuonekaasutaseiden osalta.

<sup>6</sup> Rypsin taloudellisesta arvosta noin 60 % muodostuu rypsirehusta ja noin 40 % rypsiöljystä.

Jos biodieselin tuotantoa verrataan biomassan suoraan polttamiseen ja esimerkiksi ruokohelven viljelyyn, on selvää että rypsin siementen suhteellisen pienen hehtaarisadon vuoksi RME:n hyötysuhde jää biomassan polttoa heikommaksi. Soveltuvan polttotekniikan yleistymisen myötä rypsisadosta voidaan hyödyntää energian tuotannossa siemenen lisäksi myös olki<sup>7</sup>. Tämä parantaa RME -tuotannon energia- ja KHK -taseita huomattavasti (Faaij 2006; Lampinen & Jokinen 2006).

Liikenteen muihin päästöihin rypsi-biodieselin käyttö vaikuttaa pääosin positiivisesti. Pienhiukkaspäästöt vähenevät merkittävästi, samoin kuin rikin oksidit. RME:n ongelmana ovat olleet typen oksidit, jotka ovat aiheuttaneet vaikeuksia saavuttaa uusien päästönormien vaatimukset<sup>8</sup>. RME:n käyttö alentaa myös vanhojen ajoneuvojen päästöjä, mikä näkyy ajoneuvojen elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten pienentymisenä. Näin tekniikaltaan yksinkertaista kalustoa on mahdollista korjata ja käyttää pitkään.

Laskennallisesti ruoantuotannosta poistuvien peltojen metsittäminen olisi maaperän ja vesistö-päästöjen kannalta peltoenergian tuotantoa ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Toisaalta juuri peltojen pitäminen viljelykäytössä on eräs maatalouden bioenergian edistämisen ja käyttöönoton yleinen tavoite ja perustelu. Globaalisti tarkasteltuna viljelymaan määrä henkeä kohti vähenee. Eurooppalainen ruoan ylituotanto on maapallon mittakaavassa paikallinen ilmiö, joka perustuu ympäristöä rasittavaan teknologiaan. On mahdollista, että tulevaisuudessa viljelykelpoinen maa on nykyistä arvokkaampaa.

---

<sup>7</sup> Oljen laajamittainen käyttö vähentää pitkällä tähtäimellä maaperän humusvaroja, mikä saattaa muodostua ongelmaksi, etenkin alueilla joilla harjoitetaan vain vähän karjataloutta.

<sup>8</sup> Sisu Diesel Oy:n mukaan moottorin hiukkaspäästöt ja hiilivety- sekä hiilimonoksidipäästöt vähenevät hyvälaatuista RME:tä käytettäessä noin puoleen normaalin diesel-öljyn käyttöön verrattuna. Typpioksidipäästöt nousevat 3–10 % (Ylivakeri 2006, ks. myös Lampinen & Jokinen 2006).

## 2 Rypsi biodieselin tuotantopotentiaali Suomessa

### 2.1 Rypsin viljely ja markkinatilanne

Rypsi ja sen lähisukulainen rapsi ovat melko tuoreita viljelykasveja Suomessa. Öljykasvien viljely yleistyi voimallisesti vasta 1980-luvun alussa. Aiemmin Suomessa viljeltiin lähinnä rypsin syysmuotoa, mutta nykyisin kevätrypsi on pääasiallinen öljykasvi maassamme. Globaalisti rypsi on maailman kolmanneksi tärkein öljykasvi, jonka tuotanto vastaa noin 12 % maailman kasviöljystä (ProAgria 2006). Rypsiä on viljelty Suomessa viime vuosina 50–80 tuhannen hehtaarin peltoalalla.

Rypsi ja rapsi ovat kokonaissadoltaan ja viljelypinta-alaltaan Suomen ylivoimaisesti merkittävimmät öljykasvit (Taulukko 1). Muita öljykasveja viljellään pieniä määriä lähinnä niiden öljyjen erikoisominaisuuksien vuoksi. Esimerkiksi ruistankion (kitupellava, camelina) viljelyala kaksinkertaistuu maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksen arvion mukaan 4 000 hehtaariin vuonna 2006. Ruistankion öljy muistuttaa koostumukseltaan kalarasvoja ja siitä valmistetaan terveystuotteita elintarvikkeita ja niiden ainesosia. Nopeasti härskiintyvää pellavaöljyä käytetään esimerkiksi vernissaksi, maaleihin ja lakkoihin, sekä ruoste- ja puunkäsittelyaineisiin. Hampuöljyllä on vastaavaa käyttöä kemianteollisuudessa sekä myös elintarvikkeissa kuten suklaassa ja leivonnaisissa (Laitinen 2006). Myös auringonkukka voidaan luokitella öljykasviksi, mutta sen viljelyala on Suomessa vain muutama sata hehtaaria. Suomen olosuhteissa auringonkukan siemeniin ei muodostu öljyä riittävästi jotta sitä voitaisiin tehokkaasti käyttää öljynpuristukseen.

Nyt viljelyksessä olevista öljykasveistamme ainoastaan sinappi voi pärjätä satoisuudellaan ja öljyisaannolla rypsilä biopolttoaineiden raaka-aineena. Sinappiöljyn polttoainekäytön taloudellista kannattavuutta rajoittavat kuitenkin ylijäävän puristeen niukat käyttömahdollisuudet. Pienen osan voi käyttää sian rehuna, luonnonmukaiseen lannoitukseen tai rikkakasvien torjuntaan, mutta pääosin puristeelle ei tällä hetkellä ole kaupallisesti kannattavaa hyötykäyttöä<sup>9</sup>.

Taulukko 1. Rypsilä ja rapsilä vaihtoehtoisten öljykasvien satotasoa ja viljelyaloja Suomessa.

Kasvi	Satotaso	Viljelyala
Öljypellava	1 050–1 250 kg/ha <sup>1</sup>	1 780 ha (2005) <sup>3</sup>
Sinappi	1 000–2 000 kg/ha <sup>3</sup>	200 ha (2005) <sup>3</sup>
Öljyhamppu	1 000–1 700 kg/ha <sup>2</sup>	100 ha (2006) <sup>2</sup>
Ruistankio	1 200–2 000 kg/ha <sup>4</sup>	4 000 ha (2006) <sup>4</sup>

Lähteet: <sup>1</sup>Kangas ym. 2005; <sup>2</sup>Virkajärvi ja Kangas 2005; <sup>3</sup>Tiedonanto: Yli-Uotila Jouko, TIKE, 13.4.2006; <sup>4</sup>Raisio Oy, <http://www.raisiogroup.com>.

<sup>9</sup> Sinapin sisältämien glikosinaattien hajoamisen yhteydessä syntyvät ekotoksiset rikkiyhdisteet torjuvat kasvien itämistä ja taimettumista (Jaakkola 2003). Lannoitusikäytön mahdollistaa puristeen typpipitoisuus (n. 7 %)

Rypsin viljelyä Suomessa on pyritty edistämään monesta eri syystä. Rypsinviljely vähentää viljan ylituotantoa ja lisää valkuaisrehujen omavaraisuutta. Rypselto on myös suomalaisen maalaismaiseman arvostettu osa, ja rypsi on erinomainen mesikasvi mehiläisille. Viime aikoina myös biodiversiteettihyötyjä on tutkittu: rypselto tarjoaa suojaa ja ravintoa monille linnuille, esimerkiksi sepelkyyhkylle sekä yhä harvinaisemmiksi käyvälle hempolle (Turley ym. 2003; Booth ym 2005).

Rypsin viljelyä suositellaan myös maataloudellisten tekijöiden vuoksi, jotka eivät suoraan näy katetuottolaskelmissa. Öljykasvit monipuolistavat viljelykiertoa ja ylläpitävät maan kasvukuntoa. Suomalainen peltoviljely on tällä hetkellä yksipuolista ja viljelykasvien monipuolistamiselle on selvä tilaus. Viljelyn yksipuolisuus vaikuttaa nykyisiin satoihin sekä heikentää tulevaisuuden tuotantoedellytyksiä (Juntti ym. 2005).

Rypsi jättää peltoon maan rakennetta parantavaa juurimassaa. Ristikukkaisten öljykasvien viljely auttaa myös pellon rikkakasvi- ja tuholaistilanteen hallintaa. Esikasvina rypsi parantaa seuraavan vuoden viljasatoa esimerkiksi ohran, syys- ja kevätvehnän sekä kauran viljelyssä (Känkänen 2006). Rypsin sato on määrällisesti viljakasveja pienempi. Tämä aiheuttaa säästöjä kuljetuksissa, kuivauksessa ja varastoinnissa. Taloudellisesti rypsi tuottaa yleensä hieman viljoja paremman tuloksen.

Suomalainen elintarviketeollisuus tuo tällä hetkellä suuren osan rypsistään ulkomailta. Suomessa on ollut pyrkimyksenä korottaa raaka-aineen kotimaisuusastetta. EU-tason linjaukset eivät aseta esteitä öljykasvien viljelyalan kasvattamiselle. Esimerkiksi rypsin viljely oman tilan bioenergiälähteeksi on tietyin ehdoin mahdollista jopa velvoitekesantoalalla, jolloin sille maksetaan erityistä energiakasvitukea. Suomen öljykasvistrategia 2000–2005 tavoittelikin viljelyalan nostamista 100 000 hehtaariin, mikä olisi mahdollistanut 25 prosentin valkuaisomavaraisuuden. Rypsin viljelyä on pyritty kannustamaan maatalouden tukipolitiikan avulla, mutta öljykasvistrategian työryhmä (MMM 2003, s. 49) toteaa: ”tällä hetkellä käytävissä olevilla kansallisen tuen muutoksilla ei yksin ilman markkinoiden tukevaa vaikutusta ole mahdollista saavuttaa toivotunlaajuisia öljykasvien viljelyalan kasvua Suomessa.”

Työryhmä näki mahdollisena uutena markkinaehtoisena keinona biopolttoainetuotannon käynnistämisen. Ongelmana on biodieseltuotannolle taloudellisesti riittävän viljelypinta-alan saavuttaminen. Työryhmän suositteli biopolttoaineita koskevan kehityksen seuraamista sekä selvityksiä biodieselin taloudellisesti kannattavan tuotannon käynnistämiseksi Suomessa. Myös rehututkimuksessa on esitetty, että polttoainekäyttö voisi synnyttää markkinoita kotimaiselle rypsiöljylle, joka ei ulkomaisen markkinapaineen takia ole elintarvikikäytössä kilpailukykyistä (Juntti ym. 2005). Suomalaiset rypsiöljyn tuottajat kilpailevat suurten keskieuropalaisten puristamojen kanssa.

Öljykasviohjelmassa nähtiin tärkeänä ongelmana rypsi Valkuaisrehun kysyntää vastaavassa tuotannossa syntyvä suuri öljyosuus, jolle ei aina löydy taloudellisia markkinoita.



Ohjelmassa kiinnitettiin huomiota rypsiöljyn uusien käyttömuotojen kehittelyyn. Toisaalta Vilja-alan yhteistyöryhmän raportissa varoitetaan eurooppalaisen biodieseltuotannon kasvun aiheuttamista arvaamattomista hintamuutoksista (Laurinen 2004). Mikäli rypsi biodieselin tuotanto Euroopassa jatkaa voimakasta kasvuaan, saattaa kasvava puristuskapasiteetti laskea jossain määrin sekä rypsiöljyn että puristerehun hintoja.

Rypsiä kasvatetaan Suomessa ilmastollisella äärialueellaan, joten sen viljelyn taloudellisen kilpailukyvyn kannalta suhteellisen hyvä satotaso on tärkeä tekijä. Suomalaisen rypsinviljelyn keskisadot kasvoivat hitaasti aina 1990-luvun alkuun saakka. Tämän jälkeen keskisadot ovat laskeneet. Yksittäistä selittävää tekijää kehitykselle ei ole löytynyt: esimerkiksi viljelylajikkeiden satoisuuskehitys on jatkanut nousuaan jalostuksen johdosta. Kansallisen öljykasvionhjelman 2000–2005 tavoitteena oli nostaa rypsin keskisato normaaleissa sääoloissa tasolle 2 000 kg/ha.

Etsittäessä syitä satotason laskuun lajikejalostajat osoittavatkin viljelijöitä. Esitettyjä tekijöitä ovat ravinteiden epäsuhtainen käyttö, yleinen viljelytekniikka sekä peltojen kunto. Myös lisääntynyt viljely vuokralohkoilla saattaa vaikuttaa peltojen peruskuntoon sekä viljelijän pellontuntemukseen.

Rypsin sairaudet, esimerkiksi pahkahometta aiheuttava loissieni, ovat viime vuosina runsastuneet. Muutoksia on havaittu myös hivenaineiden saatavuudessa. Eräs satotasoihin vaikuttava tekijä saattaa myös olla ilmapäästöjen vähenemisen myötä pienentynyt rikkilaskeuma. MTT:n tutkimuksissa on todennettu sadon ja laadun paranevan merkittävästi rikinsaannin myötä<sup>10</sup>. Öljykasvien viljelyalue on myös siirtynyt pohjoisemmaksi. Käytännössä C-tukialueiden viljelypinta-ala on kasvanut ja B- sekä erityisesti A-alueen rypsiä on pienentynyt. Suuntausta ovat tukeneet maatalouden tukiratkaisut (MTK 2001).

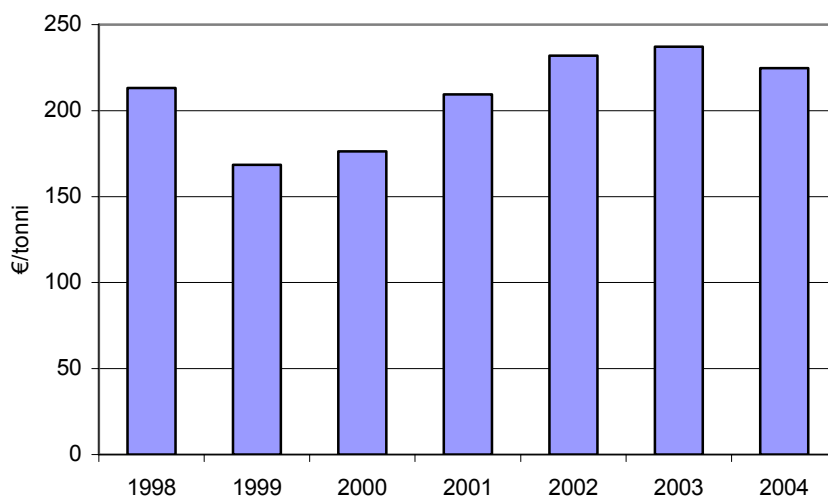
Tilastollisen keskisadon ja MTT:n virallisten lajikekokeiden satotulosten ero on huomattava. Myös Kemiran maatilakokeissa 100 kg/ha typpilannoitustasolla vuosina 1990–1999 kevätrypsin keskisato oli noin 2 350 kg/ha<sup>11</sup>. Satopotentialiaali on siis tilastollista keskisatoa huomattavasti suurempi.

Rypsin toteutuneissa valtakunnallisissa keskisadoissa on nähtävissä mielenkiintoisia muutoksia tarkasteltaessa satotason kehittymistä ajanjakson 1990–2005 sisällä. Vuosien 1990–1994 keskisato oli 1 730 kg/ha, kun koko 1990-luvun keskisato oli 1 560 kg/ha ja vuosien 2000–2005 keskisato oli vain 1 340 kg/ha. Lisäksi vuosina 1990–1994 heikoimmankin vuoden keskisato oli 1 560 kg/ha, kun taas vuoden 1995 jälkeen paras saavutettu keskisato on ollut 1 550 kg/ha. Suomen EU-jäsenyys toteutui vuoden 1995 alussa ja rypsin sekä muidenkin maataloustuotteiden tuottajahinnat laskivat huomattavasti. Johtopäätös tuottajahinnan

---

<sup>10</sup> Tiedonanto: Peltonen-Sainio Pirjo, MTT, 13.6.2006.

<sup>11</sup> Tiedonanto: Kerminen Anne, Kemira GrowHow. 13.4.2006.



Kuva 4. Rypsin tuottajille maksettu keskimääräinen hinta, rahtihyvitykset mukaan lukien (Viljaviesti 3/2005).

vaikutuksesta viljelymotivaatioon ja sitä kautta satotasoihin saa tältä osin tukea tilastoista. Silti myös virallisten kokeiden satotasot ovat laskusuunnassa lajikekehityksestä huolimatta.

Rypsin sato on jonkin verran rypsiä korkeampi. Rypsin etuna on myös korkeampi öljypitoisuus: lajikekokeissa kevätrypsin öljypitoisuus vaihteli lajikkeesta riippuen 44,2–50,7 %, kun puolestaan kevätrypsin öljypitoisuus oli 43,6–47,4 %. Viljelyteknisesti rypsi ja rapsi ovat varsin toistensa kaltaisia. Rypsin viljelyä suositellaan kasvuvyöhykkeille I–IV. Viljelyä on harjoitettu pääsääntöisesti Etelä- ja Länsi-Suomessa. Alueelliset satoerot voivat olla kuitenkin suuria, esimerkiksi vuonna 2004 ero oli 1 000 kg/ha ja vuonna 2005 tilastoissa 780 kg/ha (TIKE 2005). Rypsin erityisominaisuus rypsiin verrattuna on sen noin 10 vuorokautta rypsiä pidempi kasvuaika. Rypsin viljelyalue on Suomessa varsin rajallinen, kattaen ainoastaan tukialueen A sekä osia tukialueen B rannikkoseuduista.

Suomessa rypsin markkinahinta (Kuva 4) on kiinteässä yhteydessä Ranskan raaka-ainepörssi MATIF:iin. Tähän puolestaan vaikuttaa huomattavasti soijan maailmanmarkkinahinta, jonka tärkein määrittäjä on USA:n soijasato. Rypsin maailmanmarkkinahinta on vaihdellut vuoden 2005 alusta 2006 huhtikuulle välillä 185–235 euroa/tonni (MATIF 2006). Euroopassa ei makseta rypsillemme interventiohintaa, joten jyrkkä poliittis pohjainen hinnankorotus ei ole uhkana.

## 2.2 Rypsin ja rypsiöljyn tuotantopotentiaali

Rypsin viljelypotentiaaliin liittyy useita oletuksia. Jos viljelypinta-alan oletetaan lisääntyvän poliittisin kannustimin, vuosina 1990–2005 saavutettu keskisato on varsin realistinen. Jos viljelyala taas kasvaa markkinaperusteisesti, satotason voi luvussa 2.1 esitetyn valossa olettaa olevan huomattavasti korkeampi. Taulukossa 2 on esitetty tuotantopotentiaali satotasolla 1 500 kg/ha.

Taulukko 2. Rypsiöljyn tuotantopotentiaalın taustaoletukset.

Potentiaalinen enimmäispinta-ala	noin 1 000 000 ha
Viiden vuoden viljelykierto, vuosittainen enimmäispinta-ala	200 000 ha
Satotaso	1 500 – 2 000 kg/ha
Kokonaissato/a	300 – 400 milj. kg
Josta öljyä 34 %	100 – 136 milj. kg

Kotimainen käytössä oleva maatalousmaa-ala on noin 2,27 miljoonaa hehtaaria. Rypsin viljelyyn soveltuvaksi potentiaaliseksi peltoalaksi on oletettu kaikki nykyisin viljan tai sokeri-juurikkaan viljelyssä oleva pelto Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Satakunnan, Hämeen, Pirkanmaan, Kaakkois-Suomen, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Ahvenanmaan Työvoima- ja elinkeinokeskusten alueella. Arvio on satotason tavoin varsin varovainen, esimerkiksi Keski-Suomi on jätetty pois, vaikka alueella on nykyisin jonkin verran rypsinviljelyä. Myös nurmikasviala jätettiin arviosta pois, koska nykyinen kotieläintuotanto tarvitsee viljeltävän nurmen rehun tuotantoon. Toisaalta nurmialan voidaan tulevaisuudessa myös olettaa hieman vähenevän kotieläintuotannon supistumisen myötä. Valitulla peltoalalla rypsiä voi olla viljelykierrossa yksittäisellä peltolohkolla joka viides vuosi. Näin vuosittain 20 % viljelykelpoisesta kokonaispinta-alasta kylvetään rypsilille.

Kasvavan rypsiälän myötä korkealaatuisin osa kotimaisesta rypsisistä voisi kohdentua elintarvikekäyttöön ja loput polttoaineeksi. Vuosittain osa rypsisadosta on aina heikkolaatuista.

Taulukko 3. Rypsiöljyn tuotantopotentiaalın kohdentuminen elintarvike- ja polttoainekäyttöön, satotaso 1 500 kg/ha.

Rypsin tuotanto vuonna 2004		Rypsi	Rypsiöljy	Rehu
Kotimainen tuotanto	milj. kg	75	25	50
Tuonti	milj. kg	107	45	59
Yhteensä	milj. kg	182	70	109
<b>Tarkastelu 1.</b>				
Rypsiöljyn tuotantopotentiaali, tuonti nykytasolla		Rypsi	Rypsiöljy	Rehu
Kotimainen tuotantopotentiaali	milj. kg	300	100	200
Tuonti	milj. kg	107	45	67
Yhteensä	milj. kg	407	145	267
				Markkinaosuus
Rypsiöljyä polttoaineeksi	milj. kg		75	1,8 %
Rypsirehua	milj. kg		267	49 %
<b>Tarkastelu 2.</b>				
Rypsiöljyn tuotantopotentiaali, 100 % omavaraisuus		Rypsi	Rypsiöljy	Rehu
Kotimainen tuotantopotentiaali	milj. kg	300	100	200
Tuonti	milj. kg	-	-	-
Yhteensä	milj. kg	300	100	200
				Markkinaosuus
Rypsiöljyä polttoaineeksi	milj. kg		30	0,7 %
Rypsirehua	milj. kg		200	38 %

Lehtivihreää sisältävä rypsi soveltuu RME:n tuotantoon, mutta rikkakasvien siemenet aiheuttavat ongelmia. Heikkolaatuinen sato soveltuu joka tapauksessa paremmin RME:n tuotantoon kuin elintarvikkeeksi.

Vuonna 2004 Suomessa käytettiin 2013 miljoonaa kiloa dieseliä ja 2062 miljoonaa kiloa kevyttä polttoöljyä (Ölly- ja kaasualan... 2005). Jos rypsin koko tuotantopotentiaali valjastettaisiin käyttöön ja elintarvikekäyttö sekä rypsin tuonti pysyisivät ennallaan, RME-tuotannossa voitaisiin käyttää noin 75 miljoonaa kiloa rypsiöljyä (Taulukko 3, tarkastelu 1). Tämä vastaa noin 1,8 prosenttia Suomen diesel- ja polttoöljyn vuosittaisesta käytöstä. Täysi oma-varaisuus jättäisi RME:n tuotantoon noin 30 miljoonaa kiloa, joka vastaa diesel- ja polttoöljyn markkinoista noin 0,7 prosentin osuutta (Taulukko 3, tarkastelu 2).

## 2.3 Sivutuotteiden markkinat

Rypsiä voidaan öljynpuristuksen jälkeen käyttää valkuaisrehuna sekä sioille että naudoille. Vaihtoehtoiset tavat käyttää rypsipuristetta, kuten lämmityksessä, kompostoinnissa tai kotieläinten alustoina, ovat taloudellisesti vähäarvoisempia (Turley ym. 2003). Rypsin viljelyn lisäämistä biodieselin valmistukseen voidaan perustella sillä, että se ei lisää elintarvikkeiden ylituotantoa. Kuitenkin olennaisena sivutuotteena syntyvä rypsipuriste lisää valkuaisrehun määrää. RME:ksi jalostettuna biodiesel on kuitenkin selvästi taloudellinen päätuote.

Lypsylehmien ruokinnassa histidiini on ensimmäinen rajoittava aminohappo, ja histidiiniä rypsisssä on runsaasti. Rypsi sopii valkuaislähteeksi myös lihanaudoille. Puristeeseen jäänyt öljy suojaa valkuaisista pötsimikrobeilta, ja valkuaisesta suuri osa hajoaa vasta ohutsuolessa. Erityisesti alkukasvatuksessa lihanauta käyttää valkuaislisän tehokkaasti hyödykseen.

Sikojen ruokinnan kannalta rypsin etuja ovat runsas rikkipitoisten aminohappojen määrä ja kivennäiskoostumus. Aminohapoista sikojen tarvitsemaa lysiiniä on kuitenkin niukasti verrattuna soijaan, ja lysiinin sulavuuskin on soijaa huonompi. MTT:n porsastuotantotulokset ovat osoittaneet rypsin sopivan hyvin valkuaislähteeksi emakoille (Partanen ym. 2001).

Rypsirehu voi korvata soijan tuontia rehujen valkuaisosuuden perustuvan ravitsemuksellisen arvon puitteissa. Taulukossa 5 on esitetty rypsirehun ruokinnallista arvoa sioilla ja naudoilla soijaan nähden. Soijarouhetta käytetään Suomessa yhteensä noin 250 miljoonaa kiloa vuodessa. Osa tuodaan papuina ja puristetaan Suomessa (vuonna 2004 noin 90 milj. kg) ja loput tuodaan suoraan rouheena. Rypsirehua käytetään 110–120 miljoonaa kiloa vuodessa (Hollo 2006; Tike 2006). Vuonna 2004 Suomen valkuaisrehuomavaraisuus oli noin 10 prosenttia, joten voidaan olettaa, ettei rehun kysyntä aseta merkittäviä rajoitteita kotimaisen RME:n käyttöpotentiaalille. Myös muualla Euroopassa RME:n valmistuksen yhteydessä syntyneelle rypsirehulle on löytynyt tilaa markkinoilta (Turley ym. 2003).

Rypsirehun käyttö riippuu ennen kaikkea sen hinnasta. Kotieläintuotannossa rehujen osuus kustannuksista on merkittävä; esimerkiksi porsastuotannossa rehuroukinta muodostaa

30–45 prosenttia toiminnan kustannuksista (Lampinen 2006). Tällöin ostorehun hinta on tarkan optimoinnin kohteena. Rypsirehun hinta seuraakin tietyllä tarkkuudella soijapavun ja muiden öljykasvien maailmanmarkkinahintoja.

Yhdysvaltalaisen FAPRI -instituutin tuoreimmassa öljykasviennusteessa todetaan vuonna 2005 soijan ja auringonkukan hintojen laskeneen hieman täysien varastojen vuoksi ja rypsin kallistuneen EU:n biodieselnäköisyyden johdosta<sup>12</sup>. Vuoden 2006 huhtikuussa soijaöljyn futuurien hinta oli selvässä nousussa raakaöljyn historiallisen 75 \$ barrelihinnan ylittymisen vanavedessä. Reuters uutisoi sijoitusrahastojen aloittaneen kaupankäynnin myös biopohjaisilla öljytuotteilla (CBOT 2006; FAPRI 2006; Reuters 2006).

Merkittävää kuitenkin on, että pitkällä tähtäimellä tärkeimpien öljykasvien hintasuhteiden oletetaan pysyvän nykyisinä. FAPRI:n (2006) ennusteen mukaan öljykasvien globaali pinta-ala kasvaa rauhallista vauhtia proteiinirehun ja kasviöljyn kysynnän kasvun ajamana. Maailmanlaajuisen öljykasvikaupan odotetaan kasvavan huomattavasti, koska suuri osa kysynnän kasvusta tapahtuu kehitysmaissa, joissa on rajallisesti puristuskapasiteettia.

Taulukko 4. Soijarouheen ja rypsirehujen valkuaisisältö. 1) kemiallinen uutto; 2) kaksivaiheinen tehdasmittakaavan puristus; 3) pienpuristimet.

Valkuainen	kg/kg	Vaihteluväli	Tuote	Öljysaanto kg/kg siemen	Raakavalkuainen kg/kg rehua
Soijapapu	0,4	0,36 – 0,42	Soijarouhe	0,18	0,49
Rypsin siemen	0,23	0,22 – 0,24	Rypsirouhe <sup>1</sup>	0,34	0,35
			Rypsiipuriste <sup>2</sup>	0,3	0,33
			Rypsiipuriste <sup>3</sup>	0,25	0,31

Taulukko 5. Pienpuristetun rypsirehun ruokinnallinen arvo soijan korvaamisessa.

	Yksikkö	Kylmä rypsiipuriste	Soijarouhe
Raakavalkuaista	kg/kg rehua	0,33	0,49
Sulavuus siällä	%	75 %	88 %
Sulavuus naudalla	%	85 %	91 %
Sulavan valkuaisen osuus siällä	kg/kg rehua	0,25	0,43
Sulavan valkuaisen osuus naudalla	kg/kg rehua	0,28	0,45
Ruokinnallinen arvo siällä, ref. soija		57,29 %	100 %
Ruokinnallinen arvo naudalla, ref. soija		62,91 %	100 %

Lähde: Rehutaulukot ja ruokintasuositukset, MTT 2006. (MTT:n selvityksiä 106).

<sup>12</sup> Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI) on erikoistunut maataloushintojen tulevaisuuden ennakkointiin sekä USA:n maataloudessa että kansainvälisillä markkinoilla.

Öljyn erottamisen tekniikka vaikuttaa öljysaantoon ja sitä kautta syntyvän rehun valkuais-  
sisältöön (Taulukko 4). Esimerkkeinä taulukossa ovat kemiallinen uutto (34 %) sekä pie-  
nimät maatilamittakaavan kylmäpuristimet (25 %).

Toisen sivutuotteen eli glyserolin markkinat ovat oletetusti rajallisemmat, ja esimerkiksi Iso-  
Britanniassa on varoiteltu kemianteollisuuden glyserolimarkkinoiden täyttyvän (Turley ym.  
2003). Toisaalta herkkyysoanalyysi osoittaa, että glyserolin vähäisen määrän takia sen hin-  
nan dramaattisetkin muutokset eivät juuri vaikuta RME:n tuotantokustannuksiin<sup>13</sup>. Koska  
glyserolia syntyy ainoastaan 0–20 % RME:n määrästä (laitetekniikasta riippuen), saattaa  
pienimmässä maatilatuotannossa polttaminen olla käytännöllisin ratkaisu. Suurimuotoisessa  
RME -tuotannossa tulee erilainen teollisuuskäyttö todennäköisemmäksi vaihtoehdoksi.

---

<sup>13</sup> Herkkyysoanalyysin tuloksia liitteessä 1.

## 3 Rypsi biodieselin tuotantotekniikat ja kustannukset

### 3.1 Rypsiöljyn puristus

Rypsi biodieselin lopullinen tuotantokustannus saadaan kaavasta (Sumelius 1991)<sup>14</sup>:

$$(1) \quad R_c = P_r * Q - (F_p * F_{\%} * Q) + (E_c * Q)$$

jossa

$R_c$  = RME -litran tuotantokustannus

$P_r$  = Rypsin hinta (rypsiraaka-aineen tuotantokustannus), 210 €/t

$Q$  = RME -litraan vaadittava rypsi raaka-ainemäärä

$F_p$  = Rypsi puristeen markkinahinta, 200 €/t

$F_{\%}$  = Rypsi puristeen osuus rypsi raaka-ainemassasta

$E_c$  = Puristus- ja esteröintikustannus rypsi kiloa kohti.

Eräs yhtälön eniten vaihteleva tekijä on prosessin RME:n ja rypsin määrän suhde ( $Q$ ). Rypsin siemenessä on lajikkeesta ja viljelyolosuhteista riippuen noin 40–45 % öljyä. Kemialliseen uuttoon ja/tai teolliseen kuumapuristukseen perustuvalla laitteistolla päästään noin 34 % öljy saantoon siemenmassasta (Taulukko 2). Tällaisia laitteita on Suomessa kuitenkin ainoastaan kahdella suurtuottajalla. Muu kotimainen rypsiöljyn tuotanto perustuu kylmäpuristukseen, jossa öljy saanto on selkeästi alhaisempi.

Kylmäpuristuksessa öljy saanto riippuu voimakkaasti rypsi erän laadusta. Parhaimmillaan kylmäpuristuksessa voidaan päästä jopa yli 30 prosentin öljy saantoon, mutta keskimäärin öljy saanto jää kuitenkin noin 25 prosenttiin siemenmassasta. Kuumentavilla kylmäpuristimilla päästään hieman korkeampaan, noin 28 prosentin öljy saantoon. Liitteessä 1 on tarkasteltu öljy saannon vaikutusta rypsiöljyn tuotantokustannuksiin.

Selvityksessä tarkastellaan viittä kotimaassa tarjolla olevaa maatilatason kasviöljyn puristinta, joista kolme on varsinaisia kylmäpuristimia ja kaksi lämmittäviä kylmäpuristimia (Taulukko 6)<sup>15</sup>. Rakennuksien ja kuljettimien kustannuksia ei ole otettu huomioon, koska puristuksen organisoiminen voi toteutua hyvin monella tavalla ja sen kustannukset riippuvat maatilalla olemassa olevasta rakennuskannasta, viljankäsittelykalustosta ja niiden sijoittelusta.

Rypsin puristuksessa merkittävin kustannuspanos on rypsi raaka-aine (Kuva 5). Rypsin maailmanmarkkinahinta on vaihdellut vuoden 2005 alusta huhtikuulle 2006 välillä 185–235 €/tonni (MATIF 2006). Tässä selvityksessä perushintana on 210 €/tonni. Puristimen teknisillä

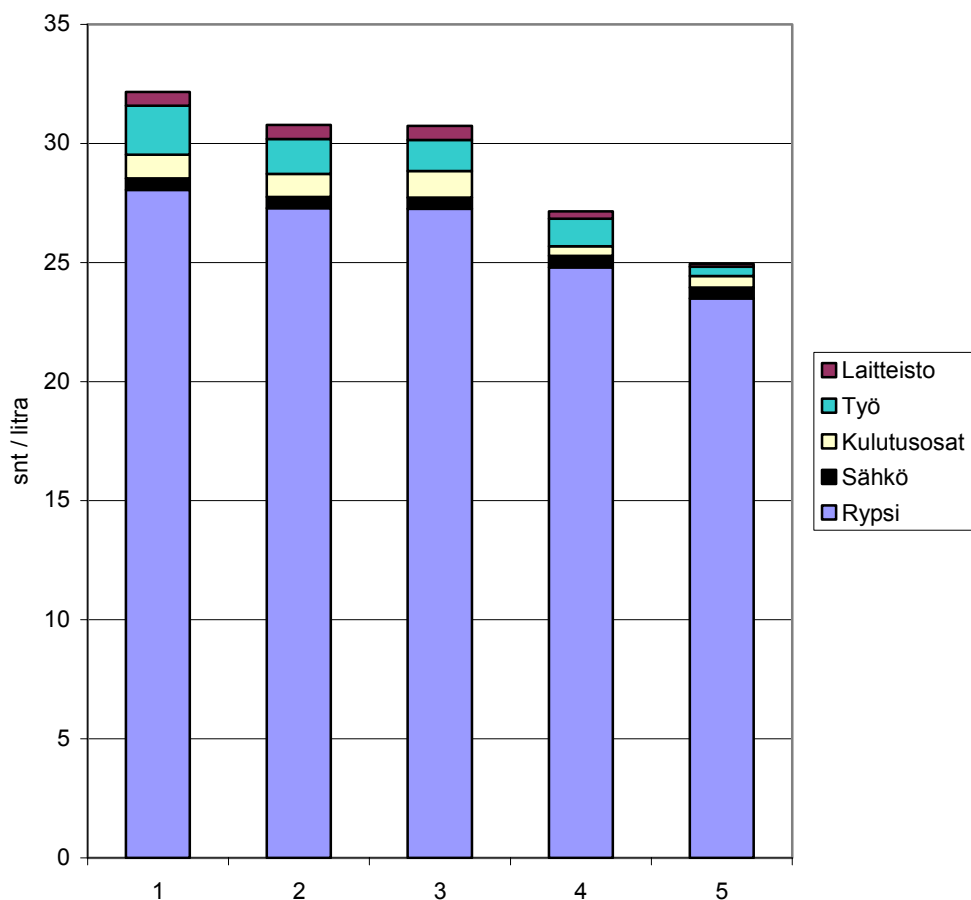
<sup>14</sup> Tuotantokustannukset rypsiöljylle ja RME:lle on eritelty numeerisesti liitteessä 4.

<sup>15</sup> Tiedot perustuvat laitevalmistajien ja asiantuntijoiden arvioihin: Skepta maskin AB, Ekolaiho Oy, Ekoesko, Limetti Oy.

Taulukko 6. Rypsipuristinten hankintahinta, laitekustannukset eri käyttöasteilla sekä öljysaanto.

Puristimet		1	2	3	4	5
Hankintahinta	€	2 500	4 600	5 000	7 400	9 000
Kuoletus, 7 vuotta	€	357	657	714	1 057	1 286
Korko, 5 %	€	75	138	150	222	270
Laitekustannus	€/a	432	795	864	1 279	1 555
70 % käyttöasteella	€/t rypsi	4	5	5	3	1
10 % käyttöasteella	€/t rypsi	31	32	34	18	7
Öljysaanto rypsiällä	%	25	25	25	28	28
Kapasiteetti						
Rypsi	kg/vrk	380	680	700	1 920	6 000
Rypsipuriste	kg/vrk	290	510	530	1 380	4 320
Rypsiöljy	kg/vrk	100	170	180	540	1 680
	l/vrk	110	190	200	610	1 900

ominaisuuksilla tai käyttöasteella ei ollut merkittävää vaikutusta rypsiöljyn tuotantokustannukseen. Puristimien käyttöasteen ollessa 70 prosenttia rypsin osuus on laitteesta riippuen 88–95 prosenttia puristuksen tuotantokustannuksista. Käyttöasteen ollessa 10 prosenttia on rypsin osuus edelleen 79–92 prosenttia tuotantokustannuksista.



Kuva 5. Rypsiöljyn tuotantokustannukset eri mittakaavan puristimilla (1–5) (Rypsin hinta 210 €/t, Rypsipuristeen hinta 200 €/t, Puristimien käyttöaste 70 %).



Taulukko 7. Rypsiöljyn tuotantokustannukset eri puristimilla, snt/litra rypsiöljyä.

Puristimet	1	2	3	4	5
Rypsi	28,0	27,3	27,3	24,8	23,5
Sähkö	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Kulutusosat	1,0	1,0	1,1	0,4	0,5
Työ	2,0	1,5	1,3	1,2	0,4
Laitteisto	0,6	0,6	0,6	0,3	0,1
Yhteensä	32	31	31	27	25

- Rypsin hinta 210 €/t
- Rypsipuristeen hinta 200 €/t
- Puristimien käyttöaste 70 %

Rypsipuristetta käsitellään selvityksessä sivutuotteena, jonka myyntihinnalla katetaan puristuksen tuotantokustannuksista puristeen myyntihintaa vastaava määrä. Jäljelle jäävä kustannusosa kohdentuu rypsiöljylle. Rypsin hinnan ollessa 210 €/t ja rypsipuristeen 200 €/t, rypsiöljyn tuotantokustannukseksi muodostuu puristimesta riippuen 25–32 snt/litra (281–359 €/t) (Kuva 5). Liitteeseen 2 on koottu taulukko, jossa tarkastellaan rypsin (170–270 €/t) ja rypsipuristeen (160–260 €/t) hintojen muutosten yhteisvaikutusta rypsiöljyn tuotantokustannukseen. Taulukkoa lukiessa on syytä muistaa, että rypsin ja rypsipuristeen hinta eivät suoraan riipu toisistaan. Rypsipuristeen hinta perustuu sen ruokinnalliseen valkuaisarvon, joka seuraa soijjarouheen hinnanmuutoksia markkinoilla (Luku 2).

Maatalousyrittäjien keskuudessa on yleisesti käytössä laskentatapa, jossa yrittäjä ei laske työlleen palkkaa, vaan palkka muodostuu siitä, mitä toiminnasta ”jää käteen” kun kulut on maksettu. Tämä on olennainen osa yrittäjyyden luonnetta. Esimerkkilaskelmissa työmenekkiä ja siitä saatavaa palkkaa on kuitenkin syytä arvioida ja sisällyttää yrittäjän palkkavaatimus tuotantokustannuksiin. Ylijäävä osuus on palkan lisäksi muodostuvaa yrittäjän voittoa. Jos tuotantokustannus on suurempi kuin tuotteen markkinahinta, yrittäjä ei pysty maksamaan itselleen palkkaa ja/tai tehdylle investoinnille korkoa.

Öljynpuristimen työmenekki on varsin vähäinen silloin kun puristin käy vuorokaudesta toiseen ongelmitta. Laskelmassa kunkin puristimen valvontatyöhön on arvioitu kuluvan 0,3 h/vrk (Taulukko 7). Suurin työmenekki syntyy kun puristettava erä loppuu ja uusi alkaa. Puristuserän loppuessa puristin täytyy puhdistaa. Uutta erää aloitettaessa säätöjen kohdalleen asettamisen saattaa kulua useita tunteja. Peruslaskelmassa on oletettu että puristin käy viikon kerrallaan.

Ihmistyön arvona laskelmassa on käytetty maataloustyöntekijän vaatimusryhmä 5. mukaista palkkaa, jossa palkan osuus on 7,75 euroa/tuntia. Tähän lisätään välilliset työvoimakustannukset (+58 %), jolloin työn arvoksi muodostuu 12,25 euroa/tunti. Yrittäjän oman työn osalta välilliset kustannukset ovat pienemmät, mutta yrittäjän tulee ottaa huomioon eläkevakuutusmaksut sekä loma- ja sairausajan palkka (Enroth 2005).

Taulukko 8. Puristimien työ-, kulutusosa- ja sähkökustannus.

Puristimet		1	2	3	4	5	
Valvontatyö	h/vrk	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Puhdistustyö	h/puristuserä	1	2	2	8	8	
Huoltotyö	h/a	14	14	14	35	110	
Puristuseriä	kpl/a	52	52	52	52	52	
Työ yhteensä	h/a	176	228	227	561	635	
Työkustannus kun							
Puristuserän pituus on	1 kk	€/t rypsi	11,8	7,3	6,5	4,2	1,8
	1 vko	€/t rypsi	15,3	11,2	10,1	9,8	3,6
	3 päivää	€/t rypsi	21,4	18,1	16,3	19,5	6,7
	1 päivä	€/t rypsi	42,7	42,1	37,8	53,6	17,6
Ruuvien huoltoväli	t rypsiä	50	50	150	150	150	
Ruuvien vaihto/hitsaus	€	300	300	550	400	500	
Vastakappaleen vaihtoväli	t rypsiä	200	200	900	900	900	
Vastakappale	€	300	300	900	680	850	
Kulutusosat	€/t rypsiä	7,5	7,5	8,6	3,4	4,3	
Sähkö	kWh/t rypsiä	47	47	47	53	53	
Sähkökustannus	€/t rypsiä	3,63	3,63	3,63	4,06	4,06	

Kulutusosista ruuvien ja sen vastakappaleen kuluminen riippuvat puristettavan rypsin puhtaudesta. Ongelmana ovat kuljetusten ja mahdollisesti myös puinnin yhteydessä rypsin sekaan joutuneet rypsin siemenen kokoiset kivet, joiden erottelu seuloilla on hankalaa. Laskelmassa on käytetty jonkin verran valmistajien ilmoittamaa alempaa arviota tarpeelle korjata tai uusia ruuvi ja sen vastakappale (Taulukko 8). Sähkönkulutuksessa on tyydytty arvioon, jossa kukin puristin kuluttaa tuotettua rypsiöljytonnia kohden yhtä paljon sähköä (0,19 kWh/kg rypsiöljyä). Arvio on mahdollisesti hieman yläkanttiin – esimerkiksi Bernesson (2004) laskee pienpuristimienkin kuluttavan sähköä vain 0,1 kWh/kg rypsiöljyä. Taulukossa 8 ilmoitettujen arvojen poikkeama toisistaan johtuu siitä, että arvot on ilmoitettu puristettavaa rypsiementonnia kohden.

### 3.2 Kasviöljyn suorakäyttö

Kasviöljyä voidaan käyttää polttoaineena myös sellaisenaan. Suorakäytön (SVO, straight vegetable oil) etuna esteröityyn biodieseliin nähden on sen yksinkertaisempi ja edullisempi tuotantoprosessi ja parempi energiahyötysuhde. Kun öljyä ei esteröidä, polttoainekustannus muodostuu pelkästä kasviöljyn hinnasta ja tuotannon energiakäyttö öljykasvin viljelystä sekä öljyn puristuksesta. Esteröidyn biodieselin ongelmakohtana on tuotantoprosessissa käytettävä maakaasupohjainen metanoli, joka on kallista ja tuo tuotantoketjuun merkittävän fossiilisen energiapanoksen. Lisäksi metanoli on myrkyllistä ja helposti haihtuvaa, muodostaen biodieselin tuotantopaikalle potentiaalisen ympäristö ja onnettomuusriskin<sup>16</sup>. Näitä ongelmia ei kasviöljyn suorakäytössä ole (Ansø & Bugge 2001).

<sup>16</sup> Metanolin käytön kanssa on noudatettava varovaisuutta hyvän työturvallisuuden ylläpitämiseksi. Metanoli syttyy herkästi lämmön, kipinöiden ja staattisen sähkön vaikutuksesta. Lämpimästä nesteestä haihtuva höyry voi syttyä pitkähkön matkan päässä päästökohdasta. Suora altistuminen suurille pitoisuuksille on myös erittäin haitallista terveydelle (Työterveyslaitos 2006).

Suorakäytön ongelmana on, että nykyisiä dieselmoottoreita ei ole suunniteltu kasviöljyn käyttöön. Nykyaikaisissa suoraruiskutusdieselmoottoreissa käytetään polttoaineen korkeaa ruiskutuspainetta, tarkkaa polttoaineen annostelua ja pieniä polttoainesuuttimia. Näillä saadaan aikaan tehokas palaminen ja vähäiset ilmapäästöt. Kasviöljyjen viskositeetti on suuri, rypsiöljyllä jopa 15-kertainen diesel-polttoaineeseen verrattuna (Ali & Hanna 1994). Kasviöljyjen heikko juoksevuus aiheuttaa ongelmia ahtailla suuttimilla varustetussa suoraruiskutusjärjestelmässä. Kasviöljy soveltuu kuitenkin varauksin vanhoihin esikammio-dieselmoottoreihin. Näissäkin kasviöljyjen sisältämät vaha-ainesosat saattavat tukkia polttoainesuuttimia moottorin jäähtyessä. Sekoittamalla dieselpolttoainetta kasviöljyn sekaan saadaan kasviöljyn käyttöominaisuuksia parannettua.

Puhdasta kasviöljyä käytettäessä polttoaineen syttymisen ja tasaisen palamisen varmistamiseksi tarvitaan moottoriin polttoaineen esilämmitysjärjestelmä ja kaksi polttoainetankkia. Niiden asentaminen aiheuttaa, moottorimallista riippuen, muutamien tuhansien eurojen kustannuksen.

Puhtaiden kasviöljyjen leimahduspiste on korkea, haihtuvuus huono ja syttyvyysominaisuudet siksi melko heikkoja. Tämän vuoksi SVO:n käynnistys- ja kylmäkäyttöominaisuudet ovat esteröityä biodieseliä heikommat. Toisaalta nämä ominaisuudet mahdollistavat jatkuvan suorakäyttöön tarkoitetun moottorin puristussuhteen nostamisen, joka parantaa moottorin hyötysuhdetta.

Koska puhtaat kasviöljyt sopivat vain rajoitetusti käytettäväksi nykyisissä diesel-moottoreissa ilman teknisiä muutostöitä, niitä ei tässä selvityksessä käsitellä. SVO:n tuotanto ja käyttö joko puhtaana tai erilaisina seoksina voi kuitenkin olla realistinen vaihtoehto yksittäisille maatiloille, joilla on siihen sopivaa kalustoa. Suomessa esimerkiksi pöytyäläinen yrittäjä on 1990-luvun alkupuolelta lähtien tehnyt suorakäyttökokeita sinappiöljyllä<sup>17</sup>.

### 3.3 Esteröinti

Yleisimmin biodieselin esteröintiin käytetty alkoholi on metanoli ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Myös etanolin käyttö on mahdollista, mutta se on metanolia hankalampaa puhtaaksi tislattun etanolin (96–98 %) edelleen sisältämän veden takia. Lisäksi etanoli on markkinahinnaltaan metanolia kalliimpaa.

Raaka-aineiden suhde vaikuttaa biodieselin saantoon ja laatuun. Metanolin käyttötarve vaihtelee biodieselin valmistuksessa käytettävän öljyn rasvahappokoostumuksesta ja laitetekniikasta riippuen huomattavasti. Pienlaitteistolla käyttötarve on 20–25 tilavuusprosenttia esteröitävän öljyn tilavuudesta (Collaborative Biodiesel... 2005). Rypsiöljyn tiheys on 0,885 kg/l ja metanolin 0,79 kg/l, jolloin yhden öljykilon esteröimiseen tarvitaan 0,18–0,22 kiloa meta-

---

<sup>17</sup> Lisätietoja sinappiöljystä ja kasviöljyjen suorakäytöstä esimerkiksi <http://www.ekolaiho.fi>.

nolia. Teollisen mittakaavan laitteilla metanolin käyttötarve laskee, metanolin tehokkaan kierrätyksen ja prosessin paremman optimoinnin takia lähelle käytettävän öljyn teoreettista tarvetta (8–15 %).

Metanoli valmistetaan pääsääntöisesti maakaasusta. Tästä johtuen sen hinta seuraa fossiilisten polttoaineiden maailmanmarkkinahintakehitystä. Tämä on näkynyt viime vuosina nopeana metanolin hinnan nousuna. Vielä vuonna 2004 metanolin pörssinoteeraukset olivat noin 200 euroa/tonni, kun vuoteen 2006 mennessä hinnat ovat kohonneet yli 300 €/t-tasolle.

Suurimpia kotimaisia metanolin käyttäjiä ovat paperi- ja metalliteollisuus sekä jätevedenpuhdistus. Suurkäyttäjät tuovat paljolti metanolia suoraan Venäjältä, jolloin hinta on kotimaisia tukkuhintoja edullisempi. Tukkukaupassa metanolin hinta keskisuuralle käyttäjälle (1 000–2 000 t/a) on nykytasolla noin 330–360 euroa/tonni. Yksittäiselle tilaajalle hinta on huomattavasti korkeampi. Tilaamalla tankkiautollisen metanolikustannukseksi muodostuu noin 400 €/t. Kuutiosäiliössä metanolin tonnihinta nousee jo 800–1 000 euroon. Tynnyrikaupassa ja tätä pienemmissä yksiköissä metanolin hinta on noin 1,5–2 euroa/kg<sup>18</sup>. Metanoli on biodieselin valmistuksessa merkittävä kustannuserä, jossa jatkuvuudella ja keskitetyillä hankinnoilla voidaan saada kustannussäästöjä.

Prosessin kiihdyttämiseksi esteröinnissä voidaan käyttää katalyyttinä joko emästä (esim. NaOH, KOH) tai happoa (esim. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, HCl) öljyn laadusta riippuen. Pienmittakaavan laitteissa käytetään teknisen yksinkertaisuuden vuoksi yleensä pelkästään lipeää (NaOH). Tällöin öljyn sisältämät vapaat rasvahapot saattavat aiheuttaa ongelmia ja sivutuotteena syntyvää glyserolia muodostuu normaalia enemmän. Tehokkaammin prosessi toimii monivaiheisena, jossa esimerkiksi ensin saadaan aikaan esterifikaatio hapolla ja tämän jälkeen transesterifikaatio emäksellä (Journey to Forever 2006).

Titrauksella voidaan selvittää tarkka katalyytin tarve. Rypsiöljyllä se on karkeasti 3,5 grammaa lipeää esteröitävää öljylitraa kohden. Kierrätyskasviöljyllä katalyytin tarve on noin 6,25–7,5 grammaa öljylitraa kohden (mt.). Lipeän hinta on kolmen kilon pakkauksessa noin 2,5 euroa/kg (Biltema 2006). Suurempia määriä ostettaessa lipeää saa noin 500 euroa/tonni kustannuksella. Katalyyttien käyttömäärä on kuitenkin niin pieni, että niiden merkitys biodieselin tuotantokustannuksiin jää joka tapauksessa hyvin vähäiseksi.

Prosessin tehokkuudesta ja siinä käytetystä öljystä riippuu, paljonko raakaglyserolia syntyy. Pienmittakaavan laitteilla glyserolia saattaa muodostua jopa yli 25 % käytetyn öljyn määrästä. Tehokkaassa monivaiheisessa prosessissa glyserolia muodostuu enää muutamia prosentteja käytettyyn öljymäärään nähden (Superior Process... 2004).

---

<sup>18</sup> Tiedonanto: Algol Chemicals, 26.5.2006.

Jotta biodieselin valmistuksessa syntyvä glyseroli kelpaisi edelleen jalostettavaksi, siitä pitää puhdistaa saippuat sekä katalyytti- ja alkoholiylijäämät. Puhtaalla glyserolilla on runsaasti teollisia käyttökohteita. Todennäköinen maatilamittakaavassa tuotetun pienen raakaglyserolimäärän käyttömuoto on kuitenkin sen polttaminen seoksena jonkin kiinteän polttoaineen kanssa. Raakaglyserolin markkinahinnaksi on tässä oletettu 100 euroa/tonni. Esimerkiksi Booth ym. (2005) arvioivat maatilalla tuotetun glyserolitonnin hinnan optimistisemmin 110 punnaksi (n. 165 €). Glyserolin hinnalla ei kuitenkaan ole suurta vaikutusta RME -tuotannon kokonaiskannattavuuteen.

Tarkastelussa on viisi eri kokoluokan laitetta (Taulukko 9)<sup>19</sup>. Näistä pienin on ”nyrkkipajassa valmistettu” esteröintilaitteisto. Esteröinnin minimiteknologia on varsin yksinkertaista, joten esimerkkejä kotikutoisista laitteistoista on runsaasti<sup>20</sup>. Laitteiston investointikustannukseksi on arvioitu 1 000 euroa. Myös Suomessa on useita esimerkkejä, joissa laitteisto on työtä lukuun ottamatta rakennettu lähes ilmaiseksi, kierrätysmateriaaleja hyödyntäen. Muut neljä laitetta ovat kaupallisia ja edustavat pääsääntöisesti ulkomaista tekniikkaa. Huomattavaa on, että jos laitteiston käyttöaste pysyy kohtuullisena, investointikustannuksella on varsin pieni vaikutus tuotantokustannuksiin. Pääomakustannukset on laskettu viiden prosentin korolla ja seitsemän vuoden kuoletusajalla.

Käytettäessä neitseellistä kasviöljyä biodieselin raaka-aineena öljy muodostuu selvästi merkittävimmäksi tuotantokustannuseräksi (50–80 %). Kierrätettyä kasviöljyä saattaa saada öljyjen kerääjältä tai suoraan syntypisteestä jopa ilmaiseksi. Tällöin öljyn keräilystä, kuljetuksista, puhdistuksesta ja sen sisältämän veden haihdutuksesta syntyy kuitenkin lisäkustannuksia. Lisäksi metanolin ja katalyytin käyttötarve kasvaa. Tässä selvityksessä tuotantokustannuslaskelmat on esitetty ainoastaan rypsiöljypohjaiselle biodieselille.

Taulukko 9. Esteröintilaitteiden hankintahinta ja kapasiteetti.

Esteröintilaitteet		1	2	3	4	5
Hankintahinta	€	1 000	5 500	15 000	66 000	160 000
Kuoletus, 7 vuotta	€/a	143	786	2 143	9 429	22 857
Korko, 5 %	€/a	30	165	449	1 978	4 794
Laitekustannus	€/a	173	951	2 592	11 406	27 651
70 % käyttöasteella	€/t RME	10	28	36	51	41
50 % käyttöasteella	€/t RME	13	39	50	71	57
30 % käyttöasteella	€/t RME	22	66	84	118	96
10 % käyttöasteella	€/t RME	67	197	252	355	287
Laitteiston kapasiteetti, RME	kg/vrk	70	132	282	880	2 640
	litraa/vrk	80	150	320	1 000	3 000

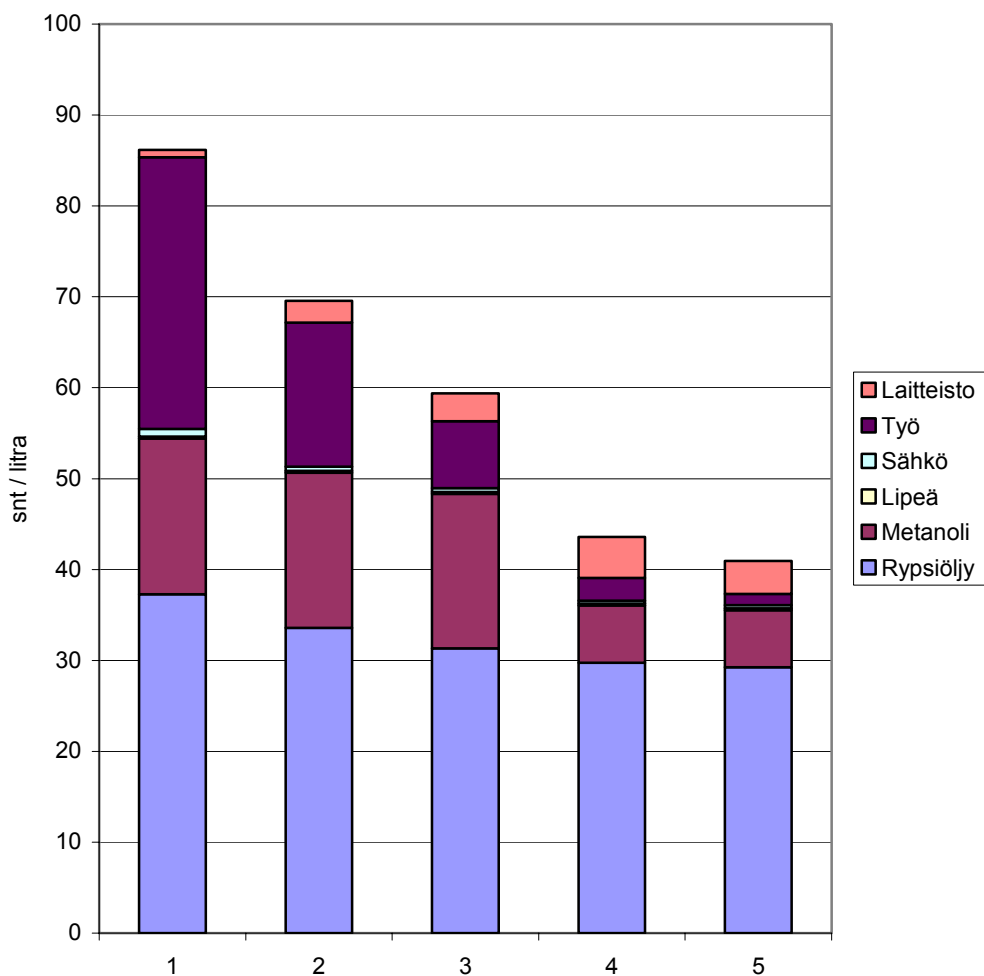
<sup>19</sup> Tiedot perustuvat laitevalmistajien ja asiantuntijoiden arvioihin: Limetti Oy, Prizztech Oy, Ageratec AB.

<sup>20</sup> Katso esimerkiksi <http://www.biodieselnow.com/> tai Collaborative Biodiesel Tutorial osoitteessa <http://www.biodieselcommunity.org>

Taulukko 10. Esteröintilaitteiden (1–5) eri käyttöasteiden vaatima rypsin viljelyala 1500 kg/ha sato-  
tasolla.

Käyttöaste	Pinta-ala	1	2	3	4	5
10 %	ha	9	16	30	100	300
30 %	ha	26	48	100	300	910
50 %	ha	43	80	170	500	1510
70 %	ha	60	112	240	710	2120
90 %	ha	77	145	310	910	2720

Luvun 3.1 perustarkastelussa rypsiöljyn omakustannehinta on laitetekniikasta riippuen noin 280–360 €/t. Peruste maailmanmarkkinahintaa (~ 550 €/t) edullisemmalle hintatasolle on, että kylmäpuristetun rypsiöljyn eurooppalaiset markkinat ovat varsin kylläiset, jonka takia etenkin uusien pienpuristamoiden on vaikea päästä elintarvikemarkkinoille. Biodiesel tarjoaa vaihtoehtoisen tavan muodostaa rypsilille ja siitä puristetulle öljylle lisäarvoa maatilalla. Lisäksi öljy biodieselin valmistukseen voidaan puristaa myös elintarvikekäyttöön kelpaamattomista rypsieristä.



Kuva 6. RME:n tuotantokustannus eri laitteilla (1–5) 70 % käyttöasteella.

RME:n tuotantokustannuksia tarkastellaan tässä olettaen, että valmistajalla on hallinnassaan koko tuotantoketju öljyn puristuksesta biodieselin valmistukseen asti. Kullekin esteröintilaitteelle on valittu tuotannon tason huomioiden edullisin öljynpuristuslaitteisto, jolloin rypsiöljyn hinnaksi muodostuu tuotannon tasolle sopeutettu omakustannehinta. Puristinten kapasiteetit eivät kaikilla esteröintilaitteilla tule yhtäläisesti hyödynnettyä, minkä vuoksi tässä esitetyt rypsiöljyn omakustannehinnat eivät täysin vastaa luvussa 3.1 esitettyjä. Metanolin kustannukseksi on oletettu kahdella suurimmalla laitteistolla 400 euroa/tonni ja muilla 800 €/t. Rypsiöljyn ja metanolin hinnan muutosten vaikutus RME:n tuotantokustannukseen on eritelty tarkemmin liitteessä 3.

On huomattava, että kuvassa 6 ja taulukossa 9 esitetyt 70 % käyttöasteet vaativat pienimilläkin laitteilla jo varsin ammattimaista RME:n valmistusta. Laitteiston on oltava käytössä lähes päivittäin. Taulukkoon 10 on koottu esteröintilaitteiden eri käyttöasteilla vaatima rypsin viljelyala 1 500 kg/ha satotasolla. Tulos viittaa vahvasti siihen, että tuotantokustannuksien näkökulmasta viljelijöiden yhteistyö, osuustoiminta tai jalostajan usean viljelijän kanssa tehtävä alihankkijasopimus ovat suositeltavia vaihtoehtoja. Pelkän oman rypsinsadon ajoittainen, harrasteluontoinen puristaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Suuret hehtaari-määrät rajaavat myös RME:n tuotannon sijoittumisen suhteellisen vahvoille rypsinviljelyseuduille.

Taulukko 11. RME:n tuotantokustannusten jakautuminen eri kustannuseriin 70 % käyttöasteella.

Esteröintilaitteet	1		2		3		4		5	
	snt/l	%	snt/l	%	snt/l	%	snt/l	%	snt/l	%
Rypsiöljy	37,3	43	33,6	48	31,3	53	29,7	68	29,2	71
Metanoli	17,2	20	17,1	24	17,0	29	6,3	14	6,3	15
Lipeä	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1
Sähkö	0,9	1	0,5	1	0,5	1	0,3	1	0,3	1
Työ	29,9	35	15,8	23	7,4	12	2,5	6	1,2	3
Laitteisto	0,8	1	2,4	3	3,1	5	4,5	10	3,6	9
<b>Yhteensä</b>	<b>86</b>		<b>70</b>		<b>59</b>		<b>44</b>		<b>41</b>	
Laitteistojen käyttöaste 70 %										
Tuotanto vuodessa	t/a	18	34	72	225	675				
	m <sup>3</sup> /a	20	38	82	256	767				

Taulukko 12. Laitteiston käyttöasteen vaikutus RME:n tuotantomäärään ja tuotantokustannukseen.

Esteröintilaitteet Käyttöaste	1		2		3		4		5	
	m <sup>3</sup> /a	snt/l	m <sup>3</sup> /a	snt/l	m <sup>3</sup> /a	snt/l	m <sup>3</sup> /a	snt/l	m <sup>3</sup> /a	snt/l
10 %	3	106	5	96	12	90	37	76	110	65
30 %	9	92	16	78	35	66	110	51	329	46
50 %	15	89	27	72	58	61	183	46	548	43
70 %	20	86	38	70	82	59	256	44	767	41
90 %	26	84	49	68	105	58	329	42	986	40

## 4 Kustannusvertailu fossiiliseen dieseliin

Halvimmillaan RME:n tuotantokustannus ilman veroja on hieman yli 0,40 €/l, kun taas pienissä tuotantoyksiköissä se nousee jopa tasolle yli 0,80 €/l. Vastaavaan tuotantokustannukseen, tosin huomattavasti pienemmällä vaihteluvälillä, ovat myös Booth ym. (2005) arvioineet päästävän Skotlannissa, laskiessaan laajan selvitystyön pohjalta RME:n tuotantokustannukseksi 0,40–0,48 €/l. Iso-Britanniassa on arvioitu kustannuksen olevan 0,45 €/l (Walker ym. 2002). Rypsin raaka-ainekustannus on näissäkin tutkimuksissa hallitsevassa asemassa RME:n tuotantokustannusten määrittäjänä. Tässä selvityksessä mukana ollutta pienimmän mittakaavan tuotantoa ei ole kansainvälisesti arvioitu.

Normaalin diesel-polttoaineen ja kevyen polttoöljyn polttoainevero koostuu perusverosta, lisäverosta ja huoltovarmuusmaksusta, jotka muodostavat yhdessä polttoaineen niin sanotun valmisteveron. Nämä tulee maksaa öljyn käyttötarkoituksesta riippumatta. Biodieselistä ei ainakaan toistaiseksi ole lämmityskäytössä tarvinnut maksaa valmisteveroa. Työkonekäytössä siitä tulee suorittaa normaali polttoöljyä vastaava vero.

Ajoneuvokäytössä biodieselin valmistevero on fossiilista dieseliä korkeampi. Tavallinen dieselöljy sisältää nykyään alle 10 mg/kg rikkiä, jolloin sitä kohdellaan verotuksessa rikitömänä dieselöljynä, jonka perusvero on 2,65 snt/l pienempi kuin rikkipitoisella öljyllä. Biodiesel on täysin rikitön polttoaine, mutta tästä huolimatta siitä suoritetaan tullinimikkeistön perustuen rikillisen dieselöljyn valmistevero (Taulukko 13).

Useimmissa EU-maissa biodieselille on myönnetty verohelpotuksia suhteessa fossiilisen dieselin verotukseen. Myös Suomessa on jätetty lakialoite biopolttoaineiden verovapaudesta<sup>21</sup>. Valmisteveron poisto toisi pienimuotoisesti valmistetunkin biodieselin samalle hintatasolle fossiilisen dieselöljyn kanssa. Verotusjärjestelmä, jossa biodieselistä maksetaan rikkipitoisen polttoaineen valmistevero sekä sen jälkeen 22 % arvonlisävero, tekee pienen mittakaavan RME -tuotannon ajoneuvokäyttöä varten tappiolliseksi nykyisellä fossiilisen dieselin hinnalla (Kuva 9).

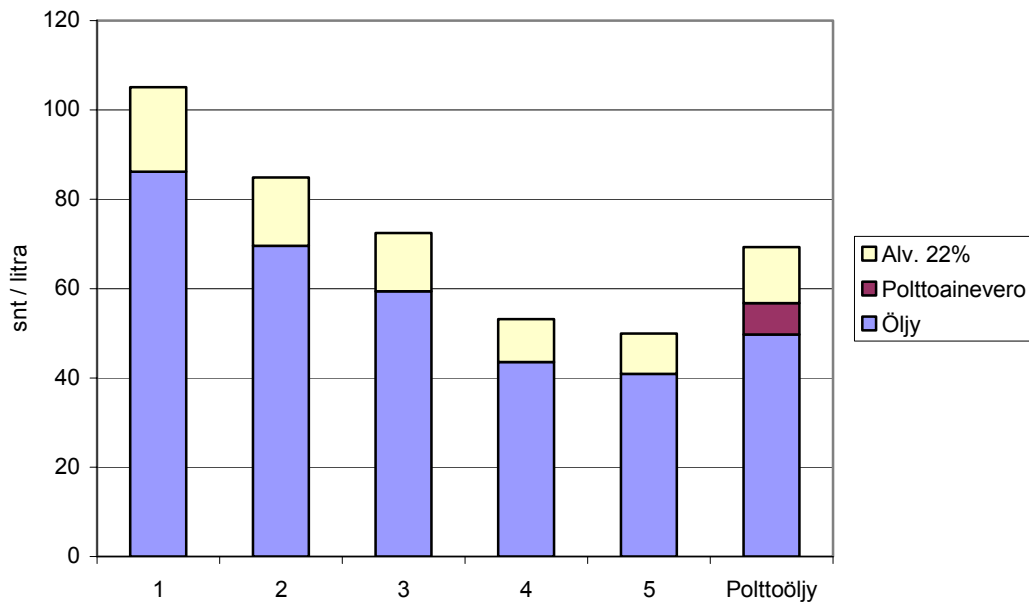
Taulukko 13. Polttoaineiden verotus, snt/litra.

	Kevyt polttoöljy	Diesel -rikitön	-muu laatu, biodiesel
Perusvero	1,93	26,83	29,48
Lisävero	4,78	4,76	4,76
Huoltovarmuusmaksu	0,35	0,35	0,35
<b>Yhteensä</b>	<b>7,06</b>	<b>31,94</b>	<b>34,59</b>

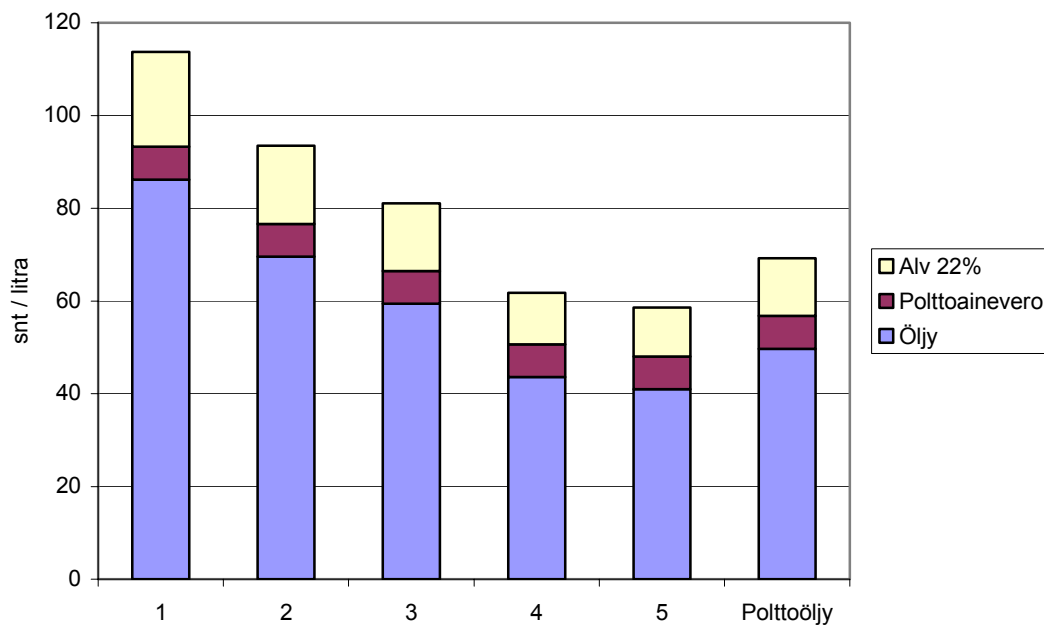
Lähde: Finlex 1994

<sup>21</sup> Kansanedustaja Pertti Hemmilä (kok.) jätti lakialoitteen nestemäisten biopolttoaineiden valmisteveron muuttamisesta 17.2.2006. Aloitteen allekirjoitti 144 kansanedustajaa





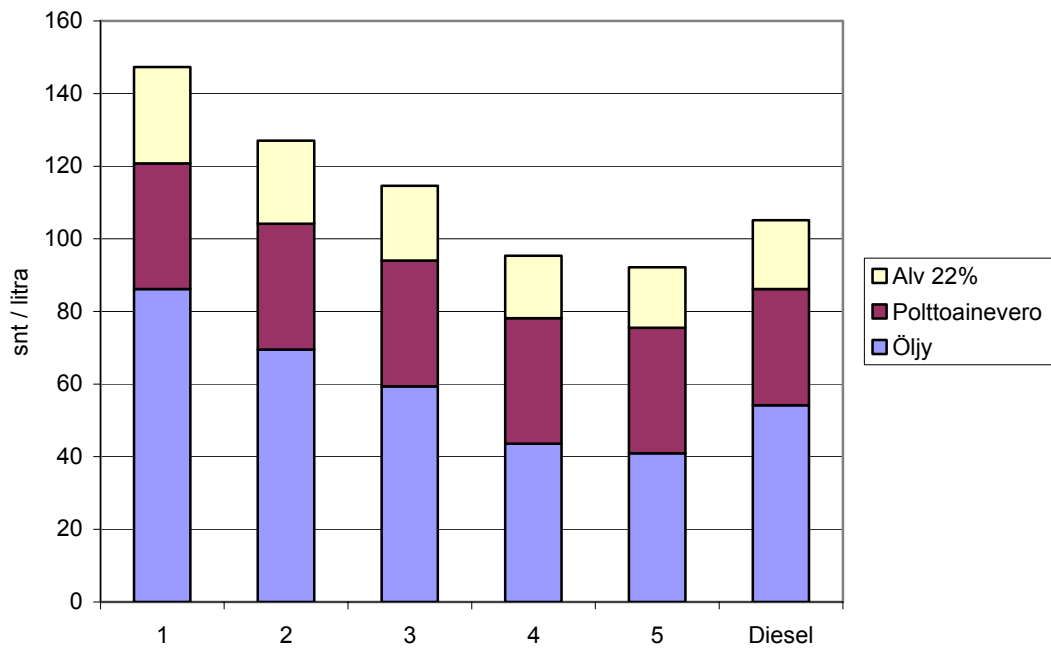
Kuva 7. RME lämmityskäytössä (Kevyen polttoöljyn hinta 15.5.2006 (Öljy- ja kaasualan... 2006)).



Kuva 8. RME työkonekäytössä (Kevyen polttoöljyn hinta 15.5.2006 (Öljy- ja kaasualan... 2006)).

Tässä esitettyjä rypsi biodieselin tuotantokustannuksia tarkasteltaessa on syytä ottaa huomioon että laskelmat eivät sisällä kaikkia kaupallisessa tuotannossa syntyviä kustannuksia. Selvityksen ulkopuolelle ovat jääneet esimerkiksi lopputuotteen kuljetukset, tuotantorakennukset, markkinointikustannukset ja yrittämiseen liittyvät yleiskulut.

Tämänhetkisellä fossiilisten polttoaineiden hintatasolla kahdella suurimmalla maatilakokoluokan laitteistolla valmistettu rypsi biodiesel on hieman fossiilista vaihtoehtoa halvempaa.



Kuva 9. RME ajoneuvokäytössä (Dieselöljyn hinta 15.5.2006 (Öljy- ja kaasualan... 2006).

Suhteellisesti suurin ero on lämmitysöljyssä, mutta myös tieliikennekäyttöön RME on hie-  
 man tavallista dieselöljyä edullisempaa (Kuvat 7 ja 8). Kolmella pienimmällä laitteistolla  
 RME:n tuotantokustannus nousee kuitenkin tavanomaisen polttoaineen hintaa suuremmaksi,  
 joskin laitteiston 3 osalta ero ei lämmitysöljyä tuottaessa ole suuri. Pienimmällä tarkastel-  
 lulla laitteistolla 1 edes suuren työkustannuksen (29,9 c/l, taulukko 11) huomiotta jättäminen  
 ei laske lopputuotteen tuotantokustannusta fossiilisen öljyn tasolle.

## 5 Johtopäätökset

Eurooppalainen rypsi biodieseltuotanto on voimakkaassa kasvussa, mutta Suomessa rypsi biodieseliä tuottaa tällä hetkellä ainoastaan muutama laitteistoyritys ja pienvalmistaja. Puristin- ja esteröintiteknologiaa on saatavilla suunnilleen samaan hintaan maasta riippumatta. Voidaan olettaa, että suomalaisen RME:n litrakohtaiset tuotantokustannukset ovat jonkin verran korkeampia kuin Keski- ja Etelä-Euroopassa, johtuen öljykasvien suhteellisesti alhaisesta hehtaarisadosta. Tämä selvitys osoittaa, että kohtuullisen suurilla tuotantomäärillä ja nykyisillä tuotantopanosten hintasuhteilla tämä ero on vähäinen. Myös Suomessa on taloudellinen perusta rypsiin perustuvalla polttoainetuotannolle.

Kotimaisella biodieselillä on ajoneuvokäytössä fossiilista dieseliä korkeampi valmistevero. Useimmissa muissa EU-maissa on katsottu biodieselin tuotantoon liittyvien potentiaalisten hyötyjen olevan niin merkittäviä, että tuotantoa on pyritty tukemaan erilaisten talouspoliittisten instrumenttien avulla. Yleisimmin nämä ovat eriasteisia verohelpotuksia.

Energiaverotuksella pyritään periaatteessa ohjaamaan energian käyttöä ja tuotantoa yhteiskunnan kokonaisedun mukaiseksi, ottaen huomioon energia-, ympäristö- ja ilmastopoliittiset tavoitteet. Yleisiä tavoitteita ovat energijärjestelmän monipuolisuus ja toimintavarmuus, tehokkaan ja kilpailukyisen energijärjestelmän kehittäminen ja uuden energiateknologian edistäminen. Energiaveroilla on kuitenkin tunnetusti ohjausvaikutustensa lisäksi myös suuri valtiontaloudellinen merkitys (Hiltunen 2004). Vuonna 2002 valmisteverotuottoja kertyi 2760 miljoonaa euroa, josta polttoaineen perusveron osuus oli 1990 miljoonaa euroa. Kokonaisuudessaan valmisteverokertymä vastasi vajaata kymmentä prosenttia valtion tuloista (VM 2004).

Mikäli biopolttoaineiden verotusta kevennetään poltto- ja dieselöljyn osalta, veromenetysten suuruus riippuu syntyvän biodieselin kotimaisen valmistuksen ja tuonnin volyyymista. Kotimaisen polttoainetuotannon kasvaminen tuo tuloja valtiolle palkkaverotuksen, työllisyyden ja sosiaalimaksujen muodossa. Saksassa tehdyn selvityksen mukaan saksalaisen RME -tuotantoketjun kompensoiva vaikutus tuo valtiolle takaisin 70–80 % menetetyistä energiaverotuloista (Backley 2002).

Kauppa- ja teollisuusministeriön asettama liikenteen biopolttoaineiden edistämistä selvittänyt työryhmä päätyi suosittamaan biokomponentin käyttövelvoitetta veronalennuksen sijaan (KTM 2006). Käyttövelvoitteella on puolellaan selkeä etu; se siirtää toimenpiteen kustannuksen kaikilta veronmaksajilta tuotteen varsinaisille käyttäjille kohoavien polttoainehintojen myötä. Toisaalta käyttövelvoitteen voidaan nähdä suosivan keskitettyä tuotantoa pienimuotoisen, esimerkiksi maataloilla tapahtuvan tuotannon sijaan.

Verotuksen lisäksi rypsi biodieselin tuotanto- ja käyttöpotentiaalia rajoittavat selkeimmin rypsilille sopivan viljelyalan määrä ja alhaiset satotasot. Rypsi kilpailee nykyisin pellon käytössä lähinnä viljakasvien kanssa. Rypsin viljelyalan kasvattaminen on Suomessa ollut pitkäaikai-

nen maatalouspoliittinen tavoite esimerkiksi rehuomavaraisuuden ja viljelykierron monipuolistamisen vuoksi. On mahdollista, että viimeaikainen bioenergiakeskustelu ja kasvanut kiinnostus maatilamittakaavan biodieselin tuottamiseen tulevat näkymään rypsin viljelyalan kasvuna myös Suomessa. Rypsisadon nostaminen on mahdollista entistä markkinaperusteisemmin motivoituneen tuotannon sekä tauti- ja ravinneongelmiin keskittyvän kehitystyön avulla.

Kotimaisen rypsi-biodieselin tuotantopotentiaalia voidaan kasvattaa valmistusprosessia ja koko tuotantoketjua tehostamalla. Nykyistä RME:n tuotantoteknologiaa on mahdollista parantaa sekä taloudelliselta että ekologiselta kannalta. Siirryttäessä kertapanoslaitteistoista jatkuvatoimisiin prosessia automaattisesti seuraaviin esteröintilaitteisiin, metanolin tarpeen odotetaan laskevan tuntuvasti. Teollisia, jatkuvatoimisia laitoksia on maailmalla vasta muutamia, joten kestänee ainakin muutamia vuosia ennen kuin kaupalliset maatilamittakaavan laitteistot tulevat markkinoille. Tulevat jatkuvatoimiset teknologiat auttavat myös hajautetun RME-tuotannon potentiaalisiin laadunvalvontaongelmiin automaattisen diagnostiikan myötä.

Suomalainen maatalous ja maaseutu hyötyvät biopolttoaineiden käyttöönotosta taloudellisesti vain, mikäli pienen mittakaavan tuotanto on taloudellisesti kannattavaa. Keskitetyssä teollisessa biodieseltuotannossa kotimaisella raaka-aineella on vaikeuksia kilpailukykyyn suhteen. RME:n maatilatuotanto ja -käyttö vähentäisivät samalla polttoöljyn hintakehityksen merkitystä maatalojen kannattavuutta rasittavana ja tuotantokustannuksia merkittävästi nostavana tekijänä.

Tulevaisuudessa perinteinen RME tulee kilpailemaan toisen sukupolven biopolttoaineiden kanssa. Esitettyjen arvioiden mukaan kaasutukseen perustuvat teknologiat, joiden raaka-ainepohja on huomattavasti nykyisiä eläin- ja kasviöljyvaroja laajempi, tulevat kaupallisiksi 2015–2020 aikana (Mäkinen ym. 2005; KTM 2006; Lampinen & Jokinen 2006). Polttoaineiden hintasuhteista ja prosessien tehokkuuksista tulevaisuudessa on vaikea esittää luotettavaa arviota. Joka tapauksessa kehitystyötä ja pilottiprojekteja tarvitaan myös perinteisen rypsi-biodieseltuotannon uskottavuuden luomiseksi ja esitettyjen kustannusarvioiden todentamiseksi.

## Kirjallisuus

- Ali, Y. & Hanna, M.A. 1994. Alternative diesel fuels from vegetable oils. *Bioresource Technology* 50: 153–163.
- Ansø, N. & Bugge, J. 2001. Pure Plant Oil: Clean Engine Fuel Today & Tomorrow. *Sustainable Energy News* 34: 14–16.
- Backley, D. 2002. Biodiesel Production and Marketing in Germany. Berlin: Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen. 11 s.
- Bernesson, S. 2004. Farm-scale Production of RME and Ethanol for Heavy Diesel Engines. Doctoral Thesis. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 60 s.
- Biltema 2006. Hintatietoja. Viitattu 10.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.biltema.fi/>. Viitattu 26.5.2006.
- Booth, E., Booth, J., Cook, P., Ferguson, B. & Walker, K. 2005. Economic Evaluation of Biodiesel Production from Oilseed Rape grown in North and East Scotland. York: SAC Consultancy. 114 s.
- CBOT 2006. Chicago Board of Trade Market Data. Viitattu 22.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.cbot.com/>.
- Collaborative Biodiesel Tutorial. 2005. (Verkkodokumentti). Viitattu: 26.5.2006. Saatavilla internetistä: <http://www.biodieselcommunity.org>.
- EBB 2006. Statistics of the EU Biodiesel Industry. European Biodiesel Board. (Verkkodokumentti). Viitattu 16.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>.
- Eidman, V. R. 2006. Renewable Liquid Fuels: Current Situation and Prospects. *Choices magazine* 1/2006: Online magazine of the American Agricultural Economics Association. (Verkkodokumentti). Viitattu 16.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.choicesmagazine.org/2006-1/biofuels/2006-1-03.htm>.
- Energia-lehti 2006. Suomen bioenergian lisääminen kytkeytyy täysin metsäteollisuuteen. *Energia-lehti* 9.2.2006. 2 s.
- Enroth, A. 2005. Esimerkkilaskelmia tuotantokustannuksista. Maatalouskalenteri. Vantaa: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. 240 s.
- Faaij, A. P. C. 2006. Bio-energy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy* 34: 322–342.
- FAPRI 2006. Oilseeds Outlook. (Verkkodokumentti). Viitattu 22.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.fapri.org/>.
- Finlex 1994. Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta 29.12.1994/1472. Viitattu: 28.5.2006. Saatavilla internetistä: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941472>.
- Frondel, M. & Peters, J. 2005. Biodiesel: A New Oildorado? Rheinisch-Westfälisches Institut discussion papers 36. Essen: RWI. 22 s.
- Hiltunen M. 2004. Economic Environmental Policy Instruments in Finland. Helsinki: Suomen ympäristökeskus (SYKE). 35 s.
- Hollo, J. 2006. Öljykasviteollisuus sopimuskumppanina. Valtakunnallinen rypsipäivä, Hämeenlinna, 9.3.2006.
- Jaakkola, S. 2003. Kaalikasvien glukosinolaatit rikkakasvien torjunnassa. Teoksessa: Tiilikkala, K. (toim.). Biorjunta osana ekologista kasvinuojelua. Maa- ja elintarviketalous 10. Jokioinen: MTT. 79 s.

- Journey to Forever 2006. Two-Stage Biodiesel. (Verkkodokumentti). Viitattu: 26.5.2006. Saatavilla internetistä: <http://journeytoforever.org/>.
- Juntti, L., Pihamaa, P. & Heikkilä, A-M. 2005. Kotimaista valkuaista herneestä - Onko viljelyyn taloudellisia edellytyksiä? MTT:n selvityksiä 93. Jokioinen: MTT. 34 s.
- Järvenpää, M., Sankari, H. Tuunanen, L. & Maunu, T. 1994. Bioenergian tuotanto elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla. Työtehoseuran julkaisuja 333. Helsinki: Työtehoseura ry. 109 s.
- Kangas, A., Laine, A., Niskanen, M., Salo, Y., Vuorinen, M., Jauhiainen, L. & Nikander, H. 2006. Virallisten lajikekokeiden tulokset 1998 - 2005. MTT:n selvityksiä 105. Jokioinen: MTT. 210 s.
- KOM 2000. Energiahuoltostrategia Euroopalle. Vihreä kirja. Viitattu 3.6.2006. Saatavilla internetissä: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52000DC0769:EN:HTML>
- KTM 1993. Biopolttonestetyöryhmän mietintö. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 12/1993. Helsinki: KTM. 44 s.
- KTM 2006. Liikenteen biopolttoaineiden tuotannon ja käytön edistäminen Suomessa. Työryhmän mietintö, Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 11/2006. Helsinki: KTM. 138 s.
- Känkänen, H. 2006. Rypsin ominaisuudet viljelykierron ja suorakylvön kannalta. Esitelmä. Valtakunnallinen rypsipäivä, Hämeenlinna, 9.3.2006.
- Laaksonen, K. 2006. Öljyn korkea hinta pakottaa energiavaihtoehtoihin. PTT-katsaus 2/2006. Helsinki: PTT.
- Laitinen, M-L. 2006. FINOLA -öljyhampun viljely ja käyttö. Agropolis Oy:n kurssimateriaali. 16 s.
- Lampinen, A. & Jokinen, E. 2006. Suomen maatilojen energiantuotantopotentiaalit. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. 159 s.
- Lampinen, L. 2006. Porsasmäärää lisäämällä tuotantokustannukset kuriin. Sarvi & Saparo 2/2006. 1 s.
- Laurinen, J. 2004. Vilja-alan toimialaraportti 2004. Helsinki: Vilja-alan yhteistyöryhmä. 42 s.
- TIKE 2005. Maatilatilastollinen vuosikirja 2005. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tike. Helsinki: TIKE. 268 s.
- MATIF 2006. Hintatietoja. (Verkkodokumentti). Saatavilla internetissä: <http://www.matif.fr>. Viitattu: 15.5.2006.
- MMM 2003. Öljykasvistrategia. Työryhmämuistio MMM 8/2003. Helsinki: MMM. 55 s.
- MTK 2001. Öljykasvien viljelyllä on mahdollisuuksia. Tiedote 13.3.2001. Viitattu 10.5.2006. Saatavissa internetistä: [http://www.mtk.fi/mtk/ajankohtaiset/arkisto/tiedotteet2001/fi\\_FI/4000142/](http://www.mtk.fi/mtk/ajankohtaiset/arkisto/tiedotteet2001/fi_FI/4000142/).
- Mäkinen, T., Sipilä, K. & Nylund, N-O. 2005. Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. VTT tiedotteita 2288. Helsinki: VTT. 96 s.
- Neste Oil 2005. Biodiesel - A European Vision. Luento kurssilla New Energy Production Processes, Teknillinen korkeakoulu, 20.10.2005. Viitattu 16.5.2006. Saatavissa internetistä: [www.termo.hut.fi/Ene-39/006/biodiesel1.ppt](http://www.termo.hut.fi/Ene-39/006/biodiesel1.ppt).
- Nupponen, J. 2005. Mikä öljymarkkinoita oikein riivaa? Refine – Neste Oilin sidosryhmälehti 01/2005. Helsinki: Neste Oil Oyj. 1 s.
- Partanen, K., Valaja, J., Jalava, T. & Siljander-Rasi, H. 2001. Composition, ileal amino acid digestibility and nutritive value of organically grown legume seeds and conventional rapeseed cakes for pigs. *Agricultural and food science in Finland* 10, 4: 309–322.

- ProAgria 2006. Öljykasvinviljelijän opas. (Verkkojulkaisu). Viitattu 10.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.agronet.fi/rypsi2000/index.html>.
- Pimentel, D. & Patzek, T. W. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Natural Resources Research* 14 (1): 65–76.
- Reuters 2006. Thirst for 'green' fuels propels U.S. soyoil. *Business analysis* 9.5.2006. Viitattu 22.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://today.reuters.com/business/newsarticle.aspx?type=tnBusinessNews&storyID=nN09335717>.
- Salo, M. 2006. Ilmasto muuttuu – energiakentän rakenne ei. Tutkimus maatalojen energiaresurssien käyttöönoton ja maatilamittakaavaisen energiantuotannon rakenteellisista esteistä. *Jyväskylän Yliopiston sosiologian julkaisuja* 71. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. 125 s.
- Sumelius, J. 1991. Tilakohtaiset ja valtiontaloudelliset laskelmat rypsimetyyliesterin (RME) tuottamiseen dieselmoottorin polttoaineeksi. *Journal of Agricultural Science in Finland* 63: 493–502.
- Superior Process Technologies. 2004. Advantages of Superior Biodiesel Process. (Verkkodokumentti). Viitattu: 26.5.2006. Saatavilla internetistä: <http://www.superiorprocesstech.com/>.
- Turley, D. B., Boatman, N. D., Ceddia, G., Barker, D. & Watola, G. 2003. Liquid biofuels – prospects and potential impacts on UK agriculture, the farmed environment, landscape and rural economy. York: Central Science Laboratory. 72 s.
- Työterveyslaitos 2006. OVA-ohjeet. (Verkkodokumentti.) Viitattu 7.6.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.occuphealth.fi/internet/ova/index.html>.
- Ylivakeri, M. 2006. Biopolttoaineet työkoneissa. Esitelmä. Biopolttoaineiden uudet mahdollisuudet liikenteessä -seminaari, Jyväskylä, 10.5.2006.
- Walker K., Ceddia G., Cook P., Booth E. & Entwistle G. 2002. Opportunities for sustainable substitution of non-renewable materials with materials derived from agricultural crops. DEFRA final project report for NF0516/CTD0103. 84 s.
- Viljaviestit 3/2005. Öljy- ja valkuaiskasvien hintakehitys. Helsinki: Vilja-alan yhteistyöryhmä. 33–35 s.
- Virkajärvi, P. & Kangas, A. 2005. Öljyhampun viljelytekniikka. (Verkkojulkaisu). Viitattu 10.5.2006. Saatavissa internetistä: <http://www.finola.com/OLJYHAMPUN%20VILJELYTEKNIikka%20%202005.PDF>.
- VM 2004. Kestävä kehitys ja ekologinen verouudistus. Valtiovarainministeriö. 139 s. (Verkkodokumentti). Viitattu 3.6.2006. Saatavana internetistä: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=24649&lan=fi>.
- Öljy- ja kaasualan keskusliitto 2006. Tilastot. (Verkkodokumentti). Viitattu 28.5.2006. Saatavilla internetissä: <http://www.oil-gas.fi>.

### **Euroopan unionin direktiivit**

- 2003/96/EY: Neuvoston direktiivi energiatuotteiden ja sähkön verotusta koskevan yhteisön kehityksen uudistamisesta.

## Liite 1 (1/1).

Polttoaineiden muuntosuhteita ja niiden lämpöarvot. (1/5)

<b>Tiheys</b>		kg/l	l/kg
	Rypsiöljy	0,89	1,13
	RME	0,88	1,14
	Dieselöljy	0,85	1,18
	Metanoli	0,79	1,27

<b>Lämpöarvo</b>		MJ/kg	MJ/l
	Rypsiöljy	36,9	32,7
	RME	38,0	33,4
	Dieselöljy	39,4	33,3
	Metanoli	19,8	15,6

Raakaglyserolin hinnan vaikutus RME:n tuotantokustannukseen. (2/5)

<b>Esteröintilaitteet</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
Glyseroli	RME					
	€/t	€/litra	€/litra	€/litra	€/litra	
	10	0,88	0,72	0,61	0,46	0,43
	50	0,87	0,71	0,60	0,45	0,42
	100	0,86	0,70	0,59	0,44	0,41
	300	0,82	0,65	0,55	0,39	0,37
	500	0,77	0,61	0,51	0,35	0,32

Öljysaannon vaikutus rypsiöljyn tuotantokustannuksiin, snt/litra. (3/5)

<b>Puristimet</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Öljysaanto	22 %	34	32	32	29	27
	25 %	32	31	31	28	26
	28 %	31	30	29	27	25
	31 %	30	30	28	26	24
	34 %	29	29	28	26	24

Rypsiöljyn tuotantokustannus puristimen käyttöasteen muuttuessa, snt/litra. (4/5)

<b>Puristimet</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Käyttöaste	100 %	32	30	30	27	25
	70 %	32	31	31	27	25
	50 %	33	31	31	27	25
	10 %	42	40	40	32	27

Esteröintilaitteiden käyttöasteen vaikutus RME:n tuotantomäärään (m3/a) ja tuotantokustannukseen (snt/l). (5/5)

<b>Esteröintilaitteet</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>						
Käyttöaste	m3/a	snt/l	m3/a	snt/l	m3/a	snt/l	m3/a	snt/l	m3/a	snt/l	
	10 %	3	106	5	96	12	90	37	76	110	65
	30 %	9	92	16	78	35	66	110	51	329	46
	50 %	15	89	27	72	58	61	183	46	548	43
	70 %	20	86	38	70	82	59	256	44	767	41
	90 %	26	84	49	68	105	58	329	42	986	40



## Liite 2 (1/1). Rypsiipuristeen ja rypsin hinnan vaikutus rypsiöljyn tuotantokustannukseen.

### Puristin 1.

Rypsi €/t	Rypsiipuriste €/t					
	160	180	200	220	240	260
170	0,29	0,23	0,18	0,13	0,07	0,02
190	0,36	0,30	0,25	0,20	0,14	0,09
210	0,43	0,37	0,32	0,27	0,22	0,16
230	0,50	0,45	0,39	0,34	0,29	0,23
250	0,57	0,52	0,46	0,41	0,36	0,30
270	0,64	0,59	0,53	0,48	0,43	0,37

### Puristin 2.

Rypsi €/t	Rypsiipuriste €/t					
	160	180	200	220	240	260
170	0,27	0,22	0,17	0,11	0,06	0,01
190	0,34	0,29	0,24	0,18	0,13	0,08
210	0,41	0,36	0,31	0,25	0,20	0,15
230	0,48	0,43	0,38	0,33	0,27	0,22
250	0,56	0,50	0,45	0,40	0,34	0,29
270	0,63	0,57	0,52	0,47	0,41	0,36

### Puristin 3.

Rypsi €/t	Rypsiipuriste €/t					
	160	180	200	220	240	260
170	0,27	0,22	0,17	0,11	0,06	0,01
190	0,34	0,29	0,24	0,18	0,13	0,08
210	0,41	0,36	0,31	0,25	0,20	0,15
230	0,48	0,43	0,38	0,33	0,27	0,22
250	0,56	0,50	0,45	0,40	0,34	0,29
270	0,63	0,57	0,52	0,47	0,41	0,36

### Puristin 4.

Rypsi €/t	Rypsiipuriste €/t					
	160	180	200	220	240	260
170	0,24	0,19	0,15	0,10	0,05	0,01
190	0,30	0,25	0,21	0,16	0,12	0,07
210	0,36	0,32	0,27	0,23	0,18	0,13
230	0,43	0,38	0,33	0,29	0,24	0,20
250	0,49	0,44	0,40	0,35	0,31	0,26
270	0,55	0,51	0,46	0,42	0,37	0,32

### Puristin 5.

Rypsi €/t	Rypsiipuriste €/t					
	160	180	200	220	240	260
170	0,21	0,17	0,12	0,08	0,03	-0,01
190	0,28	0,23	0,19	0,14	0,10	0,05
210	0,34	0,29	0,25	0,20	0,16	0,11
230	0,40	0,36	0,31	0,27	0,22	0,18
250	0,47	0,42	0,38	0,33	0,28	0,24
270	0,53	0,48	0,44	0,39	0,35	0,30

**Liite 3 (1/1). Rypsiöljyn ja metanolin hinnan vaikutus RME:n tuotantokustannuksiin.**

**Esteröintilaite 1.**

Metanoli €/t	Rypsiöljy €/t				
	100	300	500	700	900
200	0,46	0,68	0,90	1,12	1,34
500	0,52	0,74	0,96	1,18	1,40
800	0,59	0,81	1,03	1,25	1,47
1100	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54
1400	0,72	0,94	1,16	1,38	1,60

**Esteröintilaite 2.**

Metanoli €/t	Rypsiöljy €/t				
	100	300	500	700	900
200	0,33	0,55	0,77	0,99	1,21
500	0,40	0,62	0,84	1,06	1,28
800	0,46	0,68	0,90	1,12	1,34
1000	0,53	0,75	0,97	1,19	1,41
1300	0,60	0,82	1,04	1,26	1,48

**Esteröintilaite 3.**

Metanoli €/t	Rypsiöljy €/t				
	100	300	500	700	900
200	0,25	0,47	0,69	0,91	1,13
500	0,31	0,53	0,75	0,97	1,19
800	0,38	0,60	0,82	1,04	1,26
1000	0,45	0,67	0,89	1,11	1,33
1300	0,51	0,73	0,95	1,17	1,39

**Esteröintilaite 4.**

Metanoli €/t	Rypsiöljy €/t				
	100	300	500	700	900
200	0,20	0,42	0,64	0,86	1,08
500	0,25	0,47	0,69	0,91	1,13
800	0,30	0,52	0,74	0,96	1,18
1000	0,35	0,57	0,79	1,01	1,23
1300	0,40	0,62	0,84	1,06	1,28

**Esteröintilaite 5.**

Metanoli €/t	Rypsiöljy €/t				
	100	300	500	700	900
200	0,18	0,40	0,62	0,84	1,06
500	0,23	0,45	0,67	0,89	1,11
800	0,28	0,50	0,72	0,94	1,16
1000	0,33	0,55	0,77	0,99	1,21
1300	0,38	0,60	0,82	1,04	1,26

## Liite 4 (1/1). Rypsiöljyn puristuksen ja RME:n tuotantokustannukset eri laitteilla (1-5).

Rypsiöljyn puristuksen tuotantokustannukset eri laitteilla (1-5).

	1			2			3			4			5		
	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€
<b>Puristin</b>															
Öljysaanto	%	25		25			25			28			28		
Kapasiteetti	öljy t/a	35		62			69			196			613		
Käyttöaste	%	70		70			70			70			70		
<b>Panos</b>															
Rypsi	t	210	20604	87,2	210	36468	88,6	210	40604	88,7	210	103018	91,3	210	1533
Sähkö	kWh	0,08	4619	356	1,5	630	1,5	0,08	9103	701	0,08	25868	1,8	0,08	80836
Kulutuset	eur	736	1	736	3,1	1302	3,2	1669	1	1669	1	1679	1,5	6558	1
Työ	h	12,25	123	1505	6,4	12,25	159	1949	4,3	12,25	392	4807	4,3	12,25	445
Laitteisto	€	432	1	432	1,8	795	1,9	864	1	864	1,9	1279	1,1	1555	1
			<b>23632</b>		<b>41146</b>		<b>41146</b>		<b>45788</b>		<b>112775</b>		<b>112775</b>		<b>341717</b>
<b>Tuotos</b>															
Rypsiapuriste	t	200	74	14717	62,3	200	130	26049	63,3	200	145	29003	63,3	200	1104
Rypsiöljy	t	363	25	8916	37,7	348	43	15098	36,7	347,24	48	16785	36,7	306,75	137
	€/t	363		<b>23632</b>		<b>41146</b>		<b>45788</b>		<b>112775</b>		<b>112775</b>		<b>341717</b>	
	€/litra	0,32				0,31				0,31				0,27	

RME:n tuotantokustannukset eri laitteilla (1-5).

	1			2			3			4			5		
	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€	á	määrä	€
<b>Esteröntilaitte</b>															
Kapasiteetti	RME t/a	26		48			103			321			964		
Käyttöaste	%	70		70			70			70			70		
<b>Panos</b>															
Rypsiöljy	t	347	7 810	43	315	13 263	48	295	26 574	53	284	75 141	68	280	222 312
Metaanoli	t	800	4	3 597	20	800	8	6 745	25	800	18	14 390	14	400	119
Lipeä	t	500	0,09	45	0	500	0,17	84	0	500	0,36	180	0	500	3,17
Sähkö	kWh	0,07	2 555	179	1	0,07	2 555	179	1	0,07	5 110	358	1	0,07	37 436
Työ	h	12,25	511	6 260	35	12,25	511	6 260	23	12,25	511	6 260	6	12,25	767
Laitteisto	€	173	1	173	1	951	3	2 592	1	2 592	1	11 406	10	27 651	1
<b>Yhteensä</b>	€		18 064		27 502		27 502		50 354		110 080		110 080		311 174
<b>Tuotos</b>															
Glyseroli	t	100	4	450	2	100	8	843	3	100	18	1 799	4	100	159
Biodiesel	t	979	18	17 614	98	790	34	26 659	97	675	72	48 555	96	465	635
	€/t	979		18 064		27 502		27 502		675		50 354		465	311 174
	€/litra	0,86				0,70				0,59				0,44	

## MTT:n selvityksiä -sarjan Talous-teeman julkaisuja

- No 71 Koivisto, A. 2004. Puutarhayritysten tuotantokustannusten seurantamallit. 64 s., 27 liitettä.
- No 74 Ovaska, S., Sipiläinen, T. & Ryhänen, M. 2004. Suomen IFCN-maitotilat – Vuoden 2003 tulosten tarkastelu. 29 s. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts74.pdf>).
- No 75 Myyrä, S. 2004. Pellon vuokrahinat Suomessa vuosina 2003–2004. 23 s., 1 liite. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts75.pdf>).
- No 76 Pallari, M. 2004. Ekotuotteistamisen vihreä markkinointimalli – pienyritysten mahdollisuudet ja keinot. 91 s., 8 liitettä.
- No 79 Hirvi, T. 2004. Aktiivitulojen viljelijöiden mielipiteitä investointituesta ja nuorten viljelijöiden aloitustuesta. 60 s., 4 liitettä. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts79.pdf>).
- No 80 Karhula, T., Outa, P., Kankaanhuhta, K. & Simola, I. 2004. Puutarhayritysten talous Suomessa. 74 s, 2 liitettä.
- No 81 Manninen, M. 2004. Työn ja talouden hallinta laajentaneilla lypsykarjatililla. 66 s., 4 liitettä. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts81.pdf>).
- No 88 Paananen, J. & Forsman-Hugg, S. 2005. Lähi- ja luomuruoka kunnallisissa ruokapalveluissa. Esiselvitys päättäjien näkemyksistä. 32 s., 2 liitettä. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts88.pdf>).
- No 90 Karhapää, M., Turunen, H., Ala-Kleme, T., Paasonen, M., Puumala, M. & Siljander-Rasi, H. 2005. Luomuporsastuotannon mahdollisuudet Suomessa. 55 s., 6 liitettä.
- No 91 Koivisto, A. 2005. Mansikantuotannon kilpailuetu Suomessa ja Virossa. 81 s., 4 liitettä.
- No 92 Myyrä, S. & Pietola, K. 2005. Velkojen keskittymiskehitys Suomen maataloilla. 31 s., 2 liitettä. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts92.pdf>).
- No 93 Juntti, L., Pihamaa, P. & Heikkilä, A-M. 2005. Kotimaista valkuaista herneestä - Onko viljelyyn taloudellisia edellytyksiä? 34 s., 2 liitettä.
- No 97 Forsman, K. 2005. Jämförelse mellan FADN-bokföringsystemet i Finland respektive Sverige. 64 sid., 3 bilagor. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts97.pdf>).
- No 98 Huan-Niemi, E. 2005. Special and Differential Treatment under the WTO Agreement on Agriculture. 33 p., 2 appendices. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts98.pdf>).
- No 100 Lehtonen, H. & Pyykkönen, P. 2005. Maatalouden rakennekehitysnäkymät vuoteen 2013. 40 s., 1 liite. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts100.pdf>).
- No 109 Varvikko, P. 2006. Kasvihuonekurkun ja -tomaatin tarjontaketjut Suomessa. 56 s., 1 liite. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts109.pdf>).
- No 111 Manninen, M & Karhula, T. 2006. Maatalouden taloussuunnittelun ja seurannan tehostaminen. 50 s. (verkkojulkaisu: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts111.pdf>).
- No 112 Heikkilä, A-M. (toim.). 2006. Kestävä lehmä. Lypsylehmien poiston syyt ja kestävyuden taloudellinen merkitys. 82 s.
- No 113 Heikkilä, A-M. (toim.). 2006. Laatulihaa tehokkaalla emolehmätuotannolla. 77 s.
- No 115 Vihma, A., Aro-Heinilä, E. & Sinkkonen, M. 2006. Rypsibiodieselin (RME) maatalatuotannon kannattavuus. 38 s., 4 liitettä.

