



## **Sademetsät biopolttoaineeksi?**

Palmuöljyn energiakäytön ilmastovaikutukset

WWF Saksan tutkimus yhteistyössä

WWF Sveitsi ja WWF Alankomaat

Julkaisija: WWF Saksa, Frankfurt/Main

Tekijät: Guido Reinhardt, Nils Rettenmaier, Sven Gärtner (luvut 2 ja 4)  
IFEU-Institut für Energie- undUmweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU Energia- ja ympäristötutkimuksen Instituutti, Heidelberg)

Andreas Pastowski (luku 3)  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
(Wuppertal Ilmasto, Ympäristö ja Energia Instituutti)

Toimittajat: Georg Heidenreich, vapaatoimittaja, Bayreuth; Markus Radday WWF Saksa; Matthias Diemer WWF Sveitsi

Copy editor: Imke Lübbecke, WWF Saksa

Suomennos: Sampsa Kiianmaa, WWF Suomi

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä .....	3
1. Taustat ja tavoitteet.....	5
2. Palmuöljy bioenergian lähteenä .....	5
2.1 Käyttö liikenteen polttoaineena .....	5
2.2 Käyttö energian- ja lämmöntuotannossa.....	6
3. Keinotekoiset markkinat ja EU:n biopolttoainepolitiikka.....	6
3.1 Biopolttoainepolitiikka tuottajamaissa.....	7
4. Palmuöljy bioenergiana: elinkaaren kasvihuonekaasu- ja energiataseet.....	7
4.1 Elinkaarianalyysi .....	7
4.2 Odotettavat maankäytön muutokset.....	10
5. Elinkaarianalyysivertailujen tulokset.....	10
5.1 Öljypalmut korvaavat trooppiset luonnonmetsät .....	10
5.2 Öljypalmuja trooppisille joutomaille .....	11
5.3 Öljypalmuja muiden viljelykasvien sijaan.....	11
6. Päätulokset .....	13
6.1 Laskentamallista .....	13
6.2 Elinkaarianalyysivertailujen tulokset .....	14
6.3 Palmuöljybiodieselin ja muiden biopolttoaineiden vertailu.....	15
7. Öljypalmuviljelyn pinta-alan tarve tulevaisuudessa.....	17
Lähteet .....	19

## Tiivistelmä

Palmuöljyn ja palmunydinöljyn käyttö on ollut pitkään rajoittunut elintarviketeollisuuteen. Huoli ilmastonmuutoksesta ja nousevat energian hinnat kuitenkin viittaavat, että palmuöljyä tullaan tulevaisuudessa käyttämään enenevässä määrin myös uusiutuvan energian raaka-aineena. EU- ja jäsenvaltiotasolla kasviöljyjen energiakäyttöön liittyy poliittinen ja laillinen viitekehys, kuten EU:n liikenteen polttoaineen jakelulle asetettu velvoite 5,75 prosentin biopolttoaineosuudesta vuonna 2010 ja 10 prosentin kulutusosuus vuoteen 2020 mennessä, kansalliset verohelpotukset ja lakisääteiset biopolttoaineiden tuotannontasot. Kuten muitakin kasviöljyjä, myös palmuöljyä voidaan käyttää niin liikenteen biopolttoaineena kuin sähkön ja lämmön voimalatuotannossa.

Jotta palmuöljypohjaista biodieseliä voitaisiin käyttää dieselmoottoreissa, tulee sen täyttää DIN EN 14241 standardit. Nämä standardit sisältävät ominaisuusvaatimuksia matalissa lämpötiloissa, joita palmuöljy ei täytä sen korkean sulamispisteen vuoksi. DIN EN 14241 standardin muokkaus ”palmuöljy-ystävälliseksi” tarjoaisi valtavan palmuöljyn hyödyntämismahdollisuuden.

Malesian ja Indonesian palmuöljytuotanto kattaa yli 80 prosentista maailmanlaajuisesta tuotannosta. Vähäisempiä määriä tuotetaan Nigeriassa, Thaimaassa ja Kolumbiassa. Öljypalmun tuottava kokonaisviljelyala on 9 miljoonaa hehtaaria ja vuosituotanto 33 miljoonaa tonnia. Palmuöljy onkin maailman tuotetuin kasviöljy. Mikäli palmuöljyn kysyntä jatkaa kasvuaan on vaarana, että tuotantomaiden trooppisia metsiä raivataan laajasti viljelypinta-alan kasvattamiseksi.

Ensisilmäyksellä palmuöljy vaikuttaa säästävän fossiilisia polttoaineita – hiilidioksiditase ( $\text{CO}_2$ ) vaikuttaa neutraalilta. Mutta onko palmuöljyn tase positiivinen kun koko tuotantoketju biomassantuotannosta jalostuksen kautta loppukäyttöön otetaan huomioon? Entä kuinka edullista palmuöljyn käyttö energian tuotantoon on ilmaston kannalta kun sitä verrataan muihin energiantuotantovaihtoehtoihin?

Jotta tähän kysymykseen löytyisi vastaus, tutkittiin energiaksi tarkoitettun palmuöljytuotannon ilmastovaikutuksia. Tutkimuksessa huomioitiin vaihtoehtoiset maankäyttömuodot ja niiden energia- ja kasvihuonekaasupäästötaseet. Ilmastovaikutusten selvittämiseksi laskettiin palmuöljytuotannon energia- ja kasvihuonekaasupäästötaseet. Energiasäästön laskennassa palmuöljyn energiasaantoa elinkaareltä verrattiin perinteiseen dieselpolttoaineen vastaavaan. Loppukäytössä huomioitiin sekä käyttö liikenteen polttoaineena, että voimalatuotannossa. Loppukäyttömuodosta riippumatta palmuöljyn tuotanto vaatii huomattavia määriä fossiilista energiaa verrattuna perinteiseen dieseliin. Toisaalta palmunydinöljyn sivutuotteiden, kuten glyseriinin ja pintajännitteidenpoistoaineiden tuotannosta syntyvät energiansäästö- ja ilmastohyödyt ovat merkittävät. Niiden energiahyödyt ovat suuremmat kuin koko palmuöljypohjaisen biodieselin tuotannon energiahaitat.

Vaihtoehtoisilla maankäyttömuodoilla on keskeinen rooli kasvihuonekaasupäästötaseiden laskennassa. Tutkimuksessa vertailtiin öljypalmun viljelyä luonnonmetsän tilalla, joutomaalla ja plantaaseilla, joilla viljelylajiksi vaihdetaan öljypalmu. Luonnonmetsä- ja joutomaavaihtoehdoissa käytettiin lisäksi useita eri laskentakausia. Luonnonmetsävaihtoehdossa vertailtiin sekä tyypillistä tuotantoa että kestävää tuotantoa.

Tutkimuksen mukaan palmuöljyn energiakäytöllä voidaan säästää huomattavia määriä energiaa ja vähentää ilmastopäästöjä verrattuna muihin kasviöljyihin, varsinkin jos viljely tapahtuu joutomailla. Valitettavasti todellisuudessa joutomailla viljely ei kuitenkaan ole tyypillinen tapa tuottaa palmuöljyä, vaan yleisempää on luonnonmetsien raivaus plantaaseiksi. Kasvava palmuöljyn energiakäyttö uhkaakin paitsi Indonesian ja Malesian myös Kolumbian, Ecuadorin ja myöhemmin Afrikan trooppisia metsiä. Valtavien luonnon monimuotoisuudelle aiheutettujen tuhojen lisäksi nykyisiin tuotantomenetelmiin liittyy suuria sosiaalisia ongelmia, kuten huonot työolot ja maanomistuskiihat.

Muihin polttoaineisiin verrattuna palmuöljyn energiatase on positiivinen. Yhden prosentin korvaus EU:n liikennepolttoaineen tarpeesta palmuöljypohjaisella biodieselillä vaatisi yli miljoona hehtaaria öljypalmuplantaasia.

Palmuöljyn joutomailla viljely on ilmaston kannalta selvästi parempi vaihtoehto kuin luonnonmetsien hakkaaminen plantaaseiksi. Palmuöljyplantaasin korvauksessa toisen viljelykasvin riippuvat ympäristövaikutukset aiemmasta kasvilajista. Loppukäyttömuotojen, eli käyttö joko liikenteen biopolttoaineena tai voimalatuotannossa välillä ei ole merkittäviä eroja energia- ja kasvihuonekaasupäästöjen osalta. Ottamalla käyttöön ”hyvät käytännöt” palmuöljytuotannossa voidaan energiaa säästää ja päästöjä vähentää merkittävästi. Käytäntöihin kuuluu öljypuristamoiden biokaasun talteenotto, puristusjätteen hyötykäyttö sekä kestävä ja optimoidut tuotantomenetelmät.

## 1. Taustat ja tavoitteet

Palmuöljy ja sen käyttö biopolttoaineen raaka-aineena on noussut viime aikoina esiin yhä useammalta taholta. Monet politiikan linjaukset tukevat palmuöljyn käyttöä biopolttoaineena, kuten EU:n biopolttoainedirektiivi, Suomen biopolttoaineiden käytönedistämislaki 19.10.2006 [suomentaja] sekä EU:n tekniseen ja teolliseen käyttöön tarkoitetulle palmuöljylle suoma tullivapaus.

Viime vuosina palmuöljyn tarjonta ja kysyntä ovat kasvaneet valtavasti, mikä on johtanut trooppisten metsien häviämiseen. Herääkin kysymys, millainen potentiaali palmuöljyllä on energialähteenä ja millaisia seurauksia sen kasvavalla käytöllä energiaksi on – toisaalta kasvihuonekaasu- ja energiataseiden ja toisaalta maankäytön ja erityisesti trooppisten metsien kannalta.

Löytääkseen näihin kysymyksiin vastauksen WWF antoi *IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH*:lle (Energia- ja ympäristötutkimuksen Instituutti) tehtäväksi koota ja arvioida nykyinen tietämys asiasta. Tämä tutkimus korostaa palmuöljyn kasvihuonekaasu- ja energiataseita sekä odotettavia maankäytön muutoksia. Lisäksi käsitellään palmuöljyn energiakäyttöön liittyviä teknisiä, taloudellisia ja poliittisia näkökohtia. *Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH* (Ilmasto, Ympäristö ja Energia Instituutti) osallistui tutkimukseen keskittyen poliittisiin näkökulmiin.

Tutkimuksen aikajakso käsittää ensimmäisen sukupolven bioenergian odotettavan käytönkasvun ilmasto- ja maankäyttövaikutukset, ottaen huomioon nyt käsiteltävän palmuöljyn käytön lisäksi rypsi- ja rapsiöljyn ja sokeriruokopohjaisen etanolin biopolttoainekäytön.

## 2. Palmuöljy bioenergian lähteenä

Palmuöljy on erittäin monipuolinen tuote, jota on tähän mennessä käytetty pääasiassa elintarviketeollisuuden raaka-aineena. Sen käyttöä bioenergian lähteenä on tutkittu vasta viime aikoina. Öljypalmun kasvatusta ja öljynpuristusmenetelmät ovat samanlaisia kaikilla loppukäyttövaihtoehdoilla.

### 2.1 Käyttö liikenteen polttoaineena

Kasvi- ja mineraaliöljyjen erilaisista ominaisuuksista (mm. viskositeetti) johtuen kasvirasvoja käytetään harvoin sellaisinaan perinteisten dieselmoottoreiden polttoaineina. Käyttö polttoaineena on kuitenkin mahdollista, mikäli moottoria muutetaan kasvirasvoille sopivaksi tai jos kasvirasvojen ominaisuuksia muokataan kemiallisesti vastaamaan mineraalidieselöljyn ominaisuuksia. Raaka palmuöljyn käyttöä polttoaineena sellaisenaan haittaa sen korkea sulamispiste (36–40°C), mikä vaatisi kylmissä ilmastoissa auton polttoainejärjestelmän jatkuvaa lämmittämistä. Kasvirasvojen muokkaukseen on kaksi vaihtoehtoa:

*Transesteröinti:* Kasviöljyn ja metanolin transesteröinnin lopputuotteena saadaan rasvahappometyyliesteriä (FAME), jonka useat ominaisuudet ovat identtisiä mineraalidieselin kanssa. Rasvahappometyyliestereitä kutsutaan biodieseleiksi. EU:n dieselpolttoainestandardin mukaan rasvahappometyyliestereitä, eli biodieseleitä jotka täyttävät DIN EN 14214 standardin, voidaan käyttää polttoaineina sellaisinaan tai korkeintaan 5 % sekoituksena mineraaliöljyissä. Palmuöljyn ja eläinrasvojen korkeasta sulamispisteestä johtuen niistä jalostettujen DIN EN 14214 standardin täyttävien biodieselin käyttö kylmissä olosuhteissa vaikuttaa kuitenkin nykytiedon valossa mahdottomalta. Mikäli EU:n dieselpolttoainestandardia onnistutaan muuttamaan niin, että perinteiseen dieseliin saa lisätä biodieseliä joka ei täytä DIN EN 14214 standardin matalan lämpötilan kriteereitä avautuu EU:ssa suuret markkinat palmuöljyn käytölle biodieselinä.

*Hydraus*: VEBA- prosessissa kasviöljy (noin 10 %) sekoitetaan raakaöljyyn ennen sen jalostusta dieselpolttoaineeksi. Hydrauksen jälkeen kasviöljy on lähes identtinen mineraalipolttoaineen kanssa. Neste Oilin kehittämä NExBTL biopolttoaineen valmistusprosessi (NESTE OIL 2006) perustuu kasviöljyjen ja eläinrasvojen hydraukseen.

## **2.2 Käyttö energian- ja lämmöntuotannossa**

Biodieseliä voidaan periaatteessa käyttää samoissa kohteissa kuin kevyttä polttoöljyäkin. Sen käyttö on kuitenkin keskittynyt energialaitoksiin (HARTMANN & KALTSCHMITT 2002). Vuonna 2005 Euroopan voimaloissa käytettiin 1-1,5 miljoonaa tonnia palmuöljyä, eli noin kolmannes kaikesta Eurooppaan tuodusta palmuöljystä. Suurin palmuöljyn käyttäjä oli hollantilainen Biox B.V. (KERKWIJK 2006). Vuodesta 2007 lähtien Bioxin palmuöljy on peräisin IOI Group Bhd ja Golden Hope Plantations Bhd:n plantaaseilta Malesiasta. Yhtiön suunnitelmissa on laajentaa energiantuotantoaan neljällä uudella palmuöljyvoimalalla (F.O. LICHT 2006).

## **3. Keinotekoiset markkinat ja EU:n biopolttoainepolitiikka**

Kasviöljyjen tulevaisuuden kysyntään vaikuttaa ennen kaikkea raakaöljyn hinta ja väestönkasvu sekä väestön käytössä olevien tulojen määrä. Kummatkin tekijät viittaavat kysynnän kasvuun sekä palmuöljyn perinteisillä markkinoilla että energiamarkkinoilla. Tuotantomaiden kotimainen kysyntä ja raakaöljyn hinnan nousu ja siitä johtuva tuotantokustannusten nousu saattavat kuitenkin haitata palmuöljyn kansainvälisille markkinoille pääsyä (OECD 2006).

Nykyään palmuöljyä maahantuovien maiden palmuöljyenergiamarkkinat ovat keinotekoiset. Ne maahantuovat palmuöljyä, koska raaka-ainetta tuetaan verotuksellisin keinoin. Verotukien taustalla on ilmastonmuutoksen torjuminen ja biopolttoaineiden käytön edistäminen. On kuitenkin muitakin tapoja tukea biopolttoaineiden käyttöä, kuten Saksan ja Suomen lakivelvoitteet määrätyn biopolttoaineosuuden tuottamisesta. Tuotantovelvoitteet lisäävät kasviöljyjen kysyntää jopa verotukia enemmän koska biopolttoaineita on tuotettava kustannuksista riippumatta. Politiikka on tällä hetkellä tärkein palmuöljyn energiakysyntään vaikuttava tekijä.

Kahdeksas toukokuuta 2003 EU antoi direktiivin liikenteen biopolttoaineiden ja muiden uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä, jonka tarkoituksena on edistää fossiilisten polttoaineiden käytön korvausta biopolttoaineiden käytöllä. Vuoteen 2010 mennessä biopolttoaineiden markkinaosuus tulee kattaa 5,75 % (energiasältö) kaikista EU:n jäsenvaltioiden liikenteen bensiini- ja dieselpolttoaineista. Lokakuussa 2003 säädetty direktiivi energiatuotteiden ja sähkön verotusta koskevan yhteisön kehyksen uudistamisesta antaa jäsenvaltioille mahdollisuuden taata biopolttoaineille verohelpotuksia aina verovapauteen asti.

Vuonna 2003 biopolttoaineiden osuus EU:n polttoainemarkkinoista oli suurimmaksi osin alle kaksi prosenttia, joidenkin jäsenvaltioiden kohdalla jopa nolla prosenttia. Vuonna 2004 Suomessa biopolttoaineiden osuus liikenteen polttoaineista oli 0,1 % [suomentaja]. 5,75 % tavoitetta vuodelle 2010 voidaankin pitää hyvin kunnianhimoisena. Biopolttoaineiden matalat markkinaosuudet viittaavat jäsenvaltioiden pieneen tai olemattomaan kasviöljypohjaisen biodieselin tai etanolin tuotantokapasiteettiin ja infrastruktuuriin. Tällaisen tuotantokapasiteetin kehittämiseen menee aikaa, minkä vuoksi on oletettavaa, että EU:n tavoitteisiin tullaan pyrkimään raaka-aineiden ja biopolttoaineiden maahantuontia lisäämällä.

EU:n tämänhetkinen raaka-aineen tuotanto ei tule riittämään biopolttoainetavoitteiden saavuttamiseen. On myös epävarmaa, onko tähän mahdollisuuksia edes tulevaisuudessa, kun toisen sukupolven biopolttoaineet saadaan teolliseen tuotantoon.

Kaksi samanaikaista kehityssuuntaa vaikuttavat tulevaisuudessa EU:in tuotavan palmuöljyn määrään. Palmuöljyn viejamaat ovat rakentamassa transesteröintituotantolaitoksia. Jalostusastetta

nostamalla ne saavat palmuöljystä paremman markkinahinnan. Malesia on kuitenkin jäädyttänyt transesterointilaitosten rakentamisen, kunnes hallitus on vakuuttunut, ettei palmuöljyn energiakäyttö tule rajoittamaan palmuöljyn saatavuutta ravinnoksi (Thukral 2006).

On myös yksittäisiä tapauksia, joissa transesterointilaitoksia ollaan rakentamassa EU-jäsenvaltioissa. Nämä laitokset voivat käyttää raaka-aineenaan kasviöljyjen lisäksi myös eläinrasvoja. Raaka-aineiden saatavuuden takaamiseksi ja hintojen vakauttamiseksi EU:n biopolttoainetaloustajajat ovat solmimassa pitkäaikaisia ostosopimuksia öljypalmunkasvattajien kanssa.

EU:lla on kaksi jossain määrin ristiriitaista strategiaa. Toisaalta se haluaa tukea EU:n omaa kasviöljyntuotantoa ja toisaalta helpottaa lähinnä Kaakkois-Aasiasta tuotavan palmuöljyn käyttöä biodieselin raaka-aineena muuttamalla biodieselstandardia EN 14214 (CEC 2003a). Tällä hetkellä tekniseen ja teolliseen tuotantoon tarkoitettuna malesialaisen ja indonesialaisen palmuöljyn maahantuonti EU:in on tullivapaata.

Tullivapaudesta, EU:n oman tuotantokapasiteetin kehittymättömyydestä ja ulkomaalaisten raaka-aineiden alhaisista hinnoista johtuen biopolttoainetuotanto tulee enenevässä määrin pohjautumaan tuontiraaka-aineisiin.

### **3.1 Biopolttoainepolitiikka tuottajamaissa**

Kasvavien markkinoiden johdosta Malesia ja Indonesia ovat päättäneet varata 40 % palmuöljyviennistään biopolttoaineille. Biopolttoainemarkkinoiden tyydyttämiseksi tullaan raivaamaan 3 miljoonaa hehtaaria uusia öljypalmuplantaaseja varten. Malesiassa palmuöljytuotannon odotetaan kasvavan nykyisestä 11,8 miljoonasta tonnista 18,8 miljoonaan tonniin vuoteen 2020 mennessä. Hehtaareissa tämä merkitsee 1,6 miljoonaa hehtaaria uusia plantaaseja (THUKRAL 2006b/ and /Star Publications 2006/). Tuotannon kasvun odotetaan erityisesti Indonesiassa lisäävän ekologisia ongelmia, korruptiota, juridista epävarmuutta ja laittomia hakkuita (Kleine Brockhoff 2006).

## **4. Palmuöljy bioenergiana: elinkaaren kasvihuonekaasu- ja energiataseet**

Ensivaikutelmaltaan palmuöljyn energiakäyttö on ympäristöystävällistä. Se vaikuttaa CO<sub>2</sub>-neutraalilta ja sen käyttö säästää fossiilisia polttoaineita. Kun otetaan huomioon palmuöljyn koko elinkaari metsien hakkuusta aina loppukäyttöön asti huomataan, etteivät edellä mainitut ominaisuudet olekaan itsestään selviä. Esimerkiksi fossiilisia polttoaineita käytetään huomattavia määriä lannoitteiden ja torjunta-aineiden valmistukseen plantaasin hoidossa.

Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>) on vain yksi kasvihuoneilmiötä kiihdyttävistä kaasuista ja tuotannon muut kasvihuonekaasupäästöt saattavat muuttaa hiilidioksiditaseensa suhteen positiivisen tuotteen kasvihuonekaasutasetta negatiiviseen suuntaan. Palmuöljyntuotannossa suurimmat päästöjen lähteet ovat valmistuksen aikana vapautuva metaani ja metsien raivauksen yhteydessä vapautuva hiilidioksidi. Palmuöljyn energiakäytön ekologiset hyödyt ja haitat tuleekin selvittää huomioiden tuotteen koko elinkaari.

### **4.1 Elinkaarianalyysi**

Energia- ja kasvihuonekaasutaseet laskettiin tuotteiden koko elinkaaren osalta sekä energiantuotantoon tuotetulle palmuöljylle että sen käytön korvaamille lopputuotteille (Kuva 1.). Energiasäästön laskennassa palmuöljyn energiasaantoa elämänkaarelta verrattiin perinteiseen

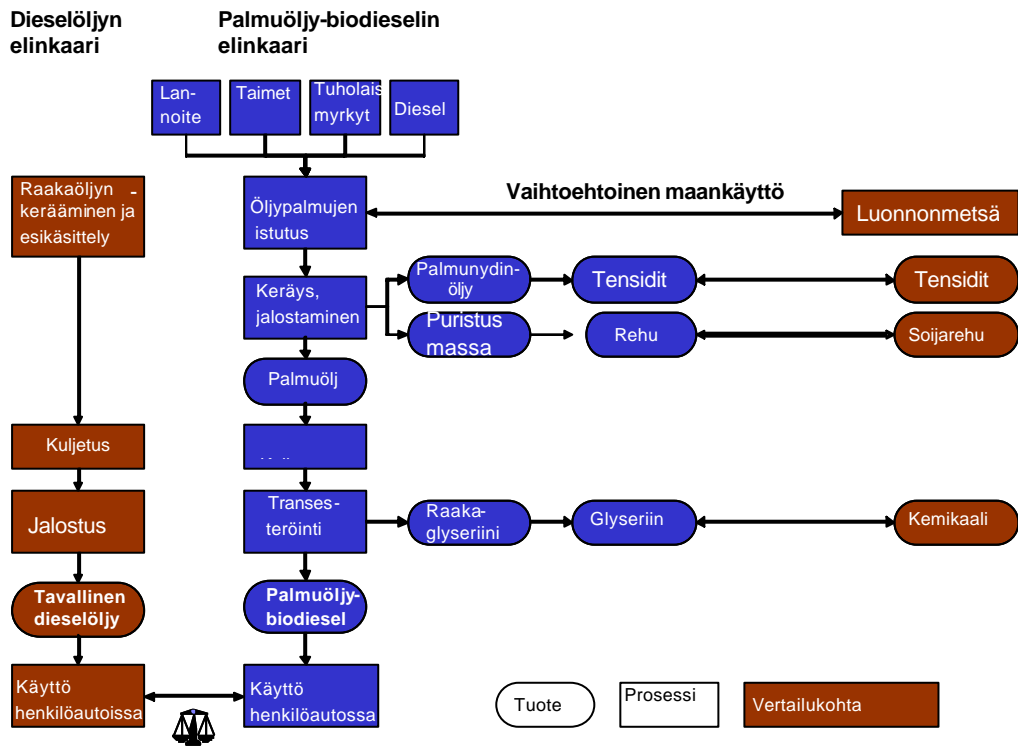
dieselpolttoaineen vastaavaan. Loppukäytössä huomioitiin sekä käyttö liikenteen polttoaineena, että voimalatuotannossa.

Vaihtoehtoisilla maankäyttömuodoilla on keskeinen rooli kasvihuonekaasupäästötaseiden laskennassa. Tutkimuksessa vertailtiin öljypalmun viljelyä luonnonmetsän tilalla, joutomaalla ja plantaaseilla joilla viljelylajiksi vaihdetaan öljypalmu. Luonnonmetsä- ja joutomaavaihtoehdoissa käytettiin IPCC:n suositteleman sadan vuoden lisäksi useita eri laskentakausia. Laskentakausi kuvaa perustetun plantaasin hyödyntämistä energiaksi tarkoitetun palmuöljyn tuottamiseksi. Luonnonmetsävaihtoehdossa vertailtiin sekä tyypillistä tuotantoa että kestäväää tuotantoa.

### Lopputuotteet ja niiden korvaamat tuotteet

Palmuöljyä käytetään Euroopassa energiaksi pääasiassa

- biodieselinä, jolloin se korvaa perinteisen dieselin
- voimalaitoksissa sähkön ja/tai lämmöntuotantoon, jolloin se korvaa aiemmin käytetyn raaka-aineen (maakaasun, kevyen polttoöljyn jne.)



IFEU 2006

Kuva 1: Elinkaarivertailu perinteisen dieselin ja palmuöljybiodieselin (PME) välillä, kun molemmat käytetään dieselautossa.

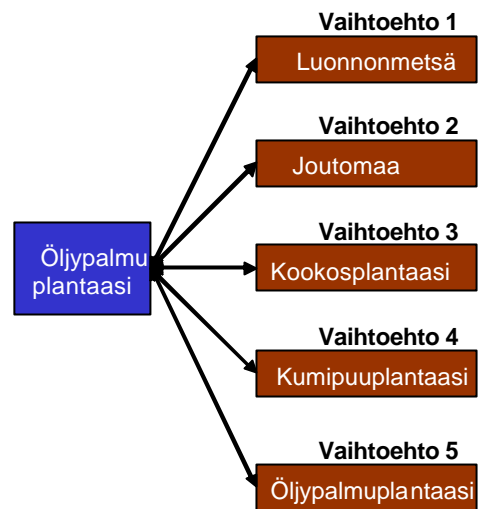


## Vaihtoehtoiset maankäyttömuodot

Öljypalmuplantaaseja voidaan perustaa trooppisen luonnonmetsän tilalle, trooppisille joutomaille tai niillä voidaan korvata toinen viljelylaji olemassa olevilla plantaaseilla. Viimeiseen vaihtoehtoon valittiin vertailtaviksi kolme lajia joiden viljelyä on Malesiassa jo korvattu palmuöljyn viljelyllä: kookos, kumipuu ja kaakao. Lisäksi vertailtiin palmuöljyn energia- ja elintarvikekäyttömuotojen eroja (Kuva 2.) Aiemmin viljeltyjen lajien lopputuotteet täytyy korvata markkinoilla muilla vastaavilla tuotteilla, mikä on huomioitu analyysissä.

Tulokset on laskettu lisäksi kahdelle erilaiselle tuotantomallille, nykyisen kaltaiselle ”tyypilliselle tuotannolle” ja tehostetulle ”hyvälle tuotannolle”.

- ”Tyypillisessä tuotannossa”, palmuöljyn vuotuinen hehtaarisäntä on 3.5 tonnia. Öljynpuristamon sivutuotevirtoja hyödynnetään vain kattamaan tuotantolaitoksen oma energiankäyttö. Muu energiapotentiaali jätetään käyttämättä ja palautetaan lannoitteena plantaaseille. Tuotannossa syntyvää metaania ei hyödynnetä vaan päästetään ilmakehään.
- ”Hyvässä tuotannossa” tuotannon sivuvirrat käytetään tehokkaasti sähköntuotannossa. Myös metaani hyödynnetään energiantuotannossa. Tehostettu plantaasinhoito kasvattaa vuotuista palmuöljy saantoa 4 tonniin hehtaarilta.



IFEU 2006

Kuva. 2 Vaihtoehtoiset maankäyttömuodot

## Analysoidut ympäristövaikutukset

Energiansäästö- ja kasvihuonekaasuvaikutukset analysoitiin palmuöljyn energiakäytön hyötyjen ja haittojen selvittämiseksi (Taulukko 1.).

Taulukko 1: Analysoidut ympäristövaikutukset

Ympäristövaikutus	Kuvaus
Energiasäästö	Tämä testi kuvaa säästettyjä fossiilisia polttoaineita, kuten raakaöljyä, maakaasua, kivihiiltä ja raakauraniumia.
Kasvihuoneilmiö	Tämä testi kuvaa ihmisen toiminnan johdosta vapautuneiden kaasujen aiheuttama ilmakehän lämpeneminen. Fossiilisista polttoaineista vapautuva hiilidioksidi (CO <sub>2</sub> ) on merkittävin ilmaston lämpenemistä edistävä kasvihuonekaasu. Metaani- ja ilokaasupäästöt huomioitiin tutkimuksen tuloksissa punnittavina hiilidioksidiekvivalenteina (tekijä 23 metaanissa ja tekijä 296 ilokaasussa).
/IFEU 2006/	

### Vertailu muiden biopolttoaineiden kanssa

Palmuöljyn energiakäytön energiansäästö- ja kasvihuonekaasupäästötuloksia vertailtiin lisäksi muiden tällä hetkellä merkittävien biopolttoaineiden kuten rypsi- ja rapsiöljyn ja sokeriruokopohjaisen etanolin vastaaviin tuloksiin.

### 4.2 Odotettavat maankäytön muutokset

Päätuotantomaiden korkeita vuotuisen tuotannon kasvulukuja ja nykyisiä tuotantomenetelmiä käyttäen arvioitiin tulevaisuudessa tarvittavan öljypalmuviljelyalan määrä.

## 5. Elinkaarianalyysivertailujen tulokset

Tuloksiin on päädytty IFEU:n laskentamallilla (IFEU 2006), jonka mukaan laskettuna tasetulokset kattavat eri vaihtoehtojen koko elinkaaren elinkaarianalyysistandardin (DIN 14040–43) mukaisesti. Menetelmän tarkemmat yksityiskohdat on kuvattu kirjallisuudessa (BARKS ET AL. 1999/ ja REINHARDT ET AL. 1999).

### 5.1 Öljypalmut korvaavat trooppiset luonnonmetsät

Öljypalmujen korvattaessa luonnonmetsän menetetään metsien tarjoama hiilinielu, eli biomassan sitoma hiili, mikä täytyy huomioida laskettaessa ympäristötaakkaa. Trooppiseen metsään on sitoutunut noin 138 tonnia hiiltä (C) hehtaarilla (IPCC 1996). Öljypalmuplantaasin hiilensidontakapasiteetti on vain 30–50 tonnia hehtaarilla (IFEU 2006). On siis odotettavissa noin 100 tonnin hiilipäästö (365 tonnin CO<sub>2</sub> päästöt) hehtaarilta, mikäli trooppinen luonnonmetsä korvataan öljypalmuplantaasilla.

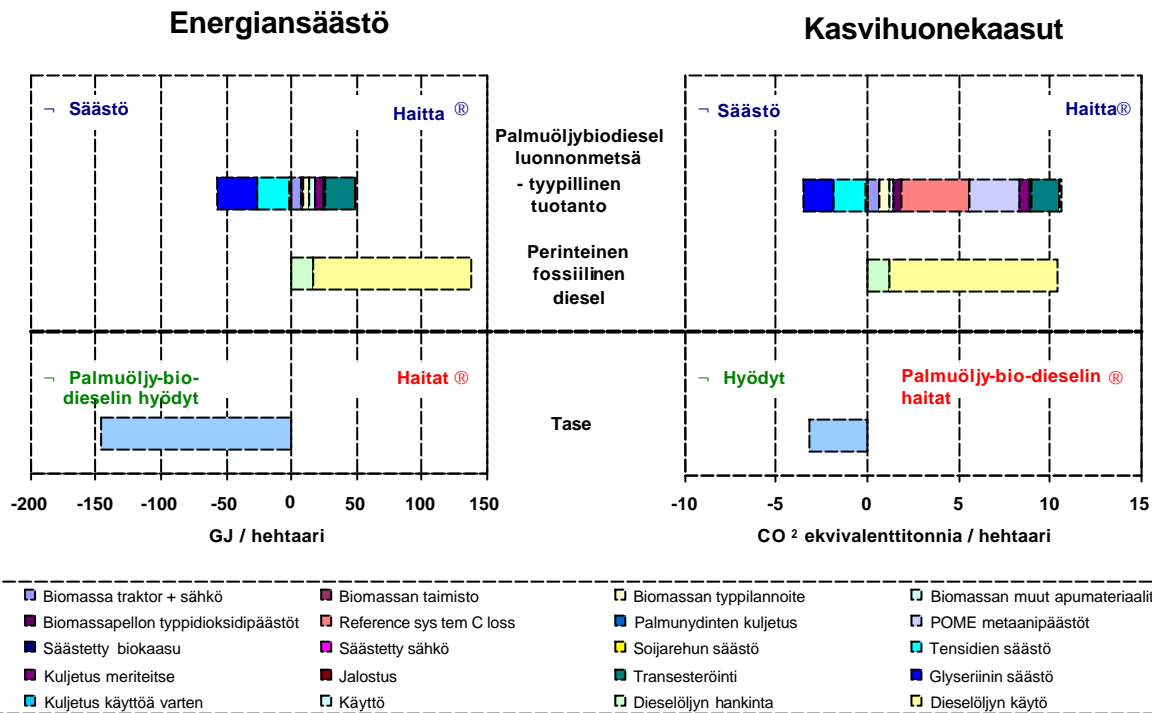
### Käyttö liikenteen polttoaineena

Palmuöljypohjaisen biodieselin elinkaarella käytetään huomattavia määriä fossiilisia polttoaineita. Energia- ja ilmastohyötyjen kannalta on ratkaisevaa, että palmunydinöljy käytetään pintajännitteenpoistajana ja glyseriininä (mm. puhdistusaineissa) (Kuva 1.). Suurimmat kasvihuonekaasutasetta heikentävät tekijät ovat jalostuksessa syntyvät metaanipäästöt ja luonnonmetsien hakkuissa syntyvät hiilidioksidipäästöt (Kuva 2.). Palmuöljypohjaisen biodieselin energiataseen hyödyt ovat suuremmat kuin sitä rasittavat haitat.

Jos trooppisia luonnonmetsiä korvataan öljypalmuplantaaseilla ja lopputuotteet käytetään biodieselinä, saavutetaan sekä energia- että kasvihuonekaasupäästöhyötyjä verrattuna perinteisen dieselin käyttöön. On kuitenkin huomattava, että kuvatut tulokset on laskettu 100 vuoden ajanjaksoa käyttäen. Toisin sanoen, jos kyseisellä plantaasilta tuotettua palmuöljypohjaista

biodieseliä käytetään seuraavat 100 vuotta korvaamaan fossiilista dieseliä, ovat ilmastohyödyt tällöin haittoja suuremmat. Käytettäessä lyhyempää, usein realistisempaa laskenta-aikaa kääntyy biodieselin käyttö haitaksi.

Palmuöljyn käytöllä voimaloissa sähkön ja lämmön tuotantoon on samankaltaiset vaikutukset kuin liikenteen polttoaineiksi käytölläkin.



IFEU 2006

Kuva2: Energiansäästö ja kasvihuonekaasuvaikutusvertailu palmuöljypohjaisen biodieselin ja perinteisen fossiilisen dieselin välillä. Esimerkki: palmuöljybiodieselin energiankäyttö on noin 50 GJ ja energiansäästö noin 60 GJ, jos palmuöljyä käytetään perinteisen dieselin sijaan on vuotuinen kokonaisenergiansäästö hehtaarilla on noin 150 GJ.?

## 5.2 Öljypalmuja trooppisille joutomaille

Trooppiset joutomaat tarjoavat suuren potentiaalisen viljelyalan. Öljypalmut sitovat hehtaarilla 30–50 tonnia hiiltä, mikä lasketaan elinkaarianalyysissä joutomailla viljelyn hyödyksi (IFEU 2006).

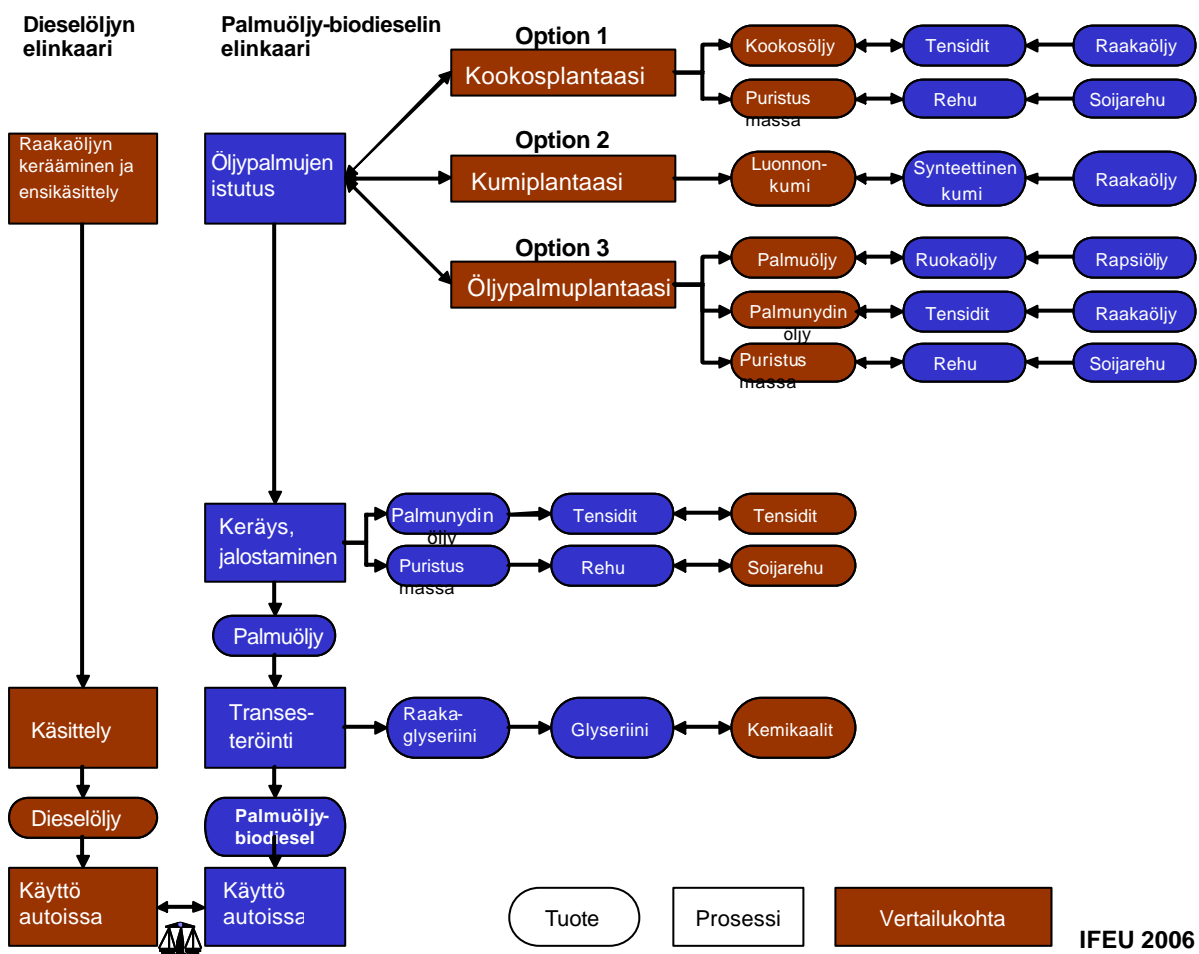
Joutomaille istutettaessa energiatase on identtinen luonnonmetsävaihtoehdon kanssa. Kasvihuonekaasutase on joutomailla viljeltäessä huomattavasti luonnonmetsien tilalla viljelyä parempi (8–13,5 CO<sub>2</sub> ekvivalenttitonnia vuodessa) (Kuva 4.). Plantaasien perustaminen joutomaille on kuitenkin taloudellisesti luonnonmetsien raivausta kalliimpaa. Onkin oletettavaa, että ilman kannustimia luonnontilaisen metsän raivaus öljypalmuplantaasien tieltä tulee jatkumaan.

## 5.3 Öljypalmuja muiden viljelykasvien sijaan

Luonnonmetsien hakkuiden ja joutomaille istuttamisen lisäksi öljypalmuplantaaseja on mahdollista perustaa jo olemassa oleville muille lajeille perustetuille plantaaseille vaihtamalla viljeltävää lajia. Tämä merkitsee, että aiemmin viljeltyjen lajien lopputuotteet täytyy korvata markkinoilla muilla vastaavilla tuotteilla. Nämä korvaavat tuotteet huomioidaan elinkaarianalyysissä (Kuva 3.).

- Kookos: Kookospalmuplantaasi on mahdollinen vaihtoehto öljypalmuplantaasille. Kookosöljystä valmistettava pintajännitteenpoistoaine täytyy korvata mineraalipohjaisella vaihtoehdolla. Kookosrehu (*press cake*) on korvattava soijarehulla.
- Kumi: Kumipuuplantaasi on mahdollinen vaihtoehto öljypalmuplantaasille. Luonnonkumi on korvattava öljypohjaisella synteettisellä kumilla.
- Ruokaöljy: Nykyisiä palmuöljyplantaaseja voidaan käyttää elintarvike- tai energiatuotantoon. Siirryttäessä energiantuotantoon täytyy markkinoilta poistuva ruokapalmuöljy korvata muilla ruokaöljyillä kuten rypsi- ja auringonkukkaöljyillä. Tämä vaatii lisää viljelyalaa.

Öljypalmuplantaasin korvattaessa muun plantaasin ovat tulokset paljon heikompia kuin luonnon metsiä korvattaessa. Tämä tarkoittaa, että mikäli energiakäyttöön tarkoitettu öljypalmuplantaasi korvaa esimerkiksi kumipuuplantaasin sekä energian kulutus, että kasvihuonekaasupäästöt kasvavat.



Kuva 3 Elinkaarivertailu perinteisen dieselin ja palmuöljy-biodieselin (PME) välillä, kun molemmat käytetään dieselautossa.

## 6. Päätulokset

### 6.1 Laskentamallista

#### Käytetty laskentajakso

Elinkaarianalyysien tulokset on laskettu IPCC:n suosittlemalle 100 vuodelle ja oletuksena on, että plantaasiviljely jatkuu tämän jälkeenkin. Näin laskettaessa saadaan tuloksiksi luonnonmetsiä öljypalmuplantaaseilla korvattaessa vuosittaisia ilmastohyötyjä noin 3-8 CO<sub>2</sub> ekvivalenttitonnia hehtaarilta, riippuen viljelymenetelmien tehokkuudesta. Joutomaille istutettaessa vastaavat hyödyt ovat 8-13,5 ekvivalenttitonnia hehtaarilta.

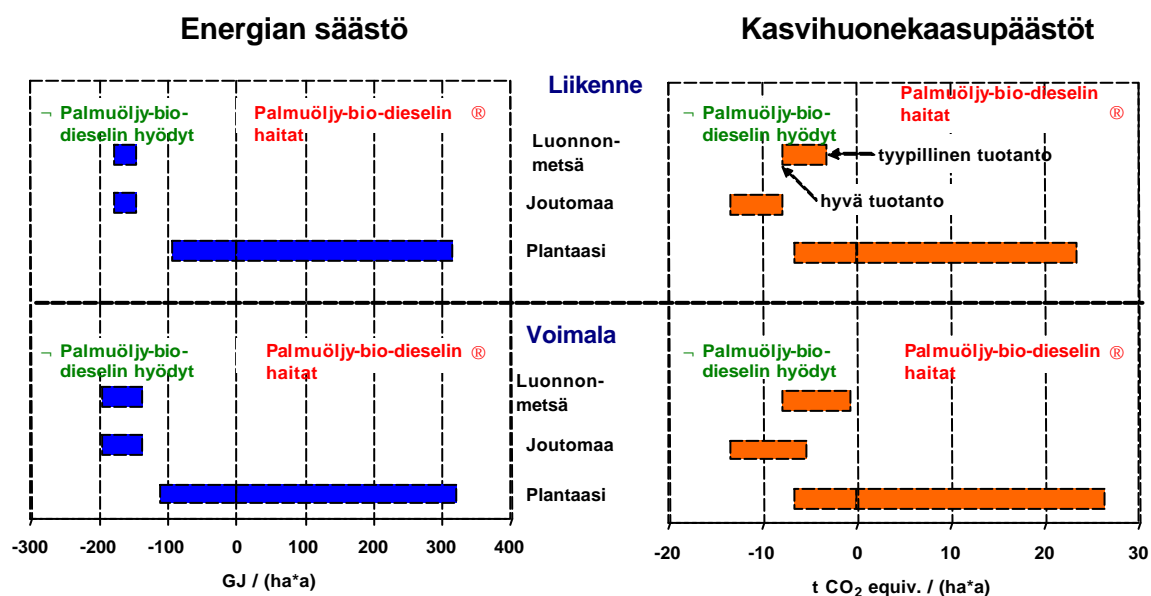
Jos sadan vuoden sijaan käytetään lyhyempää 25 vuoden laskentakautta, joka vastaa yhtä öljypalmuplantaasin viljelykiertoa, syntyy luonnonmetsiä korvattaessa ylimääräinen vuotuinen 12 ekvivalenttitonnin ilmastotaakka, minkä seurauksena mainitut hyödyt häviävät ja kääntyvät haitoiksi. Joutomaille lyhyempi laskenta-/viljelyajanjakson käyttö sen sijaan yhä parantaa palmuöljyn energiakäytön tarjoamia energiansäästö- ja kasvihuonekaasupäästöhyötyjä.

#### Viljelyalan jälkikäyttö

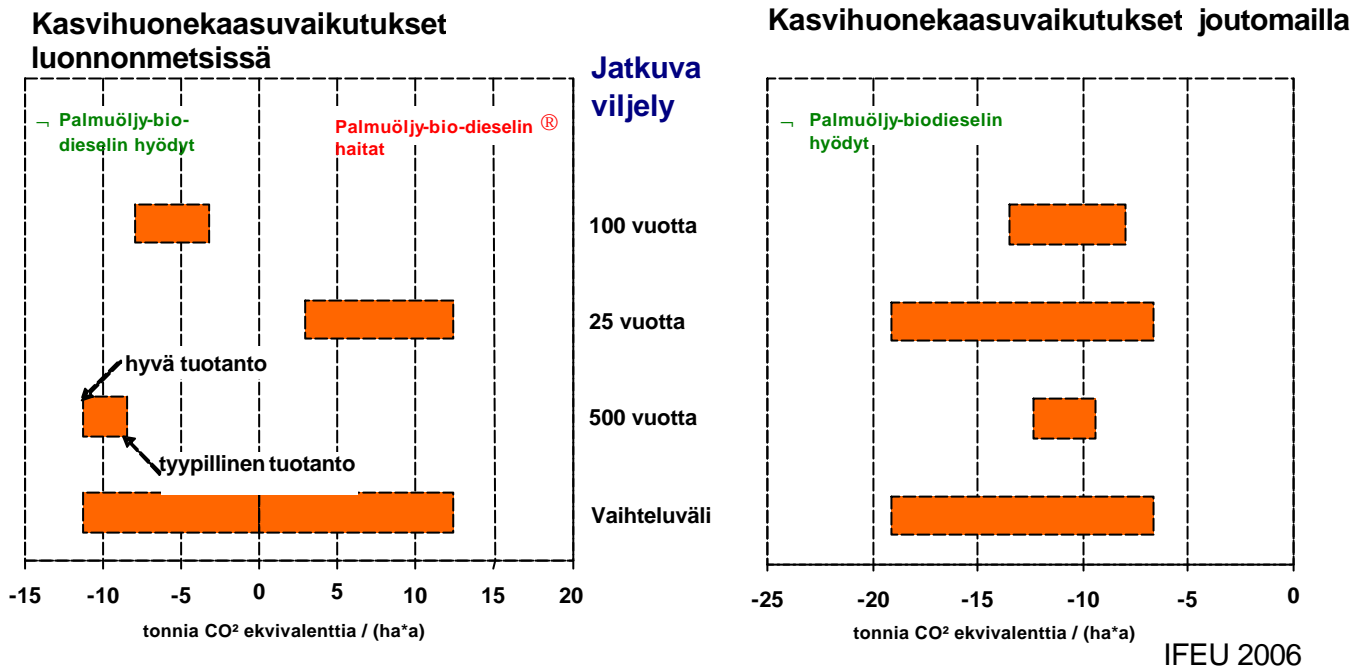
Laskenta/viljelyajan pituuden lisäksi tuloksiin vaikuttaa plantaasian viljelyn jälkeinen käyttö. Seuraavat kolme vaihtoehtoa ovat oletettavia:

1. Jatkuva plantaasiviljely, plantaasia viljellään pysyvästi ja kestävästi
2. Yksi tai kaksi viljelykiertoa, joka muuttaa alueen joutomaaksi kestäättömien viljelytekniikoiden vuoksi
3. Yksi tai kaksi viljelykiertoa, jonka jälkeen alue metsittyy

Jatkuva kestävästi toteutettu plantaasiviljely on mahdollista. On oletettavaa, että Kaakkois-Aasian tiheästi asutuilla alueilla raivattuja alueita pyritään hyödyntämään kauan. Tämän vuoksi elinkaarianalyysissä käytetään pitkää, 100 vuoden laskenta-aikaa, mutta myös 25 ja 500 vuoden laskentavaihtoehdot on huomioitu. Valitettavasti todellisuudessa vaihtoehto 2., alueen nopea muuttuminen tuottamattomaksi joutomaaksi on realistinen vaihtoehto.



Kuva 4: Elämänkaarivertailun tulokset energiaksi käytettävän palmuöljyn ja perinteisen energiamuodon välillä eri viljelymaita käytettäessä ja loppukäytön ollessa liikenteen biopolttoaine (PME) tai voimalatuotanto (puhdas palmuöljy). Luonnonmetsävaihtoehdossa (Nat. forest) on eroteltu tyypillinen tuotanto ja hyvä tuotanto.



Kuva 5: Eri laskentakausien (25, 100, 500 vuotta) vaikutus kasvihuonekaasutaseisiin luonnonmetsä/joutomaa vaihtoehdoissa kun oletuksena on jatkuva käyttö.

## 6.2 Elinkaarivertailujen tulokset

- Jos öljypalmuja viljellään joutomailla trooppisten luonnonmetsien raivauksen sijaan, säästetään vuosittain 150 GJ fossiilista energiaa hehtaarilta kun vertaillaan elinkaaria "Palmuöljyn energiakäyttö verrattuna perinteiseen energiantuotantoon".
- Kasvihuonekaasutulokset "luonnonmetsä"- ja "joutomaa"- vaihtoehtojen välillä ovat yhdenmukaiset, eli palmuöljyn käyttö energiaksi on ilmaston kannalta perusteltua. Näiden vaihtoehtojen välillä on kuitenkin kaksi huomioitavaa eroa:
  1. Tulokset ovat positiivisimmat perustettaessa öljypalmuviljelmä joutomaalle, koska hiiltä sitoutuu sen vapautumisen sijaan.
  2. Tuloksien laskennassa käytettiin 100 vuoden ajanjaksoa (Kuva 5.). Tällä laskenta-ajalla on vain pieni vaikutus "joutomaa" vaihtoehtoon verrattuna "luonnon metsä" vaihtoehtoon. Lyhyempää, 25 vuoden laskenta-/viljelykautta käytettäessä "luonnonmetsä" vaihtoehdon haitat kasvavat.
- Edelliseen perustuen viljely joutomailla on selvästi tehokkaampi tapa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä kuin metsien raivaus.
- Öljypalmuplantaasin korvataessa toisen viljelylajikkeen (kookos, kumipuu, ruokapalmuöljy) viljelyn elinkaarivertailussa hyötyjä ja haittoja. Yllättävänä tuloksena voidaan pitää, että kun palmuöljy, uudistuva energiavara, korvaa fossiilisen polttoaineen, saattavat energia- ja

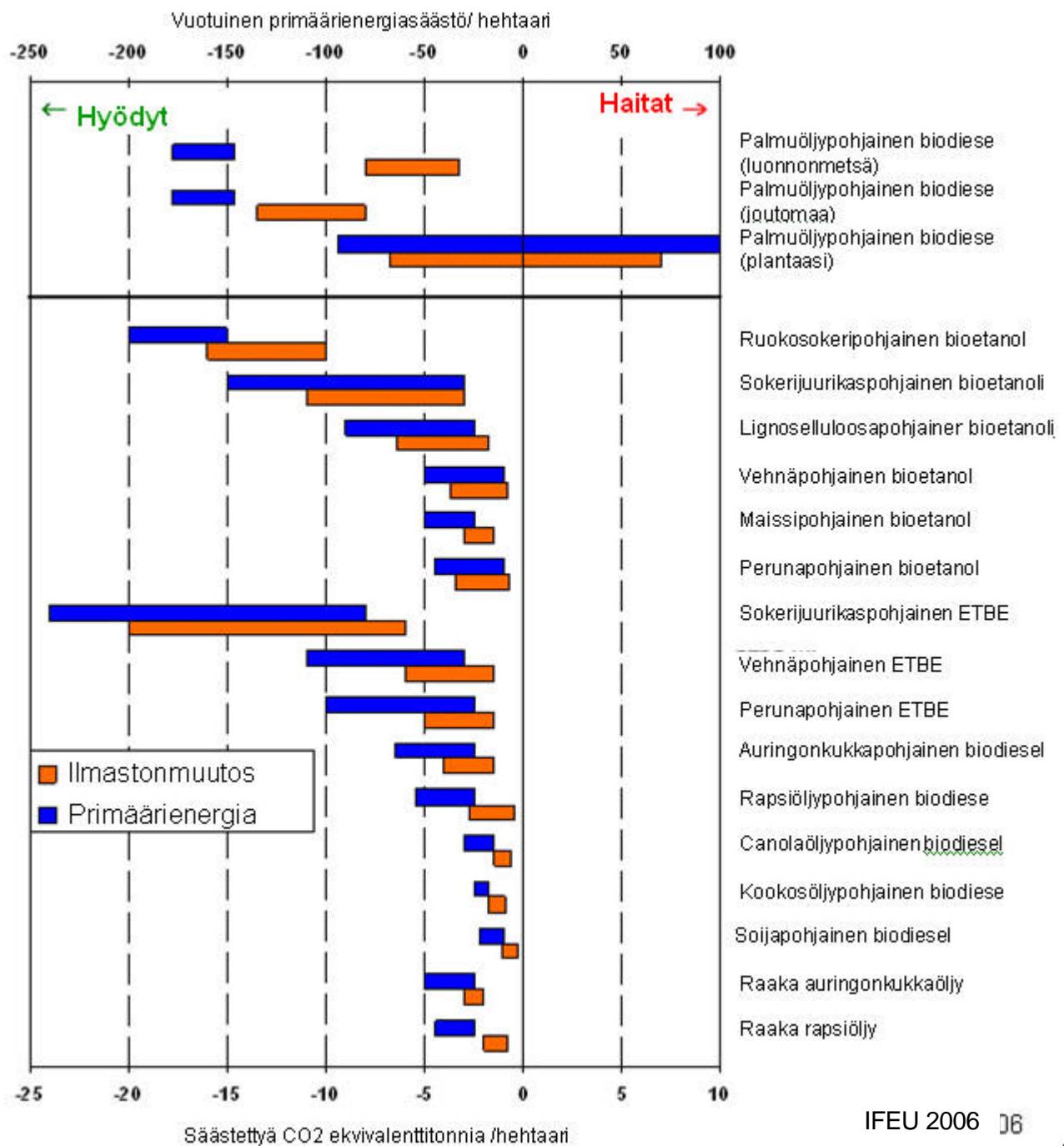
kasvihuonekaasupäästöhaitat kasvaa. Esimerkiksi kumipuun kohdalla tämä johtuu luonnonkumin eduista verrattuna sitä korvaavaan synteettiseen kumiin.

- Palmuöljyn vaihtoehtoisilla loppukäyttömuodoilla; voimaloissa energian ja lämmön tuotantoon tai liikenteen polttoaineena, ei ole suuria eroja energia- ja kasvihuonekaasutaseiden osalta.
- Palmuöljyn tuotantoa ja prosessointia voidaan tehostaa huomattavasti nykyisestä. Siirtymällä nykyisistä ”tavanomaisista” menetelmistä ”hyviin” menetelmiin voidaan energiasäästöä kasvattaa ja kasvihuonekaasupäästöjä vähentää. Puristamoissa syntyvän jätehiemen biokaasun talteenotto ja energiakäyttö, sekä hedelmäkuorien ja kuitujen hyödyntäminen tarjoavat suurimmat yksittäiset parannuskeinot.
- ”Hyviä tuotantomenetelmiä” käyttämällä palmuöljyn energiakäyttö mahdollistaa elämänskaaren ajalta 15 % energiasäästön ja 60 % kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksen.

### **6.3 Palmuöljybiodieselin ja muiden biopolttoaineiden vertailu**

Palmuöljypohjaista biodieseliä vertailtiin elinkaaren osalta myös muihin biopolttoaineisiin, (Kuva 6.) erityisesti bioetanoliin (EtOH) bensiinin korvaajana, nakutuksenestoaineena käytettävään ETBE:n (ethyl tertiary butyl ether), useisiin biodieseleihin ja raaka rypsi-/rapsiöljyyn:

- (Hehtaarikohtaisten) energiasäästöjen osalta tehokkaimpia biopolttoaineita ovat palmuöljy, ruokosokeripohjainen bioetanolin ja sokerijuurikas pohjainen ETBE kasvatettuina luonnonmetsien tilalla tai joutomailla.
- Kasvihuonekaasutaseiden osalta vain joutomailla kasvatetulla palmuöljyllä päästään ruokosokeripohjaisen bioetanolin ja sokerijuurikas pohjaisen ETBE:n hyötötasolle jotka ovat muita biopolttoaineita parempia.
- Palmuöljyn käytölle kasvihuonekaasujen vähentämiseksi on jo olemassa useita vaihtoehtoja, jotka eivät vaadi trooppisten metsien raivausta plantaaseiksi.



Kuva 6: Eri biopolttoaineiden energia- ja kasviuonekaasutasetulokset verrattuna niiden fossiilisiin vaihtoehtoihin. Energiasäästö, vuotuinen primäärienergiesäästö (GJ), kasviuonekaasupäästö, CO<sub>2</sub> ekvivalenttitonnia hehtaarilla.



## 7. Öljypalmuviljelyn pinta-alan tarve tulevaisuudessa

EU:n biopolttoaineiden käytönedistämisdirektiivi (CEC 2003a) (8.5.2003) vaatii jäsenvaltioita huolehtimaan, että biopolttoaineet saavuttavat niille asetetut minimimarkkinaosuudet (5,75 % polttoaineiden kokonaisenergiämäärästä vuoteen 2010 mennessä). Jäsenvaltiot voivat vapaasti valita, millaisen prosenttiosuuden ne haluavat bensiinistä ja dieselistä korvata ja mitä biopolttoainetta käyttää. Saatavuudesta johtuen nämä vaihtoehdot rajoittuvat ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin kuten biodieseliin, bioetanoliin ja bio-ETBE:n. Onkin syytä tarkastella, mitä seurauksia palmuöljypohjaisen biodieselin käyttöönotolla EU:ssa on tuotantomaiden maankäyttöön.

FAO ennustaa palmuöljytuotannon kasvavan vuoden 2000 tasosta 25,6 miljoonasta öljykvivalenttitonniin 54,2 miljoonaan öljykvivalenttitonniin vuoteen 2030 mennessä. FAO pitää palmuöljyn 3,2% vuotuista tuotannonkasvua todennäköisenä, sillä palmuöljyn kysyntä energiakäyttöön jatkaa kasvuaan. Elintarviketeollisuuden käyttöön tarkoitetun palmuöljyn vuotuinen tuotannonkasvu on pienempi, 1,5 %. FAO pitääkin kasvavaa kysyntää mahdollisena uhkana tuotantomaiden metsille (FAO 2006b).

Päätuotantomaiden, Malesian ja Indonesian vuotuisen tuotannon kasvuluvut ovat korkeita eli 5 ja 12 %. Näiden kasvulukujen avulla jo tuotantomenetelmiä käyttäen voidaan laskea tarvittavan viljelyalan määrä. Tämän laskelman mukaan Malesian täytyisi lisätä öljypalmun viljelypinta-alaa nykyisestä 3,5 miljoonasta hehtaarista 5,1 miljoonaan vuoteen 2020 mennessä. Indonesian täytyisi lisätä pinta-alaa huomattavasti nykyisestä 5 miljoonasta hehtaarista 16,5 miljoonaan hehtaariin. Mikäli paremmat viljelymenetelmät otetaan käyttöön, ovat vastaavat luvut Malesialle 4,3 ja Indonesialle 9,0 miljoonaa hehtaaria, eli Indonesian tulisi silti lisätä plantaasipinta-alaa 3-4 miljoonalla hehtaarilla.

Viranomaiset Indonesiassa ennustavat öljypalmuviljelyn lisäämään tarpeen olevan jopa 30 miljoonaa hehtaaria. Indonesian paikallishallinnot ovat varautuneet antamaan perustamislisenssit 20–22 miljoonalle lisähehtaarille. Arvioiden mukaan tarvittava lisäpinta-ala olisi kuitenkin korkeintaan 10 miljoonaa hehtaaria (DROS 2003). Vuoteen 2010 mennessä Indonesia aikoo antaa öljypalmuplantaaseiden käyttöön 3 miljoonaa lisähehtaaria ja rakentaa 11 uutta jalostamoa.

Koska öljypalmuplantaasin perustaminen on taloudellisesti kannattavampaa raivaamalla luonnonmetsää kuin istuttamalla joutomaalle voidaan olettaa, että plantaasi- ja metsäyhtiöiden intressit ajavat kansainvälisten sopimusten kuten biologista monimuotoisuutta koskevan YK:n yleissopimuksen yli. Trooppista metsää on vaarassa tulla hakatuksi plantaasien tieltä, ellei tehokkaita valvontakeinoja saada aikaan. Joutomailla tapahtuva viljely tarjoaisi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi myös runsaasti muita ekologisia hyötyjä verrattuna trooppisten metsien raivaukseen.

Öljykasvien kasvatusta ja prosessointiyhdistyksen (UFOP ja FEDIOL) mukaan palmuöljypohjaiset biodieselit saattavat saavuttaa 20 % markkinaosuuden EU:n biodieselin kulutuksesta vuoteen 2010 mennessä nykyisen (2005) 10 % sijaan (UFOP 2006/KRISHNA & MUDEVA 2006). Mikäli vuoden 2010 biopolttoainetavoite (5,75 %) saavutetaan, FEDIOL (2006) arvioi EU:n vuotuisiksi biodieselin kulutukseksi 12 miljoonaa tonnia, josta 5,8 milj.t on eurooppalaista rypsi- ja rapsiöljyä, 2,5 milj.t maahantuotua palmuöljyä ja noin 2,4 milj.t sojaöljyä sekä muita kasviöljyjä ja eläinrasvoja.

Palmuöljyn keskimääräistä hehtaarisaintoa Indonesiassa, 3,25 tonnia (DROS 2003) käyttäen EU:n kulutuksen tyydyttäminen vaatisi 770 000 hehtaaria öljypalmuplantaasia maassa, jonka trooppiset metsät ovat jo nyt vakavasti uhattuina. Liikenteen polttoaineen kysynnän lisäksi on vielä epävarmaa, kuinka paljon palmuöljyä tullaan tarvitsemaan voimalakäyttöön sähkön ja lämmön tuotantoon.

IFEU- instituutin laskelmat kuvaavat, kuinka paljon viljelyalaa yhden prosentin fossiilisen diesel- ja kokonaispolttoaineen kulutuksen vähennys EU-25 alueella, Saksassa, Sveitsissä ja Alankomaissa vaatisi, kun ne korvattaisiin palmuöljypohjaisella biodieselillä (Taulukko 2.). Vähennykseen tarvittava plantaasiala on huomattava: tarvittaisiin yli miljoona hehtaaria plantaasia tuottamaan EU-25 tarvitseman palmuöljypohjaisen biodieselin korvattaessa 1 % liikenteen kokonaispolttoaineen kulutuksesta.

Taulukko 2: Viljelyalantarve (hehtaaria) kun korvataan 1% kutakin polttoainetta

	Hehtaaritarve kun korvataan 1%	
	diesel	kokonaispolttoaineen kulutus
Saksa <sup>1</sup>	102,000	189,000
Sveitsi <sup>2</sup>	6,000	18,000
Alankomaat <sup>3</sup>	19,000	34,000
EU-25	711,000	1,035,000
/IFEU 2006/ perustuen <sup>1</sup> /MWV 2005/; <sup>2</sup> /ERDÖL-VEREINIGUNG 2005/; <sup>3</sup> /VNPI 2006/		

## Lähteet

- CEC 2003a/ Commission of the European Communities (2003) Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport. Official Journal of the European Union L 123/42. Luxembourg.
- DIN 14040-43/ Deutsches Institut für Normung (DIN) (ed.) (1997-2000) DIN EN ISO 14040 bis 14043. Deutsche Normen. Beuth, Berlin.
- DROS 2003/ Dros, J.M. (2003) Accommodating Growth. Two scenarios for oil palm production growth. AIDEnvironment.
- ERDÖL-VEREINIGUNG 2005/ Erdöl-Vereinigung (2005) Jahresbericht 2004. Zurich.
- FAO 2006b/ FAO (2006) World Agriculture: towards 2030/2050. Rome.
- FEDIOL 2006/ FEDIOL (2006) 2010 Vegetable Oils: Supply-Demand Projections. Brussels.
- HARTMANN & KALTSCHMITT 2002/ Hartmann, H. & Kaltschmitt, M. (ed.) (2002) Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien. Series of publications "Nachwachsende Rohstoffe", vol. 3. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- IFEU 2006/ Own estimates/calculations
- IPCC 1996/ Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. Geneva.
- KERKWIJK 2006/ Kerkwijk, E. (Biox B.V.) (2006) Dow Jones Newswires Interview, 10.04.2006: Palm Oil May Face Barriers in Europe. <http://asia.news.yahoo.com/060410/5/2it9g.html>
- KLEINE-BROCKHOFF 2006/ Kleine-Brockhoff, M. Die Ölststaaten Indonesien und Malaysia planen Megaplantagen für nachwachsende Rohstoffe. Stuttgarter Nachrichten Online 04.08.2006.
- KRISHNA & MUDEVA 2005/ Krishna, B., Mudeva, A. Analysis – Palm Oil Seen Playing Role in EU Biofuel. [www.planetark.com](http://www.planetark.com), 01.11.2005.
- F.O. LICHT 2006/ F.O. Licht GmbH (2006) World Ethanol & Biofuels Report.
- MWV 2005/ Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2005) Mineralöl-Zahlen 2004. Hamburg.
- NESTE OIL 2006/ Neste Oil. Refine – Neste Oil Quarterly Magazine 01/2006. <http://www.nesteoil.com/default.asp?path=1,41,540,2384,4576,5410>
- OECD 2006/ OECD (2006) Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels. Paris.
- RAPIDOIL AG 2006/ RapidOil (2006) Personal information on the status of the conversion of trucks to pure palm oil. Munich.

REINHARDT ET AL. 1999/ Reinhardt, G.A., Borken, J., Patyk, A., Vogt, R. & Zemanek, G. (1999) Ressourcen- und Emissionsbilanzen: Rapsöl und RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff. In: Umweltbundesamt (ed.): Kraus, K., Niklas, G. & Tappe, M.: Aktuelle Bewertung des Einsatzes von Rapsöl/RME im Vergleich zu Dieselkraftstoff. UBA-Texte 97/99, Berlin.

VNPI 2006/ Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie (2006) Statistische gegevens – Achtergrondinformatie. Den Haag.  
[http://www.vnpi.nl/documenten/343.binnenl.aflev.mtr.br.stfn\\_1950-2004.xls](http://www.vnpi.nl/documenten/343.binnenl.aflev.mtr.br.stfn_1950-2004.xls)

STAR PUBLICATIONS 2006/ Star Publications. Mixed reaction to Malaysian, Indonesian biodiesel plans. [www.planetark.com](http://www.planetark.com), 25.07.2006

THUKRAL 2006b/ Thukral, N. (2006) Malaysia-Indonesia set palm for fuel, market soars. [www.planetark.com](http://www.planetark.com)

UFOP 2006/ Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e.V. (2006) Current situation and prospects for biodiesel and vegetable oils as fuels: From niche products to market players. Berlin.