

Duurzaamheid van biobased producten uit plantaardige olie

Energiegebruik en broeikasgasemissie

HARRIËTTE BOS, SJAAK CONIJN, WIM CORRÉ,

KOEN MEESTERS, MARTIN PATEL



Duurzaamheid van biobased producten uit plantaardige olie

Energiegebruik en broeikasgasemissie

Harriëtte Bos, Koen Meesters, Wim Corré, Sjaak Conijn, Martin Patel

Uitgegeven in de reeks “Groene Grondstoffen”.

- Groene chemie voor biobased plastics; Biobased routes en marktontwikkeling, Paulien Harmsen en Martijn Hackmann (2012)
- Catalogus biobased bouwmaterialen; het groene bouwen, Jan van Dam, Martien van den Oever (2012)
- Biocomposieten 2012; Natuurlijke vezels en bioharsen in technische toepassingen, Martien van den Oever, Karin Molenveld, Harriëtte Bos (editor) (2012)
- Biobased Plastics 2012, Christiaan Bolck, Jan Ravenstijn, Karin Molenveld, Paulien Harmsen (editor) (2011)
- Microalgen; het groene goud van de toekomst? Grootschalige duurzame kweek van microalgen voor de productie van bulkgrondstoffen, Hans Wolkers, Maria Barbosa, Dorinde Kleinegris, Rouke Bosma, Rene Wijffels (2011)
- Duurzaamheid van biobased producten; Energiegebruik en broeikasgas-emissie van producten met suikers als grondstof, Harriëtte Bos, Sjaak Conijn, Wim Corré, Koen Meesters, Martin Patel (2011).
- Bioraffinage; Naar een optimale verwaarding van biomassa, Bert Annevelink en Paulien Harmsen (2010).
- Agrificatie en de Biobased Economy; Een analyse van 25 jaar beleid en innovatie op het gebied van Groene Grondstoffen, Harriëtte Bos (2008).
- Doorbreken van de innovatieparadox; 9 voorbeelden uit de biobased economy., Christiaan Bolck en Paulien Harmsen (2007).
- Weekmakers; groene grondstoffen bieden nieuwe mogelijkheden, Karin Molenveld (2006).

Deze en oudere uitgaves zijn beschikbaar via www.groenegrondstoffen.nl

Voorwoord

De reeks 'Groene Grondstoffen' groeit mee met de ontwikkelingen in de Biobased Economy. Biomassa of groene grondstoffen worden steeds meer ingezet als grondstof voor de industrie ter vervanging van de steeds schaarser wordende aardolie.

Voorgaande edities hebben verschillende onderwerpen binnen de Biobased Economy behandeld, waaronder duurzaamheidsaspecten van producten die uit fermenteerbare suikers kunnen worden gemaakt. Deze nieuwe uitgave beschrijft duurzaamheidsaspecten van een ander type grondstof dat in de biobased economy veel wordt toegepast: plantaardige oliën. Net als in de editie over suikers worden ook hier verschillende grondstoffen en verschillende toepassingen met elkaar vergeleken.

Dit boekje is geschreven in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, en presenteert op een toegankelijke wijze de uitkomsten van een meer uitgebreide studie. Technische achtergrondinformatie en een uitgebreidere uitleg van de gebruikte data zijn te vinden in het achtergrondrapport (zie Literatuur).

Wij danken Peter Besseling van het ministerie van EZ en Frank Bergmans van het Productschap MVO voor hun bijdragen aan dit boekje.

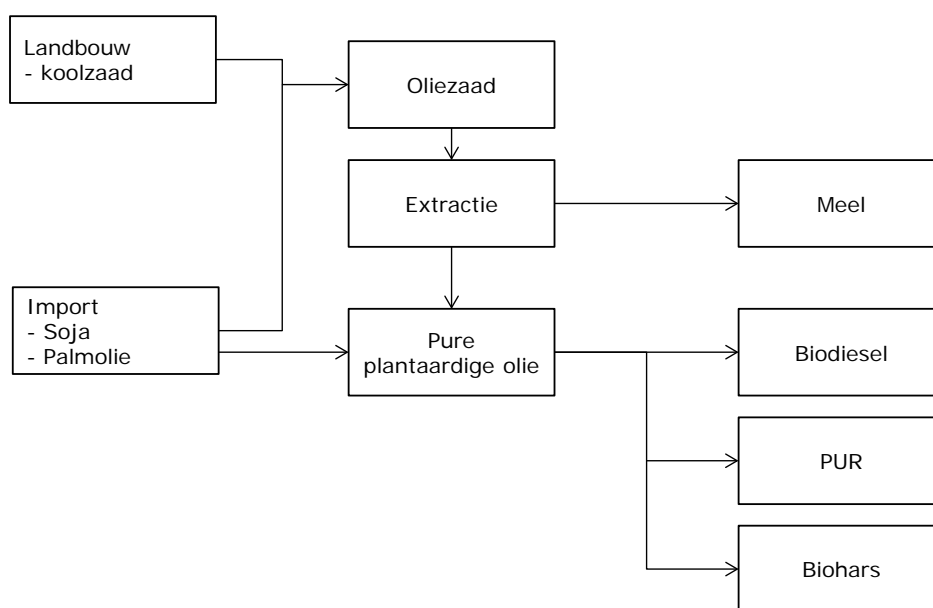
Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding voor deze studie	7
1.2	Natuurlijke oliën.....	8
1.3	LCA	10
1.4	Producten.....	11
1.5	Hoeveel oogsten we?	11
1.6	Olie en eiwit.	12
1.7	Samenhang tussen de olie en eiwitmarkt.	12
2	De onderzochte systemen	15
2.1	De grondstoffen	15
2.2	De producten.....	18
3	Duurzaamheid van de teelt van olie voor producten	21
3.1	De teelt en samenstelling van de drie oliegewassen.....	21
3.2	LCA volgens de allocatie methode	25
3.3	Het verschil tussen allocatie en systeemexpansie	26
3.4	LCA volgens de systeemexpansiemethode	27
3.5	Conclusie	32
4	Duurzaamheid van drie non-food producten uit natuurlijke olie	33
4.1	inleiding.....	33
4.2	De drie eindproducten	34
4.3	Vermeden energiegebruik.	35
4.4	Het landgebruik per product	37
4.5	De resultaten per hectare.....	38
4.6	Vergelijking met het suikersysteem	40
4.7	Vermeden broeikasgasuitstoot	43
5	Conclusies	47
	Literatuur	49
	Overzicht van gebruikte termen	50
	Colofon	52

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor deze studie

Nederland wil de komende jaren versterkt inzetten op de ontwikkeling van de biobased economy. Daarbij ligt de focus niet op het gebruik van biomassa voor brandstoffen en energie, maar vooral voor chemicaliën en materialen. Door het toepassen van biomassa kan het gebruik van fossiele energie zoals olie worden verminderd en de CO₂ uitstoot worden verlaagd. Er is relatief veel bekend van de duurzaamheidswinst van bioenergie en biobrandstoffen, waarbij voor biobrandstoffen de duurzaamheid in sommige gevallen niet veel beter is dan voor de fossiele brandstoffen. De verwachting is dat met name bij het gebruik van biomassa voor chemicaliën de te bereiken duurzaamheidswinst groot kan zijn. Er zijn echter nog niet veel data op dit gebied beschikbaar. In 2010 is door Wageningen UR en de Universiteit van Utrecht gezamenlijk een studie uitgevoerd waarbij een duurzaamheidvergelijking is gemaakt van een aantal biobased producten die uit fermenteerbare suikers kunnen worden gemaakt. De belangrijkste conclusie van die studie was het toepassen van biomassa in chemicaliën leidt tot een grotere verlaging van het gebruik van niet-hernieuwbare



Figuur 1.1 Opzet van de studie. Door te werken met één knooppunt, pure plantaardige olie, zijn de verschillende gewassen en de verschillende toepassingen met elkaar te vergelijken. Het eiwitrijke meel is meegenomen als co-product.

energie en broeikasgasuitstoot dan het toepassen van biomassa in biobrandstoffen. Volgens dezelfde opzet is in 2011/12 een studie uitgevoerd naar biobased producten gemaakt uit natuurlijke oliën (zie figuur 1.1). Ook in deze studie is gekeken naar het gebruik van niet-hernieuwbare energie, de uitstoot van broeikasgassen en het gebruik van land waarbij verschillende gewassen en verschillende eindproducten met elkaar zijn vergeleken.

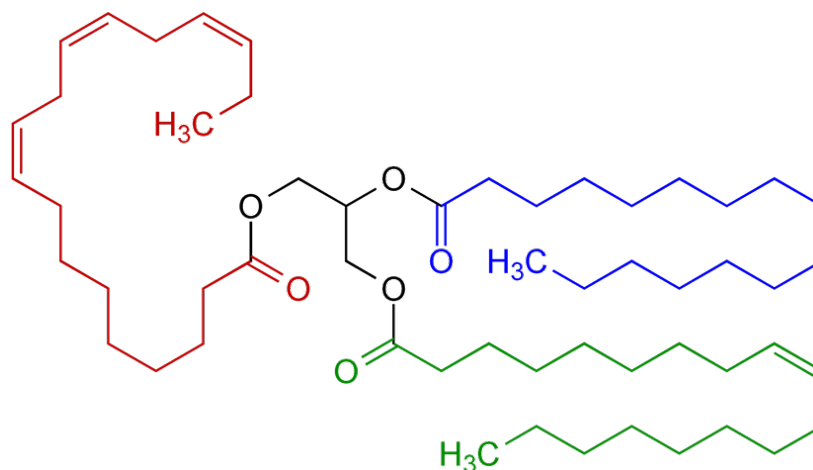
1.2 Natuurlijke oliën

Er zijn verschillende gewassen die natuurlijke oliën produceren (tabel 1.1). Natuurlijke (meestal maar niet uitsluitend plantaardige) oliën bestaan uit zogenaamde triglyceride moleculen. Deze moleculen zijn een combinatie van een glycerol molecuul (ook wel glycerine genoemd) met daaraan gekoppeld drie vetzuren (zie figuur 1.2). Vetzuren zijn lange moleculen met aan één kant een zuurgroep met daaraan een lange staart van koolstofatomen. Natuurlijke oliën worden al heel lang gebruikt voor non-food producten. Zeep wordt al vijfduizend jaar gemaakt door natuurlijke oliën te laten reageren met loog. Hierbij worden de glycerol en de vetzuren van elkaar losgemaakt (dit heet verzeppen). Bij de productie van biodiesel worden de glycerol en de vetzuren

Tabel 1.1. Plantaardige olieproductie in de wereld, in de periode 2005/2009 (uit: FAOSTAT, 2011).

	Olieproductie [Mt/jaar]	Wereldproductie [%]
Palmolie	38.7	29.7
Palmpitolie	5.1	3.9
Soja-olie	35.8	27.5
Koolzaadolie	18.5	14.2
Zonnebloemolie	11.5	8.8
Pinda-olie	5.4	4.1
Katoenolie	4.9	3.8
Kokosolie	3.6	2.7
Olijfolie	2.8	2.1
Maisolie	2.3	1.7
Sesamolie	0.9	0.7
Lijnolie	0.7	0.5
Saffloerolie	0.1	0.1
Totaal ^a	130.3	100

^a Sommige plantaardige oliën (castorolie, jatropha-olie) die in kleinere hoeveelheden worden geproduceerd worden niet weergegeven in de FAOSTAT 'processed crops' statistieken.



Figuur 1.2. Schematische voorstelling van een triglyceride met drie verschillende vetzuurstaarten met een verschillend aantal dubbele banden. Bij omesteren of verzepen worden de gekleurde vetzuurstaarten losgemaakt van het zwarte middendeel (glycerol).

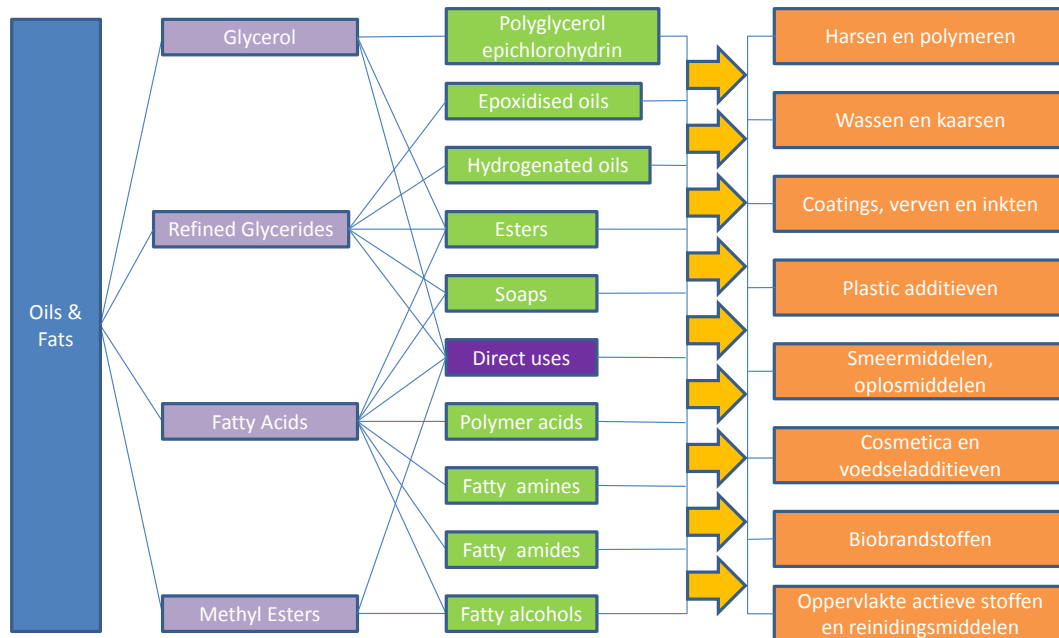
ook van elkaar gescheiden, maar dan in aanwezigheid van methanol, dit wordt omesteren genoemd.¹

Oliën van verschillende gewassen hebben vaak iets andere vetzuurstaarten. Een belangrijk verschil is de aanwezigheid van meer of minder dubbele banden tussen twee koolstofatomen in de staart. De dubbele banden kunnen relatief gemakkelijk chemisch reageren. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij het uitharden van (olie)verf, waarbij onder invloed van zuurstof uit de lucht een volledig verknoopt systeem ontstaat dat niet meer kan vloeien. Het zelfde principe werkt bij moderne alkyd-verven die ook veel olie bevatten.

Naast zeep, biodiesel en verf kunnen uit natuurlijke oliën ook chemicaliën worden gemaakt die kunnen worden toegepast als grondstoffen voor plastics, harsen of PUR (polyurethaan) schuimen.

De lange ketens van natuurlijke oliën maken het een ideale grondstof voor kunststoffen zoals polyamides die zich kenmerken door hun slagvastheid, flexibiliteit en resistentie tegen de inwerking van chemicaliën. Vanwege hun ketenlengte en

¹ Kijk op de website www.mvo-kenniscentrum.nl onder de rubriek 'De Chemie' bij 'Het vetmolecuul' voor een leerzame animatie met uitleg over vetmoleculen.



*Figuur 1.3. Overzicht van de verschillende toepassingen van natuurlijke oliën.
(Bron: Brochure "De waarde van plantaardige oliën en vetten voor de biobased economy" Productschap MVO.)*

specifieke dubbele bindingen zijn castorolie, lijnolie en calendula-olie aantrekkelijke grondstoffen voor technische toepassingen zoals schoonmaakmiddelen, verf, smeermiddelen² en plastics, zie figuur 1.3.

1.3 LCA

In deze studie is door middel van de LCA (Levenscyclusanalyse) methodiek onderzocht hoeveel reductie in gebruik van niet-hernieuwbare energie en in emissie van broeikasgassen het gebruik van biobased producten kan opleveren ten opzichte van vergelijkbare producten uit fossiele bron, en eveneens hoeveel land er nodig is om deze toepassingen te maken.

LCA is een wetenschappelijke methode om de impact van producten op het milieu te bepalen. Hierbij kan de hele levenscyclus van het product worden meegenomen, dus

² Voor informatie over biosmeermiddelen zie www.biosmeermiddelen.nl

van de productie van de grondstof tot en met de afvalfase. In deze studie is echter alleen de productiefase van de onderzochte producten meegenomen, de gebruiksfase en de afvalfase zijn buiten beschouwing gelaten.

1.4 Producten

In deze studie zijn drie verschillende biobased toepassingen van natuurlijke oliën, biodiesel, biopolyol (een bouwsteen voor PUR schuim) en een deels biobased hars waarmee composieten gemaakt worden vergeleken met elkaar en met dezelfde toepassing op basis van fossiele olie. De producten die worden vergeleken worden momenteel werkelijk op (semi-)commerciële schaal geproduceerd en zijn dus reële opties voor de biobased economy. Bovendien zijn drie verschillende gewassen onderzocht (oliepalm, soja en koolzaad) waaruit de olie kan worden geproduceerd die als grondstof voor de drie producten kan dienen. Deze drie gewassen zijn gekozen omdat het de gewassen zijn met de grootst wereldwijde productie, samen omvatten ze circa 75% van de wereldproductie. Bovendien zijn van deze gewassen genoeg gegevens bekend om een LCA uit te voeren. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de olie uit de oliepalm ongeschikt is om de polyol en de harstoepassing van te maken, omdat er te weinig dubbele bindingen in de oliemoleculen zitten. Data voor deze toepassingen voor oliepalm worden dus niet gegeven. Doordat alle potentiële productieroutes via de plantaardige olie lopen, zijn alle combinaties met elkaar te vergelijken en krijgen we duidelijk inzicht in de relatieve performance van de verschillende opties.

1.5 Hoeveel oogsten we?

In de huidige landbouwpraktijk wordt van sommige gewassen alleen dat deel van het gewas geoogst dat voor voeding of veevoer is te gebruiken. Het andere deel blijft op het land achter. Het deel dat achterblijft, zoals het stro van de koolzaadplant, zou echter ook gebruikt kunnen worden om er bio-energie (of andere producten) van te maken. In een duurzaamheidsanalyse leidt het verschil in hoeveelheid geoogst materiaal automatisch tot grote verschillen tussen de gewassen. Dit komt doordat van het ene gewas een veel grotere hoeveelheid van de biomassa die wordt geproduceerd kan worden gebruikt in het eindproduct dan van het andere gewas. Om deze effecten meer inzichtelijk te maken hebben we voor de drie gewassen, naast de gangbare landbouwpraktijk, ook cases doorgerekend waarbij het stro (koolzaad en soja) of andere co-producten uit de teelt (palm) wordt geoogst. Alle co-producten die op het land of later in de productieketen vrijkomen, worden in deze cases omgezet in bruikbare energievormen.

Verwijderen van de co-producten van het land heeft vanzelfsprekend een effect op de hoeveelheid bodemorganische stof. Er is een bepaalde hoeveelheid toevoer van

organische stof nodig om bodemvruchtbaarheid op peil te houden. Afvoer van alle co-producten is alleen verantwoord als er op een andere wijze organisch materiaal wordt toegevoerd, dit is in deze studie niet meegenomen.

1.6 Olie en eiwit

Veel oliegewassen produceren naast olie ook een grote hoeveelheid eiwitrijk meel. Voor een gewas als soja is de productie van eiwitrijk veevoer de belangrijkste reden om het gewas te telen en is de olie eigenlijk een bijproduct. Ook koolzaad heeft eiwitrijk meel als bijproduct dat voor veevoer wordt gebruikt. Voor oliepalm is de situatie iets anders, daar komt nauwelijks eiwit vrij, maar wel veel lignocellulose biomassa.

Voor de LCA is het belangrijk om naast de eventuele toepassing van de houtachtige delen ook de toepassing van het eiwit mee te nemen omdat dat een belangrijk deel van de productie van het gewas betreft. Het bepalen van de milieu-impact van een bepaald product kan op twee fundamenteel verschillende manieren worden gedaan:

- I). Door allocatie (ook partitie genoemd) waarbij een deel van de milieu-impact wordt toegekend aan het co-product, bijvoorbeeld op basis van de ratio in energie-inhoud tussen het hoofdproduct en het co-product, of op basis van de massa of de economische waarde van de verschillende producten.
- II). Door systeemexpansie waarbij niet alleen het hoofdproduct uit de biomassa keten wordt afgezet tegen het corresponderende product uit aardolie, maar waarbij dit ook voor de co-producten wordt gedaan.

In deze studie worden de uitkomsten van beide methodes met elkaar vergeleken.

1.7 Samenhang tussen de olie en eiwitmarkt

Het eiwitrijke meel van de drie gewassen domineert de markt voor eiwitrijke veevoer componenten. Uitbreiding van de productie van één type olie voor de biobased economy beïnvloedt daarom de markt voor eiwitrijk veevoer, en daarmee ook de markt van de andere oliegewassen. De vraag naar een bepaalde olie kan op die manier effect hebben op de productie van een andere olie. Deze consequenties zijn verschillend voor de drie gewassen aangezien de verhouding tussen olie en eiwit verschillend is: hoog voor palm, laag voor soja en gemiddeld voor koolzaad.

Deze samenhang tussen de markten wordt meegenomen als de LCA volgens de systeemexpansie methode wordt uitgevoerd. Hiermee wordt bepaald wat een uitbreiding van de vraag naar een bepaalde olie voor effect heeft op het gebruik van niet-hernieuwbare energie en broeikasgas emissie voor het totale systeem. Hierbij

worden dus ook de effecten meegenomen die optreden door de mogelijke verandering in productie van de andere oliën.

Wanneer de LCA wordt uitgevoerd volgens de allocatie methode wordt enkel bepaald wat het niet-hernieuwbare energiegebruik en de broeikasgasemissie is die gepaard gaat met het gebruik de bestudeerde olie voor een bepaalde toepassing. In dit geval wordt geen rekening gehouden met eventuele secundaire effecten van de extra vraag naar olie die via de markt optreden.

In hoofdstuk 3 worden beide methodes en de verschillen in uitkomsten uitgebreid beschreven.

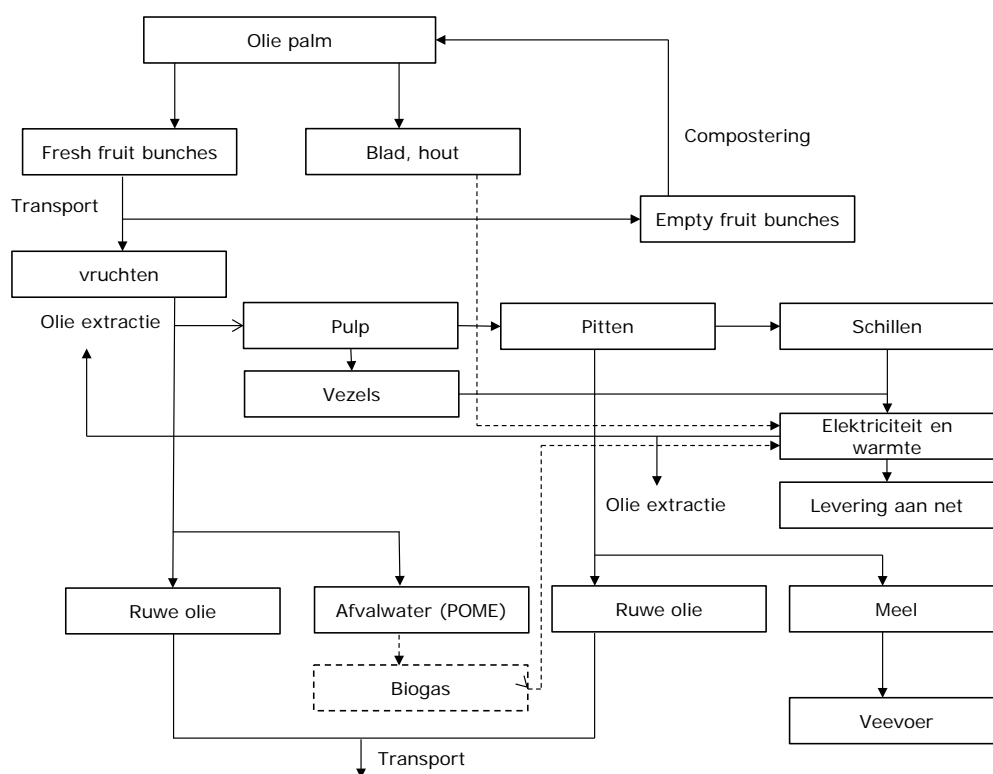
2 De onderzochte systemen

2.1 De grondstoffen

Van de drie onderzochte oliegewassen wordt alleen koolzaad in Nederland geteeld.

Oliepalm

Oliepalm is een meerjarig gewas en wordt veel geteeld in Zuid-Oost Azië (figuur 2.1). De grootste producenten zijn Maleisië en Indonesië, samen goed voor circa 80 % van de wereldproductie. De vruchtentrossen (fresh fruit bunches) zijn erg bederfelijk en moeten binnen 24 uur worden verwerkt. Ze worden gescheiden in de vruchten en de empty fruit bunches (EFB). Een deel van de EFB wordt gecomposteerd en gebruikt om de palmolieplantage te bemesten, voor de rest van de EFB worden nieuwe

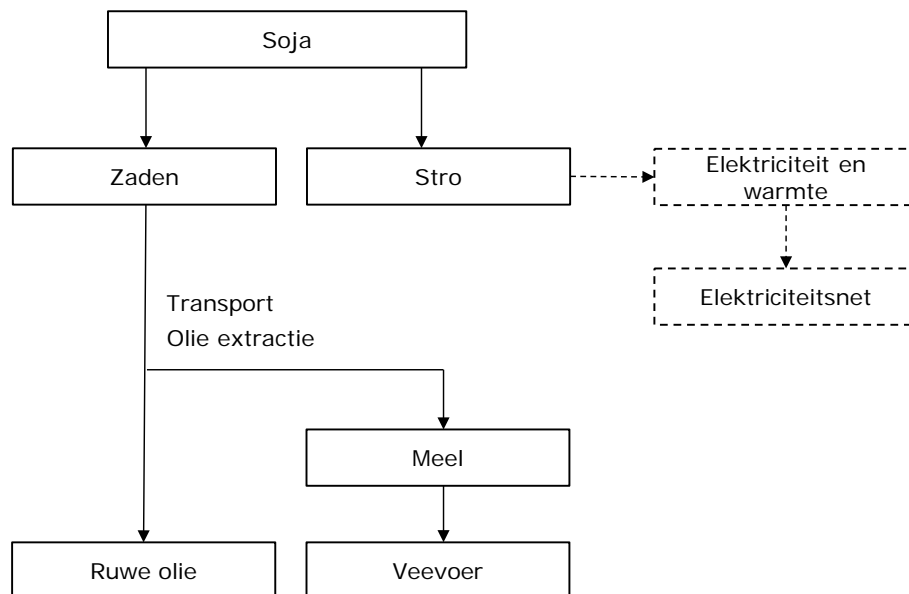


Figuur 2.1. Stroomschema voor de productie van palmolie. POME is Palm Oil Mill Effluent. De gestreepte lijnen geven de processen aan die extra worden meegenomen bij het scenario waarbij restproducten worden omgezet in energie, de vaste lijnen geven de huidige praktijk weer.

toepassingen gezocht. Uit de vruchten wordt olie gewonnen, de palmolie. In de overblijvende pulp zitten nog pitten waaruit ook olie wordt gewonnen, de palmpitolie. Palmolie en palmpitolie hebben niet dezelfde eigenschappen en worden zowel apart als ook gemengd op de markt aangeboden. Na de olie-extractie wordt het restant gescheiden in een droge fractie met voornamelijk vezels en afvalwater (POME; palm oil mill effluent). Uit de pitten komen schillen vrij. De vezels worden samen met de schillen vaak gebruikt voor energieopwekking in een WKK om de palmoliemolen van energie te voorzien. Na extractie van de olie uit de pitten blijft naast de schillen een eiwitrijk meel over, dat kan worden gebruikt als veevoer. De pulp geeft geen eiwit als bijproduct. De ruwe olie wordt ofwel in een lokale grote installatie, ofwel in Europa geraffineerd. Per kilo fresh fruit bunch wordt 0.225 kilo olie en 0.027 kilo palmpitmeel geproduceerd. Verder levert een palmboom hout bij kappen en komt er jaarlijks blad vrij.

Soja

Soja is een eenjarig gewas waarbij de oogstseizoenen van het noordelijk en zuidelijk halfrond elkaar afwisselen. Het op het zuidelijk halfrond gelegen Brazilië is één van de

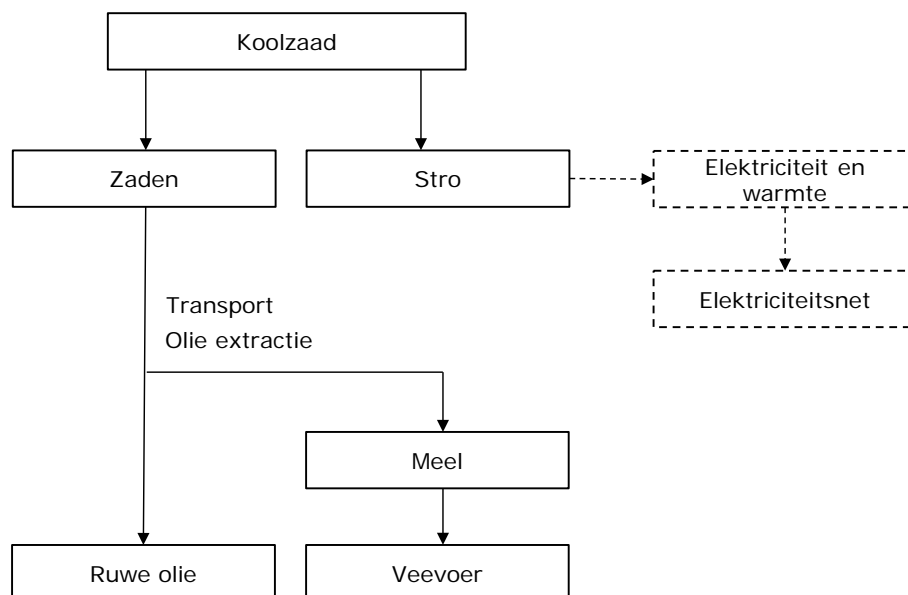


Figuur 2.2. Stroomschema voor de productie van soja. De vaste lijnen geven de huidige praktijk weer, de gestreepte lijnen geven de processen aan die extra worden meegenomen bij het scenario waarbij restproducten worden omgezet in energie.

belangrijkste producenten van soja (figuur 2.2). De zaden worden na de oogst vaak over grote afstand getransporteerd naar grootschalige installaties waar ze worden verwerkt. De zaden bevatten circa 20% olie. Na extractie blijft circa 80% sojaschroot over, een eiwitrijk meel dat wordt gebruikt als veevoer. De extractie van de olie gebeurt vaak in Europa, dan worden dus de zaden geïmporteerd. Soja wordt in de eerste plaats geteeld voor het schroot, de olie is eigenlijk meer een bijproduct.

Koolzaad

Koolzaad (figuur 2.3) is een gewas dat veel in Europa wordt geteeld, ook in Nederland is een (beperkte) teelt. Koolzaad bevat ongeveer 40% olie, na de extractie blijft een eiwitrijk meel over dat wordt gebruikt als veevoer.



Figuur 2.3. Stroomschema voor de productie van koolzaadolie. De gestreepte lijnen geven de processen aan die extra worden meegenomen bij het scenario waarbij restproducten worden omgezet in energie, de vaste lijnen geven de huidige praktijk weer.

Bij alle drie de gewassen wordt niet alleen olie als waardevolle component geproduceerd, maar ook een eiwitrijk meel dat wordt gebruikt als veevoer. Bij oliepalm wordt slechts weinig eiwit geproduceerd, maar voor koolzaad is het meel een belangrijk product. Voor soja is meel zelfs het belangrijkste product, sojabonen

worden in Nederland geïmporteerd vanwege de vraag naar eiwit voor productie van diervoeder. Dit betekent dat wanneer er extra vraag komt naar olie en de productie van het gewas om die reden toeneemt, er tegelijkertijd ook meer eiwit op de markt komt. Dit heeft consequenties voor de teelt van andere oliegewassen, zoals in hoofdstuk drie uitgebreid aan de orde zal komen.

2.2 De producten

Biodiesel

Plant aardige oliën worden veel gebruikt voor de productie van biodiesel. Biodiesel wordt gemaakt door natuurlijke olie om te esteren. Bij dit chemische proces worden de vetzuren afgesplitst van de glycerol. De vetzuren worden hierbij van een methylgroep voorzien, vandaar de naam voor deze vorm van biodiesel: FAME, fatty acid methyl ester. Deze vorm van biodiesel wordt al meerdere jaren bijgemengd in de diesel die aan de pomp wordt verkocht, omdat de overheid een bepaald percentage biobrandstof verplicht stelt. Er zijn nog andere manieren om biodiesel te maken, maar die types biodiesel maken geen deel uit van deze studie. De FAME biodiesel kan gemaakt worden uit veel verschillende types natuurlijke olie, in Europa wordt vaak koolzaadolie gebruikt. Het milieuvoordeel van deze toepassing is op dit moment onderwerp van heftige debatten. Eén van de belangrijke discussiepunten is de allocatie van de emissies aan het eiwitrijke meel. Allocatie gebaseerd op gewicht geeft een andere uitkomst dan allocatie gebaseerd op prijs, of op energie-inhoud zoals de RED (Renewable Energy Directive) voorschrijft.

Polyol voor polyurethaan

Polyurethaan (PUR) vormt een belangrijke familie van polymeren die veel toepassingen kent, onder andere in schuimen, als kunstleer, in houtlijm en in slijtvaste coatings en verven. Polyurethaan bestaat uit twee componenten, de di-isocyanaten en de polyolen. De di-isocyanaten vormen de harde segmenten, met twee (of meer) zogenaamde isocyanaatgroepen (-NCO) als eindgroep. De polyolen vormen de zachte segmenten met twee (of meer) alcohol (-OH) groepen als eindgroep. Bij uitharding wordt een co-polymeer gevormd; de alcohol en isocyanaatgroepen reageren met elkaar en vormen urethaan bindingen, waar het materiaal zijn naam aan ontleent. Door te variëren met de lengte van de beide segmenten kunnen verschillende materiaaleigenschappen worden bereikt, van heel flexibel tot stijf. Ook kan worden gevarieerd in de hoeveelheid functionele groepen per segment. Zo kunnen van polyurethanen zowel flexibele schuimen worden gemaakt voor kussens en matrassen, als ook stijve schuimen met dichte cellen die zijn gevuld met een warmte-isolerend gasmengsel voor isolatieschuim voor koelkasten en gebouwen.

Vaak worden zowel de harde als de zachte segmenten uit aardolie gemaakt, maar met name de zachte segmenten, de polyolen, kunnen ook uit natuurlijke olie worden gemaakt. Dit gebeurt al op beperkte schaal, bijvoorbeeld door Ford die op sojaolie gebaseerde schuimen gebruikt in zijn voertuigen.³ De natuurlijke oliën worden dan gemodificeerd door via de dubbele bindingen alcohol groepen in te brengen, die vervolgens met de isocyaanogroepen kunnen reageren.

In deze studie is de productie van de polyolen onderzocht, dus voordat ze in de PUR worden verwerkt. Zoals eerder gezegd is palmolie niet geschikt voor de productie van polyolen omdat de olie te weinig dubbele bindingen bevat. Koolzaadolie en sojaolie zijn wel geschikt.

Harsen

Sojaolie kan worden gebruikt om thermohardende harsen mee te maken. Thermoharders zijn materialen die in relatief vloeibare vorm worden verwerkt tot een product en die daarna worden uitgehard, meestal bij hogere temperatuur. Thermoharders worden ook wel harsen genoemd. Na uitharden kunnen thermoharders niet meer vloeibaar gemaakt worden. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt om grotere vormdelen te maken. Vaak worden ze daarvoor gevuld met glasvezels of aangebracht op een mat van glas- of andere vezels. Ze worden gebruikt voor allerlei constructieonderdelen zoals bodypanels voor bussen, vrachtauto's en andere voertuigen, maar ook voor windturbines, bruggen, boten en vliegtuigen. Twee belangrijke voorbeelden van thermohardende harsen zijn epoxyharsen en polyesterharsen, die elk hun eigen toepassingsgebied hebben. Het Amerikaanse bedrijf Ashland produceert een thermohardende polyesterhars met sojaolie, ENVIREZ. De hars wordt gemaakt uit maleïnezuur-anhydride, ethanol, sojaolie, glycol en styreen. Het uiteindelijke product bevat 12% olie. De hars van Ashland is in deze studie als modelsysteem genomen. Dat het product maar deels biobased is, is op dit moment niet ongebruikelijk.⁴ Net als sojaolie is ook koolzaadolie geschikt om te gebruiken in een thermohardende polyesterhars. Palmolie is echter niet geschikt voor deze toepassing, aangezien voor de uitharding van de hars dubbele banden in de vetzuurstaart nodig zijn en palmolie deze onvoldoende heeft.

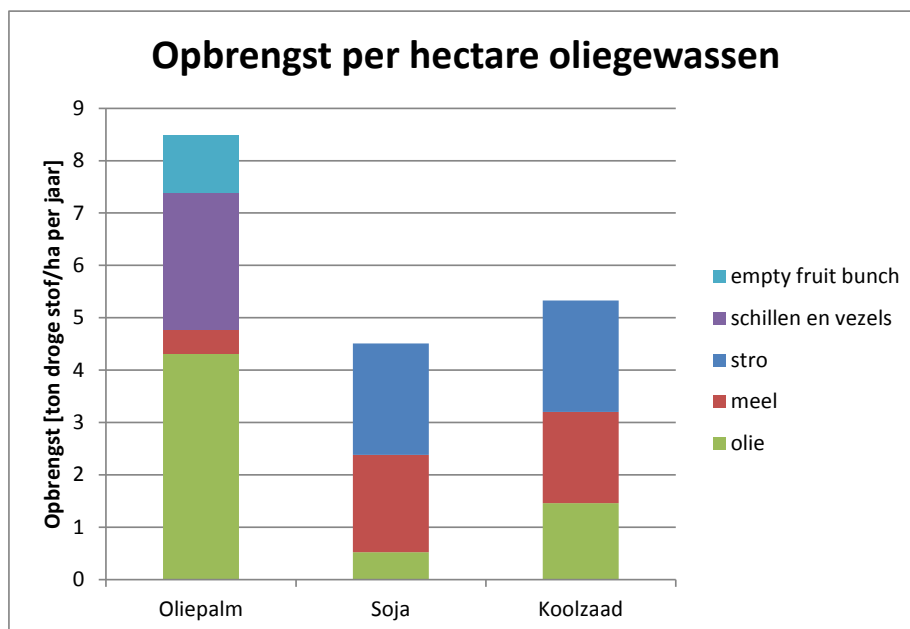
³ <http://www.themiraclebean.com/sites/default/files/attachments/FORD%20MOTOR%20CO%20Uses%20Soy%20in%20Foam.pdf>

⁴ Meer informatie over biobased thermohardende harsen die op dit moment verkrijgbaar zijn is te vinden in de groene grondstoffen uitgave Biocomposieten 2012.

3 Duurzaamheid van de teelt van olie voor producten

3.1 De teelt en samenstelling van de drie oliegewassen

De drie gewassen, oliepalm, soja en koolzaad zijn sterk verschillend. De oliepalm is een boom, soja en koolzaad zijn éénjarige gewassen. In figuur 3.1 is voor de drie gewassen de opbrengst per hectare van de verschillende componenten weergegeven. Voor soja en koolzaad is ook de hoeveelheid stro per hectare gegeven, voor oliepalm is de hoeveelheid schillen en vezels weergegeven en de hoeveelheid empty fruit bunch in droge stof per hectare. Daarnaast produceert de oliepalm nog een grote hoeveelheid hout (ongeveer 3 ton droge stof per ha per jaar gemiddeld over de levenscyclus van de palmboom) en blad (meer dan 10 ton droge stof per ha per jaar), maar deze staan niet in deze figuur. Het komt uit de figuur duidelijk naar voren dat de olie-opbrengst per hectare van de drie gewassen sterk verschilt, voor oliepalm is deze het hoogst en voor soja verreweg het laagst. Ook blijkt duidelijk uit de figuur dat soja eigenlijk een eiwitgewas is, met olie als bijproduct. De rode balk in de figuur, het meel, is de eiwitrijke fractie die overblijft na olie-extractie. Voor koolzaad geldt dat beide fracties, de olie en het eiwitrijke meel ongeveer even belangrijk zijn. Bij oliepalm is de olie duidelijk het belangrijkste product.



Figuur 3.1. De opbrengst aan droge stof per hectare per jaar van de drie gewassen.

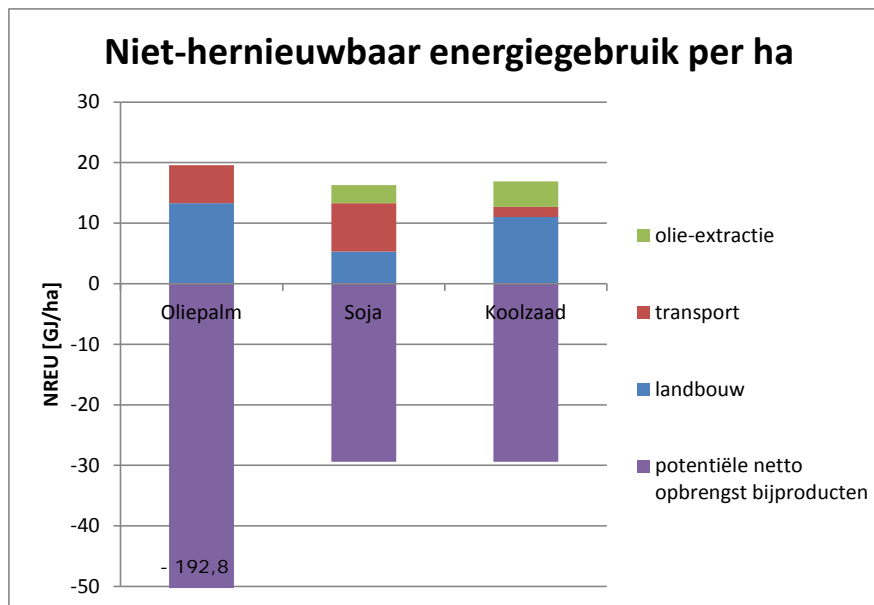
In tabel 3.1 staat nogmaals de samenstelling van de gewassen in percentage van de droge stof gegeven. Doordat voor alle drie de gewassen naast olie ook een significante hoeveelheid eiwit wordt geproduceerd, en ook deze eiwitfractie een eigen hoogwaardige toepassing als veevoer heeft, moet daarmee rekening worden gehouden met de bepaling van de milieu-impact van de olie. Toewijzen van de totale milieu-impact aan ofwel de olie ofwel het eiwit bij de allocatiemethode doet geen recht aan de beide hoogwaardige toepassingen, de impact moet dan verdeeld worden. Bij de systeemexpansiemethode haal je de eiwitfractie juist binnen het systeem, en wordt er op die manier rekening mee gehouden. In tabel 3.1 staan ook de gegevens van tarwe. Omdat de samenstelling van het meel van de drie gewassen verschilt hebben ze elk een andere kwaliteit als veevoer. Om dit te verdisconteren is in de berekeningen daar waar nodig tarwe meegenomen in de systeemexpansie, om telkens op dezelfde voerkwaliteit uit te komen.

Tabel 3.1. Samenstelling van de bonen, zaden of vruchten van de oliegewassen en de korrels van tarwe, in percentage van het droge stofgehalte. In de vierde kolom staat het percentage eiwit in het meel.

	Olie	Meel	Eiwit in meel
	[%]	[%]	[%]
Palm	34.4	3.7	16.5
Soja	22.0	78.0	48.0
Koolzaad	45.5	54.5	34.0
Tarwe		100.0	13.0

In figuur 3.2 is voor de drie gewassen het gebruik aan niet-hernieuwbare energie bij de gewasproductie weergegeven. Hieruit blijkt dat de productie van koolzaad en soja minder niet-hernieuwbare energie per hectare vraagt dan de productie van palmolie, echter de opbrengst per hectare is ook lager. De schillen en de vezels die vrijkomen bij de productie van palmolie (zie figuur 3.1) worden nu al gebruikt om energie mee op te wekken om de olie-extractie uit te voeren, daarom staat in figuur 3.2 geen energiegebruik voor olie-extractie bij palmolie.⁵

⁵ In het kader van de EU Richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28) zijn er maximale grenswaarden geformuleerd voor de totale CO₂-emissie over de hele keten van biobrandstoffenproductie. Dit heeft er toe geleid dat het methaan dat vrijkomt vanuit de POME (palm oil mill effluent) wordt afgevangen.



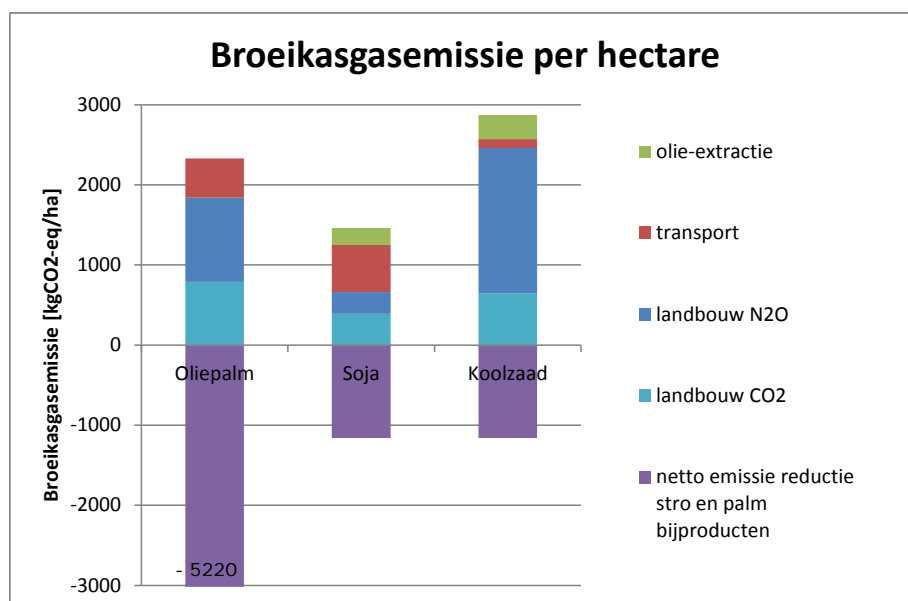
Figuur 3.2 Het gebruik aan niet-hernieuwbare energie per hectare voor landbouw, transport en olie-extractie en eventuele netto besparing aan niet-hernieuwbare energie door inzameling en gebruik van de landbouwbijproducten voor energie. Bij oliepalm valt de balk van de schaal, de waarde is -192,8 GJ/ha. De schillen en pitten van de oliepalmproductie worden nu verbrand en de energie wordt gebruikt voor de olie-extractie die daardoor geen niet-hernieuwbare energie vraagt.

Het stro dat vrijkomt bij de soja en koolzaadteelt blijft nu over het algemeen op het land liggen. Ook een deel van de bijproducten van de oliepalmproductie blijft op de plantage achter. De natte reststroom van de olie extractie (POME of palm oil mill effluent) laat men vaak wegstromen naar vijvers, waarna deze door anaerobe vergisting veel methaan kan afgeven. Het stro en de bijproducten van de palmtteelt zouden ook kunnen worden verzameld en worden gebruikt voor de productie van (hernieuwbare) energie, waarmee productie van niet-hernieuwbare energie kan worden vermeden. Ook de POME kan worden gebruikt voor de productie van biogas, waarmee niet-hernieuwbare energie wordt uitgespaard. Dit potentiële vermeden niet-hernieuwbare energiegebruik door de bijproducten wordt weergegeven door de paarse balken in figuur 3.2 onder de nullijn. Bij oliepalm kan er zo'n 7 keer meer energie potentieel worden opgewekt uit de bijproducten dan bij soja en koolzaad, waardoor

potentieel zo'n 190 GJ/ha tegen 29 GJ/ha aan niet-hernieuwbare energie bespaard kan worden. De balk voor de oliepalmbijproducten valt van de schaal af.

Een iets ander resultaat krijgen we als niet het niet-hernieuwbare energiegebruik maar de broeikasgasemissie per hectare wordt weergegeven, dit is te zien in figuur 3.3. Met name koolzaad en in iets mindere mate oliepalm hebben een hoge broeikasgasemissie per hectare die vooral wordt veroorzaakt door de uitstoot van N₂O, lachgas, dat ontstaat na toediening van kunstmest. Soja is een vlinderbloemige en kan daarom met minder (of geen) kunstmeststikstof toe. Zoals bij het niet-hernieuwbare energiegebruik leidt de olie extractie bij oliepalm niet tot broeikasgasuitstoot omdat hiervoor hernieuwbare energie uit de reststromen van de palmolieproductie wordt gebruikt. De netto potentiële emissiereductie door het verzamelen en vervolgens omzetten van de bijproducten in elektriciteit is bij oliepalm net als bij het niet-hernieuwbare energiegebruik veel groter dan bij koolzaad en soja.

Bovenstaande gegevens zijn uitgezet per hectare, maar voor de vergelijking van de verschillende oliën in de eindproducten moeten de getallen worden omgerekend naar

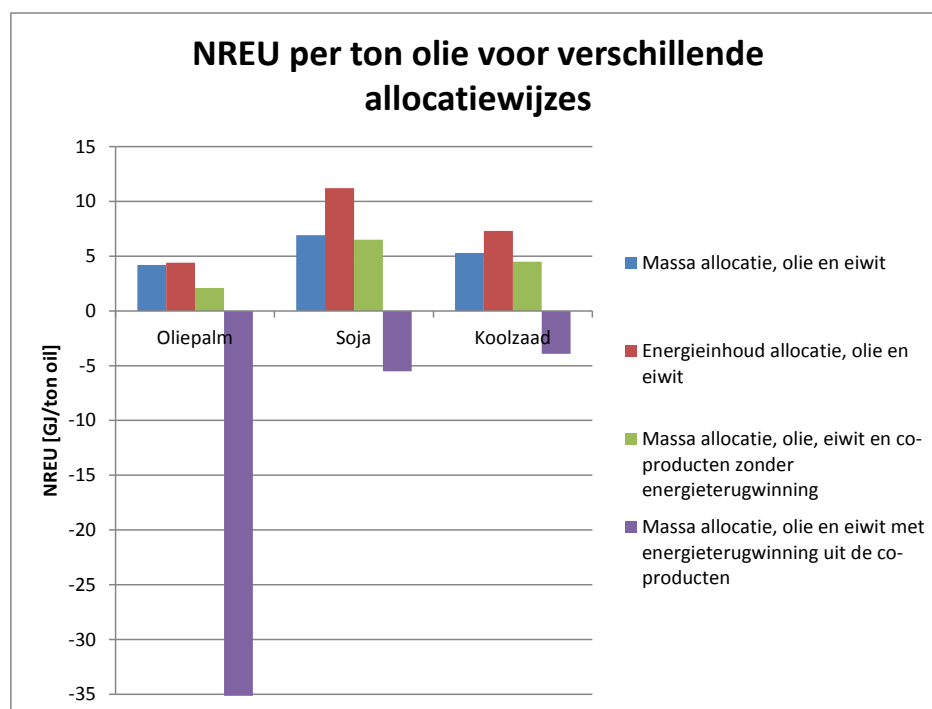


Figuur 3.3. Broeikasgasemissie in kgCO₂-equivalenten per hectare, bij de productie van de drie gewassen. De netto potentiële emissiereductie door de verbranding van bijproducten en de vergisting van POME voor de productie van elektriciteit is weergegeven onder de nullijn. Voor oliepalm is de waarde van de netto potentiële emissiereductie -5220 kgCO₂-equivalenten per hectare, deze valt van de schaal.

energiegebruik per ton geproduceerde olie, rekening houdend met de bijproducten. Zoals in hoofdstuk 1 al kort is aangestipt kan dit op twee verschillende manieren gebeuren, door allocatie of door systeemexpansie. In deze studie zijn beide methoden toegepast en deze worden in de volgende paragrafen uitgebreid besproken.

3.2 LCA volgens de allocatie methode

Toewijzing van de milieu-impact betekent dat de totale milieu-impact wordt verdeeld over de fracties van het gewas volgens een bepaalde verdeelsleutel. Toewijzing van de milieu-impact aan de olie volgens de allocatie methode kan op verschillende manieren worden gedaan: de impact kan worden verdeeld over het eiwitrijke meel en de olie door de massaverhouding van de meel- en oliefractie als basis te nemen, of door de verhouding van de energie-inhoud van beide fracties als basis te nemen. De impact kan ook worden verdeeld door niet alleen de massa van de meel- en de oliefractie in beschouwing te nemen maar ook de strofractie. Het relatieve aandeel van de olie wordt hierbij dus lager dan wanneer alleen de meel en oliefractie worden meegewogen. In al die drie gevallen is het relatieve aandeel van de oliefractie



Figuur 3.4. Niet-hernieuwbaar energiegebruik bij de productie van een ton olie uit de drie gewassen, uitgerekend volgens vier verschillende allocatie-methodes.

verschillend, wat dus leidt tot een verschillende toewijzing van de milieu-impact aan die oliefractie.

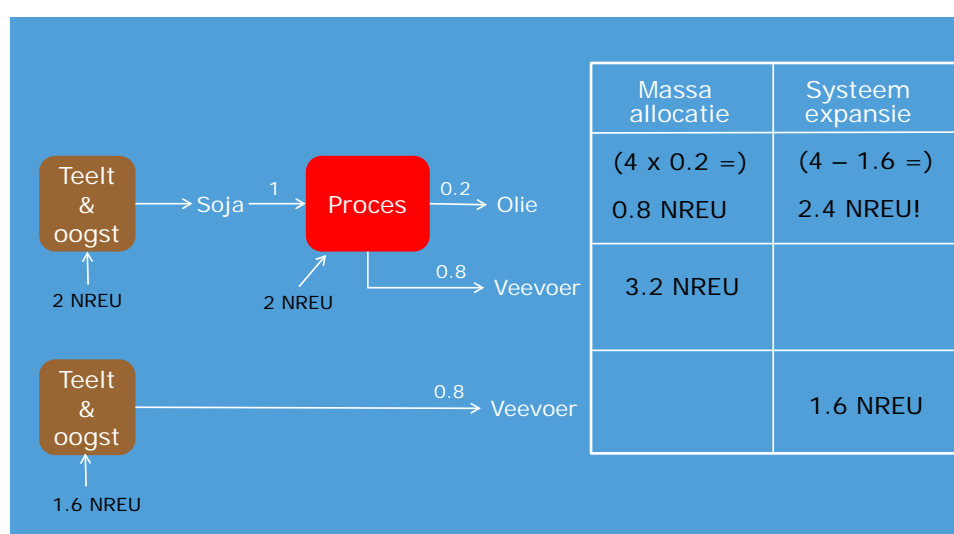
De verschillen worden weergegeven in figuur 3.4. Duidelijk komt hierin naar voren dat de drie verschillende allocatiemethodes verschillende uitkomsten geven, waarbij voor de eerste twee methoden het verschil voor oliepalm relatief klein is, omdat dit gewas relatief weinig eiwit maakt. In de figuur is nog een vierde methode weergegeven: de paarse balk laat de uitkomst zien als het stro en de bijproducten mee worden geoogst en worden omgezet in energie. Door het vermeden energiegebruik door de elektriciteitsproductie mee te rekenen (eigenlijk in de vorm van systeemexpansie waarbij conventionele elektriciteitsproductie binnen de systeemgrenzen wordt opgenomen) komt het niet-hernieuwbare energiegebruik bij de productie van een ton olie onder nul te liggen en wordt er dus energie geproduceerd in plaats van verbruikt. Vooral bij oliepalm lijkt dit erg voordelig uit te vallen, de energieopbrengst is 36 GJ/ton olie, door de grote hoeveelheid bijproducten. Bij soja pakt het voordeliger uit dan bij koolzaad, hoewel beide gewassen per hectare ongeveer evenveel stro produceren. Dit komt doordat soja minder zaad per hectare levert. Er is dus meer gewas nodig om een ton olie te verkrijgen, daardoor komt er ook meer stro vrij, wat dus relatief veel energie oplevert per ton olie.

3.3 Het verschil tussen allocatie en systeemexpansie

Wanneer de LCA volgens de systeemexpansiemethode wordt uitgevoerd, worden de systeemgrenzen van de onderzochte case verder weg gelegd. De milieu-impact wordt niet simpelweg verdeeld over de verschillende componenten van het gewas, maar er wordt gekeken naar de mogelijke toepassing van de co-producten. Het huidige systeem waar deze co-producten een alternatief voor vormen wordt vervolgens binnen de systeemgrenzen van de case gebracht. Inzetten van de co-producten in deze toepassing leidt vervolgens tot een credit ter grootte van de milieu-impact van het huidige systeem. Dit kan leiden tot een heel andere uitkomst voor de milieu-impact van het hoofdproduct dan verdeling van de milieu-impact via de allocatiemethode. Een theoretisch voorbeeld hiervan is uitgewerkt in figuur 3.5 .

Stel bij de teelt en oogst van 1 kilo soja worden 2 eenheden NREU (niet-hernieuwbare energie) gebruikt en ook bij het transport en de verwerking tot olie en veevoer (de toepassing van het eiwit) worden 2 eenheden NREU gebruikt, in totaal dus 4 eenheden NREU. Uit 1 kilo soja komt 0.2 kilo olie en 0.8 kilo veevoer. Bij massa allocatie wordt van de 4 eenheden NREU er $0.2 \times 4 = 0.8$ eenheden NREU aan de (0.2 kilo) olie toegerekend en de rest, dus 3.2 eenheden NREU aan (0.8 kilo) veevoer. Bij systeemexpansie wordt gekeken naar een alternatief systeem, bijvoorbeeld tarwe dat net als de soja 0.8 eenheden veevoer levert. Stel bij de productie van dit alternatieve systeem wordt 1.6 eenheden NREU gebruikt. Het inzetten van het soja co-product

voor veevoer spaart dan deze 1.6 eenheden NREU uit. Dit betekent dat nu aan de (0.2 kilo) olie 4 eenheden NREU min de uitgespaarde 1.6 eenheden NREU, dus 2.4 eenheden NREU wordt toegerekend. Dit is 3 keer zoveel als in het geval van de massa allocatie methode! Omdat bij sojaolie het co-product een zeer belangrijke fractie van de totale gewasopbrengst bedraagt, wordt het effect van de verschillende berekeningswijzen uitvergroot, maar verschillende manieren van berekenen van de



Figuur 3.5. Schematische weergave van het verschil tussen verdeling van de milieu-impact via massa-allocatie of via systeemexpansie.

milieu-impact leiden altijd tot verschillende uitkomsten. Het is daarom van groot belang om bij het interpreteren van resultaten uit een LCA goed te weten welke systematiek er is gebruikt en welk effect dit heeft op de uitkomst. De ISO norm voor het uitvoeren van LCA's stelt dat systeemexpansie de wenselijke methode is. Systeemexpansie betekent echter meestal veel meer werk, en dus kosten, en ook zijn niet altijd de data van het alternatieve systeem beschikbaar. Daarom wordt er vaak in studies toch gekozen voor allocatie, via massa, energie-inhoud of een andere verdelingswijze.

3.4 LCA volgens de systeemexpansiemethode

Wat betekent het voor de resultaten als voor de drie verschillende oliën de LCA via de systeemexpansiemethode wordt uitgevoerd? Zoals in hoofdstuk 1 al aangegeven zijn

de markten voor natuurlijke oliën op een bijzondere manier met elkaar verbonden doordat oliegewassen zowel olie als eiwit produceren. Uitbreiding van de productie van één type olie voor gebruik binnen de biobased economy heeft via deze link consequenties voor de markt van andere types olie. Bijvoorbeeld de productie van 1 ton soja geeft 4 ton eiwitrijk veevoer. Als er voor dit eiwit geen markt is, dan zal de prijs van eiwitrijk veevoer dalen en de prijs van sojaolie stijgen (de boer moet ook iets verdienen). Er zijn toepassingen waarvoor de bron van de plantaardige olie niet uitmaakt: bijvoorbeeld bakken/braden. Deze toepassingen kunnen overschakelen op goedkopere oliën met minder eiwitrijke bijproducten en zo het evenwicht op de eiwitmarkt herstellen. Ook deze effecten kunnen in beeld gebracht worden met systeemexpansiemethode.⁶

Figuur 3.6 geeft aan hoe dit uitpakt bij de teelt van soja, waarbij de extra vraag wordt opgevangen door palmolie, waarbij de aanname dus is dat palmolie de marginale olie is. De verhouding olie en eiwit voor beide gewassen is erg verschillend. Grofweg haalt men uit 1 ton sojabonen 0.2 ton olie en 0.8 ton veevoer en uit 1 ton oliepalmvruchten 0.9 ton olie en 0.1 ton veevoer. Stel dat de vraag naar olie 10 ton bedraagt en de vraag naar veevoer eveneens 10 ton is. Dit wordt door het soja/oliepalm systeem ingevuld door een productie van 11.43 ton soja en 8.57 ton oliepalmvruchten. Er wordt dan 2.29 ton sojaolie geproduceerd en 7.71 ton palmolie, daarnaast wordt er 9.14 ton veevoer uit soja gemaakt en 0.86 ton uit oliepalm. Stel nu dat voor de biobased economy 1 ton extra sojaolie wordt gevraagd, terwijl de vraag naar eiwitrijk veevoer gelijk blijft. In totaal wordt er nu 11 ton olie gevraagd en 10 ton veevoer. Deze vraag wordt door het soja/oliepalm systeem ingevuld door de productie van 11.28 ton soja en 9.71 ton oliepalmvruchten, waarbij 2.26 ton sojaolie en 8.74 ton palmolie, naast 9.02 ton veevoer uit soja en 0.97 ton veevoer uit oliepalm (het kleine verschil in het totaal komt door de afronding).

Opvallend is dus dat een extra vraag naar sojaolie leidt tot extra productie van palmolie en minder productie van sojaolie, doordat de eiwitvraag gelijk blijft. Ook bij de productie van koolzaad kan dit effect via de markt optreden, waarbij extra vraag naar koolzaad via de eiwitrijke veevoermarkt leidt tot minder productie van koolzaad en meer productie van oliepalm. Bij koolzaad is het echter ook denkbaar dat extra vraag naar koolzaadolie ook werkelijk leidt tot extra koolzaadproductie, aangezien koolzaadolie zeker tot een aantal jaren geleden de marginale olie was. Het feit dat extra vraag naar sojaolie leidt tot extra productie van palmolie, betekent ook dat bij

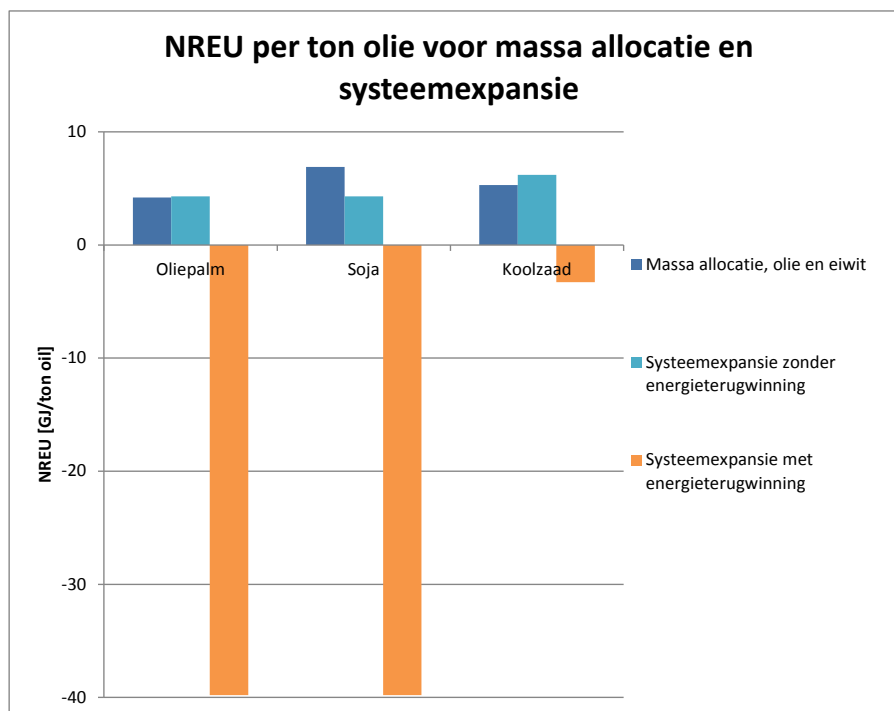
⁶ Omdat de samenstelling van het meel van de drie gewassen verschilt hebben ze elk een andere kwaliteit als veevoer. Om dit te verdisconteren is in de berekeningen daar waar nodig tarwe meegenomen in de systeemexpansie, om telkens op dezelfde voerkwaliteit uit te komen. Zie voor meer informatie het achtergrondrapport.

deze systeemexpansie benadering de milieu-impact van extra soja vraag gelijk is aan de milieu-impact van extra oliepalmproductie. En als we ervan uitgaan dat het zelfde effect optreedt bij koolzaad, dus extra koolzaadvraag leidt tot extra palmproductie,



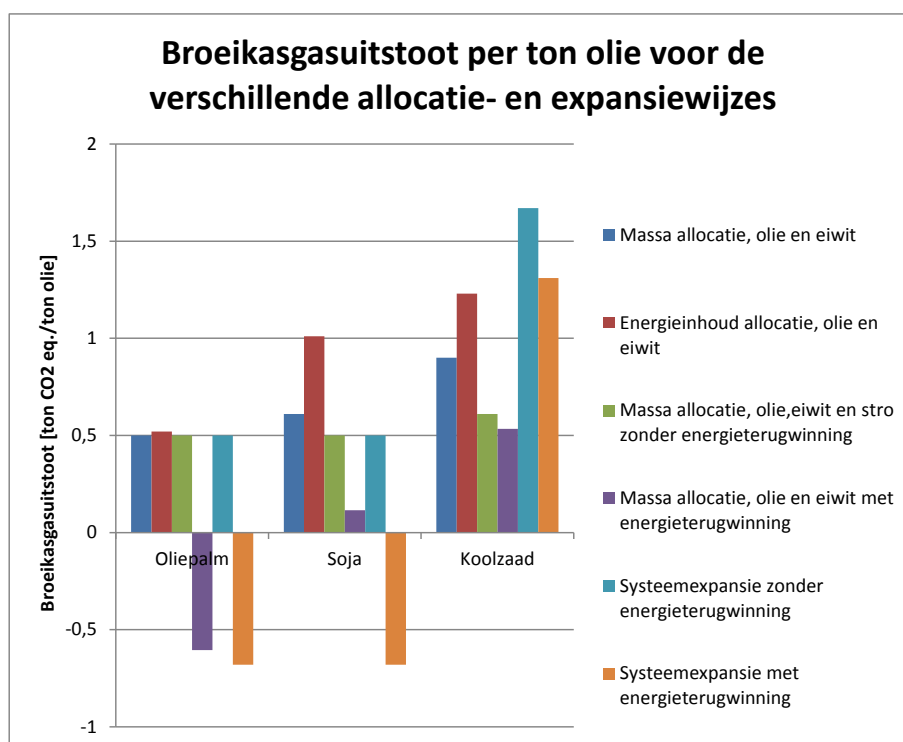
Figuur 3.6. Het effect van extra vraag naar sojaolie voor de biobased economy op de productie van soja en oliepalm.

dan is ook de milieu-impact van extra koolzaadproductie gelijk aan de milieu-impact van de oliepalmpproductie. Gaan we er echter vanuit dat niet oliepalm het marginale gewas is maar koolzaad en dat extra koolzaadvraag dus ook werkelijk leidt tot extra koolzaadproductie, dan komen er voor koolzaad andere getallen uit. In deze benadering wordt er door de extra koolzaadteelt natuurlijk ook extra eiwit op de markt gebracht. In de systeemexpansiebenadering zijn we er vanuit gegaan dat dit wordt opgevangen door een verlaging in de sojateelt, omdat dit het marginale eiwitgewas is. In figuur 3.7, waarin het niet-hernieuwbare energiegebruik via de systeemexpansiemethode is weergegeven en wordt vergeleken met de uitkomst via massa allocatie is



Figuur 3.7. Niet-hernieuwbaar energiegebruik bij de productie van een ton olie uit de verschillende gewassen, de massa-allocatiemethode en de systeemexpansiemethode vergeleken. Voor de systeemexpansiemethode zijn de resultaten van soja en oliepalm gelijk, omdat bij deze cases is aangenomen dat oliepalm het marginale gewas is. Voor koolzaad zou deze aanname ook leiden tot dezelfde resultaten. Voor de koolzaadcase in de figuur is echter aangenomen dat koolzaad het marginale olegewas is, hierdoor zijn de resultaten van koolzaad anders dan die van palm.

voor deze laatste koolzaadvariant gekozen. Door de samenhang tussen de palmproductie en de sojaproductie zijn de getallen voor oliepalm en soja dus identiek. Voor de systeemexpansie methode is zowel gekeken naar de situatie waarin stro op het land blijft liggen en bladeren en hout van oliepalm niet wordt gebruikt als naar de situatie waarbij stro, bladeren en hout worden verzameld en worden omgezet in energie. Bij alle drie gewassen levert deze laatste case een vermindering van het niet-hernieuwbare energiegebruik op tot onder nul. Met andere woorden, bij de teelt wordt meer energie geleverd dan hij kost.



Figuur 3.8. Broeikasgasuitstoot per ton olie voor de verschillende allocatie- en expansiemethodes.

Figuur 3.8 tenslotte laat voor alle verschillende wijzen waarop de LCA is uitgevoerd zien wat de berekening oplevert voor de broeikasgasuitstoot in ton CO₂ equivalenten per ton olie. Wat opvalt is dat het voor de oliepalmproductie niet veel uitmaakt op welke wijze gerekend wordt, het verschil zit alleen in het wel of niet gebruiken van de reststromen. Maar bij de sojaproductie en de koolzaadproductie maakt de

berekeningswijze wel veel verschil. Dit komt onder meer door de grote hoeveelheid eiwit die deze gewassen produceren. Verder zijn ook in dit geval de getallen voor soja onder de systeemexpansiemethode gelijk aan de getallen voor oliepalm, onder aanname dat oliepalm het marginale oliegewas is. Ook valt op dat voor koolzaad de verbranding van het stro weliswaar leidt tot een afname in broeikasgasuitstoot, maar dat deze afname veel kleiner is dan de afname bij het niet-hernieuwbare energiegebruik. Dat komt omdat de productie van koolzaad veel broeikasgasuitstoot veroorzaakt via de N₂O emissie van de landbouw (zie ook figuur 3.3) en deze slechts ten dele goed gemaakt kan worden door de stroverbranding.

De paarse balk, waarbij een massa allocatie is uitgevoerd over de geproduceerde olie eiwit en stro, en waarbij voor de stroverbranding een credit wordt berekend via vermeden broeikasgasuitstoot van elektriciteitsproductie elders is in feite een mengeling van een allocatie- en een systeemexpansiemethode.

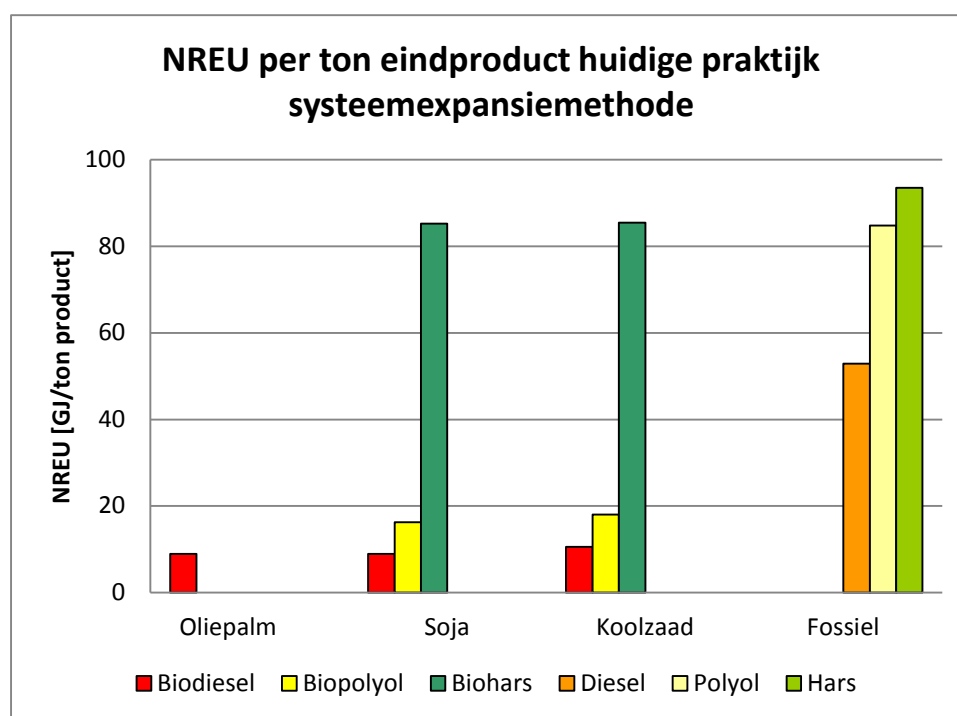
3.5 Conclusie

Hoewel volgens de ISO methodiek LCA bij voorkeur wordt uitgevoerd via de systeemexpansiemethode wordt om verschillende redenen toch ook vaak gekozen voor de allocatiemethode. Uit voorgaande resultaten blijkt dat de gekozen methodiek een enorm verschil kan uitmaken in de uitkomst, het is dus heel belangrijk om goed te voorzien op welke manier een LCA is uitgevoerd wanneer er conclusies en beleidsbeslissingen op worden gebaseerd.

4 Duurzaamheid van drie non-food producten uit natuurlijke olie

4.1 inleiding

Zoals we in het vorige hoofdstuk hebben laten zien, zijn er verschillende manieren om de LCA voor de teelt van de gewassen uit te voeren, die leiden tot verschillende uitkomsten. Deze verschillen in uitkomsten werken natuurlijk door wanneer de milieupact van producten gebaseerd op de natuurlijke oliën wordt bepaald. In dit hoofdstuk zullen we de resultaten laten zien van de berekeningen uitgevoerd via de verschillende methoden.



Figuur 4.1. Het gebruik van fossiele energie (NREU) bij de productie van de drie biobased producten biodiesel, biopolyol en biohars, en van de drie fossiele tegenhangers. Aangenomen is dat de huidige teeltmethode wordt gevolgd en bijproducten niet worden ingezet voor energieproductie, behalve bij de palmolieproductie waar dit nu al gedeeltelijk gebeurt. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de systeemexpansiemethode, voor soja is aangenomen dat palmolie de marginale olie is en voor koolzaad dat koolzaadolie de marginale olie is.

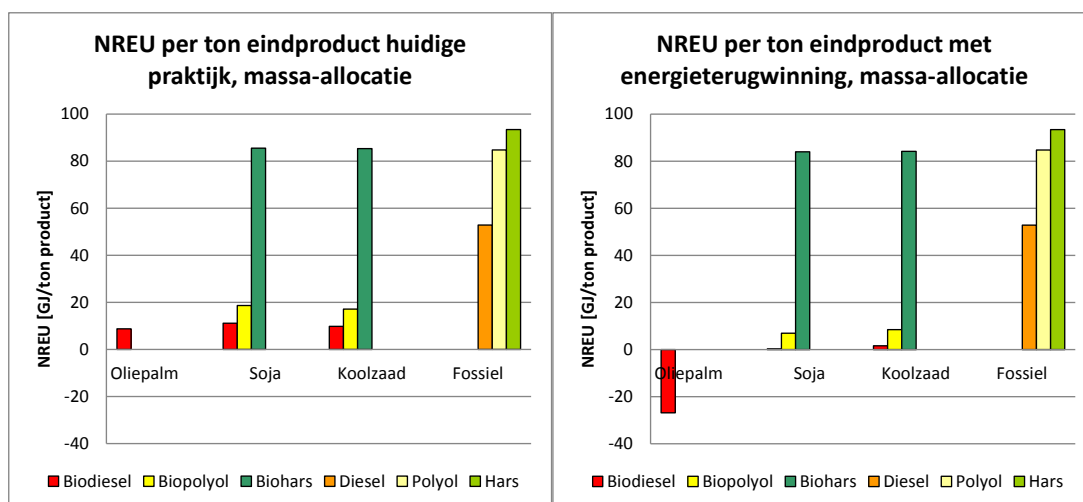
4.2 De drie eindproducten

In figuur 4.1 staat het gebruik van fossiele energie per ton product van de drie eindproducten, biodiesel, biopolyol en biohars, weergegeven voor de drie gewassen. Zoals al eerder vermeld is het niet goed mogelijk om van palmolie biopolyol en biohars te maken, deze toepassingen zijn voor palmolie dan ook buiten beschouwing gelaten. In de figuur staat ook het niet-hernieuwbare energiegebruik van de fossiele producten waarmee de bioproducten worden vergeleken.

Het is duidelijk dat in alle gevallen de biobased producten beter scoren in het gebruik van fossiele energie (minder energie gebruiken) dan hun fossiele counterparts en daarmee dus een meer duurzaam alternatief vormen. Het verschil in niet-hernieuwbaar energiegebruik van de biodiesel en de biopolyol ten opzichte van de gewone diesel en polyol is heel groot. Het bio-alternatief gebruikt maar zo'n 20% van de hoeveelheid energie van het fossiele alternatief. De biohars steekt daar schril bij af en lijkt helemaal niet tot een substantiële besparing te leiden, maar hier ligt een andere oorzaak aan ten grondslag. In de biohars is namelijk slechts een klein deel van de grondstof vervangen door de biobased grondstof, het grootste gedeelte van de hars is nog steeds gebaseerd op een fossiele grondstof, en de productie van deze fossiele grondstof kost relatief veel niet-hernieuwbare energie.

De resultaten in figuur 4.1 zijn uitgevoerd volgens de systeemexpansiemethode zoals uitgelegd in hoofdstuk 3.4. Door de samenhang tussen de sojaoliemarkt en de palmoliemarkt zoals beschreven in dat hoofdstuk 3.4 leidt onder deze aannames extra gebruik van sojaolie tot extra teelt van palmolie, daarom is de milieu-impact van de soja-gebaseerde producten gelijk aan die van de palm-gebaseerde producten. Dit is te zien in de data voor de biodiesel; in beide gevallen is het niet-hernieuwbare energiegebruik 9 GJ/ton product. Voor koolzaad is aangenomen dat meer vraag naar koolzaadolie ook daadwerkelijk leidt tot meer teelt van koolzaad.

In figuur 4.2 staan de gegevens als berekening van de milieu-impact volgens de massa-allocatiemethode wordt uitgevoerd, zowel voor de huidige landbouwpraktijk als wanneer alle bijproducten die vrijkomen bij de teelt (onder andere stro) worden omgezet in energie. De cijfers voor het niet-hernieuwbare energiegebruik bij de huidige landbouwpraktijk zijn voor soja iets hoger dan bij de systeemexpansiemethode (11, 19 en 86 in plaats van 9, 16 en 85 GJ/ton voor respectievelijk biodiesel, biopolyol en biohars). Bij oliepalm en koolzaad zijn de getallen vrijwel hetzelfde voor beide methodes. Het maakt bij de vergelijking per ton product dus niet zoveel uit voor het eindresultaat met welke berekeningsmethode wordt gewerkt. Als de bijproducten worden ingezet voor energie wordt de hoeveelheid niet-hernieuwbare energie nodig voor de teelt verminderd. In een aantal gevallen komt het niet-hernieuwbare



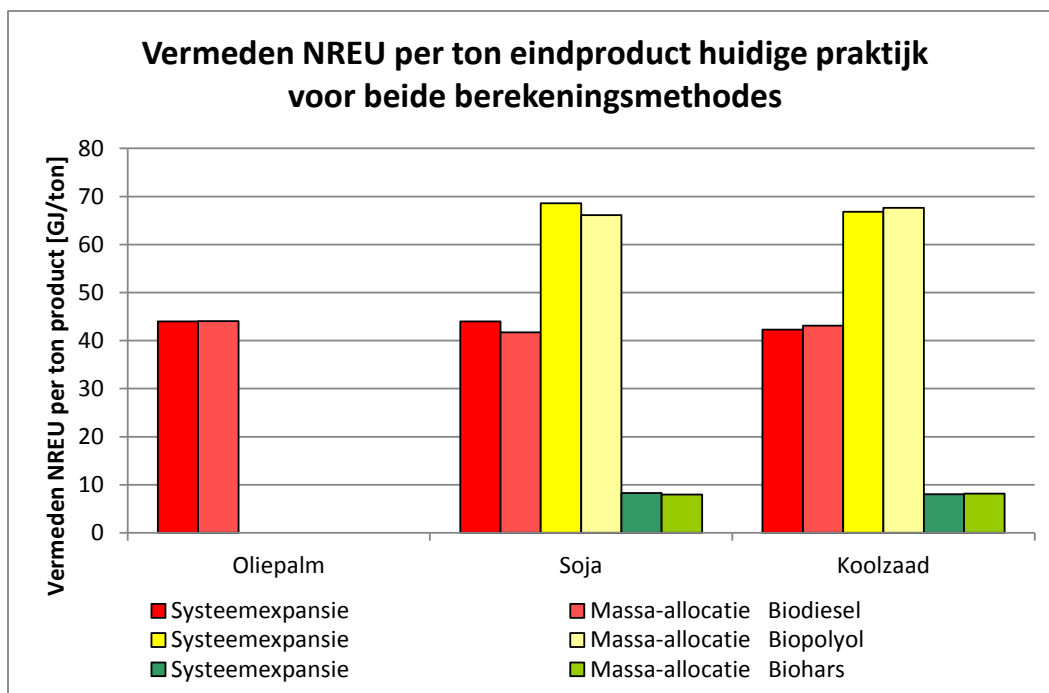
Figuur 4.2. Het gebruik van fossiele energie (NREU) bij de productie van de drie biobased producten biodiesel, biopolyol en biohars, en van de drie fossiele tegenhangers, bij huidige landbouwpraktijk en als de bijproducten worden ingezet voor energieproductie. Bij de palmolieproductie is hierbij aangenomen dat meer bijproducten dan nu worden ingezet voor energie. De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de massa-allocatiemethode.

energiegebruik nu onder nul te liggen, hierbij wordt er bij de productie van het gewas en het eindproduct meer energie geproduceerd dan er gebruikt wordt.

4.3 Vermeden energiegebruik.

Door de resultaten voor de bioproducten af te zetten tegen de resultaten voor de fossiele producten kan de hoeveelheid niet-hernieuwbare energie (en uitstoot van broeikasgas) worden uitgerekend die wordt vermeden door over te gaan naar de bioproducten. Hiervoor vergelijken we dus de biodiesel met de gewone diesel, de biopolyol met de fossiele polyol en de biohars met de fossiele hars. De bioproducten hebben in alle gevallen een lager fossiele energiegebruik en een lagere uitstoot in broeikasgassen dan de fossiele producten, de hoeveelheid vermeden energiegebruik en broeikasgasuitstoot is dus in alle gevallen groter dan nul.

In figuur 4.3 staat het vermeden fossiele energiegebruik per ton geproduceerd eindproduct, voor de huidige landbouwpraktijk, waarbij dus alleen voor de palmolieproductie een deel van de bijproducten worden omgezet in energie. De uitkomst wordt nu dus bepaald door het absolute verschil tussen de resultaten voor het fossiele product en de resultaten voor het bioproduct. De hier getoonde grafiek



Figuur 4.3. Vermeden gebruik van fossiele energie (NREU) per ton eindproduct, wanneer fossiele producten worden vervangen door hun biobased tegenhanger. Aangenomen is dat de huidige landbouwpraktijk wordt gevolgd. Bovendien worden beide berekeningsmethodes vergeleken, de donkere balken zijn de data voor de systeemexpansiemethode, de lichte balken zijn de data voor de massa-allocatiemethode.

geeft zowel de getallen voor de berekening via de systeemexpansiemethode als voor de massa-allocatiemethode. Zoals al in de vorige paragraaf gezegd is er slechts weinig verschil tussen de uitkomsten van beide methodes, de verschillen vallen bij biodiesel en polyol in het niet in vergelijking met de grote besparing die door de bioproducten worden bereikt ten opzicht van de fossiele alternatieven.

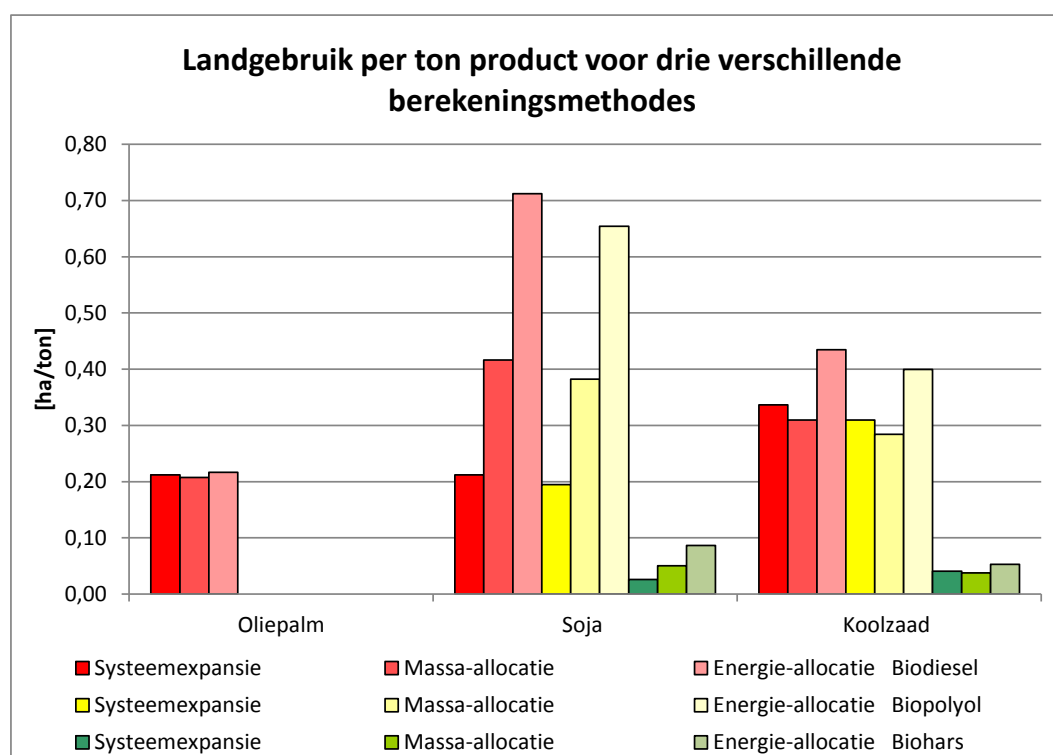
Uit grafiek 4.3 komt duidelijk naar voren dat het inzetten van de natuurlijke olie voor gebruik als chemische stof meer vermeden fossiele energie oplevert dan het gebruik als biodiesel. Ook hier geeft de toepassing als biohars slechts een kleine besparing in het gebruik van niet-hernieuwbare energie, maar dat komt, zoals eerder gezegd, doordat er slechts weinig biobased component in het eindproduct zit, en de

vergelijking wordt gemaakt op basis van ton eindproduct (waar dus veel fossiele grondstof in zit).

Wanneer we aannemen dat de bijproducten worden geoogst en omgezet in energie stijgt het vermeden fossiele energiegebruik, maar de overall conclusie, dat de inzet van de olie als chemische stof meer fossiele energie uitspaart dan de inzet als biodiesel, blijft gelijk.

4.4 Het landgebruik per product

Zoals al eerder opgemerkt variëren de opbrengsten aan olie per hectare sterk tussen de verschillende gewassen (zie figuur 3.1) waardoor voor de productie van 1 ton product zeer uiteenlopende arealen nodig zijn. Voor de productie van 1 ton palmolie is 0.232 ha land nodig, voor de productie van 1 ton sojaolie is 1.923 ha land nodig en voor de productie van 1 ton koolzaadolie is 0.685 hectare land nodig. Net als bij de



Figuur 4.4. Landgebruik per ton eindproduct. In de grafiek worden drie berekeningsmethodes vergeleken: de systeemexpansie (de meest donkergekleurde balken), allocatie op basis van massa (de middengekleurde balken) en allocatie op basis van energie-inhoud (de meest lichtgekleurde balken).

toewijzing van het niet-hernieuwbare energiegebruik voor productie wordt ook het gebruik van land ofwel verdeeld over het geproduceerde eiwitrijke meel en de olie, ofwel via de systeemexpansiemethode verrekend. In figuur 4.4 is het landgebruik per ton product uitgezet voor de verschillende gewassen en de drie biobased producten. Drie berekeningswijzen worden getoond: systeemexpansie, allocatie op basis van de massa van het eiwitrijke meel en de olie en allocatie op basis van de energie-inhoud van het eiwitrijke meel en de olie. In het laatste geval wordt er relatief veel toegewezen aan de olie omdat de olie een hogere energie-inhoud heeft dan het eiwit. Het is duidelijk dat de drie verschillende berekeningsmethodes tot grote verschillen in "landgebruik toegewezen aan de productie van een ton olie" leiden. Zoals eerder besproken leidt de systeemexpansiemethode er voor soja toe dat de gegevens hetzelfde zijn als voor de oliepalmteelt (ook voor polyol en biohars die uit palmolie niet te produceren zijn). In de figuur is duidelijk te zien dat oliepalm een zeer efficiënt gewas is als naar de hoeveelheid in te zetten hectares voor een ton product wordt gekeken. De data voor koolzaad via de systeemexpansiemethode liggen hoger dan die voor oliepalm.

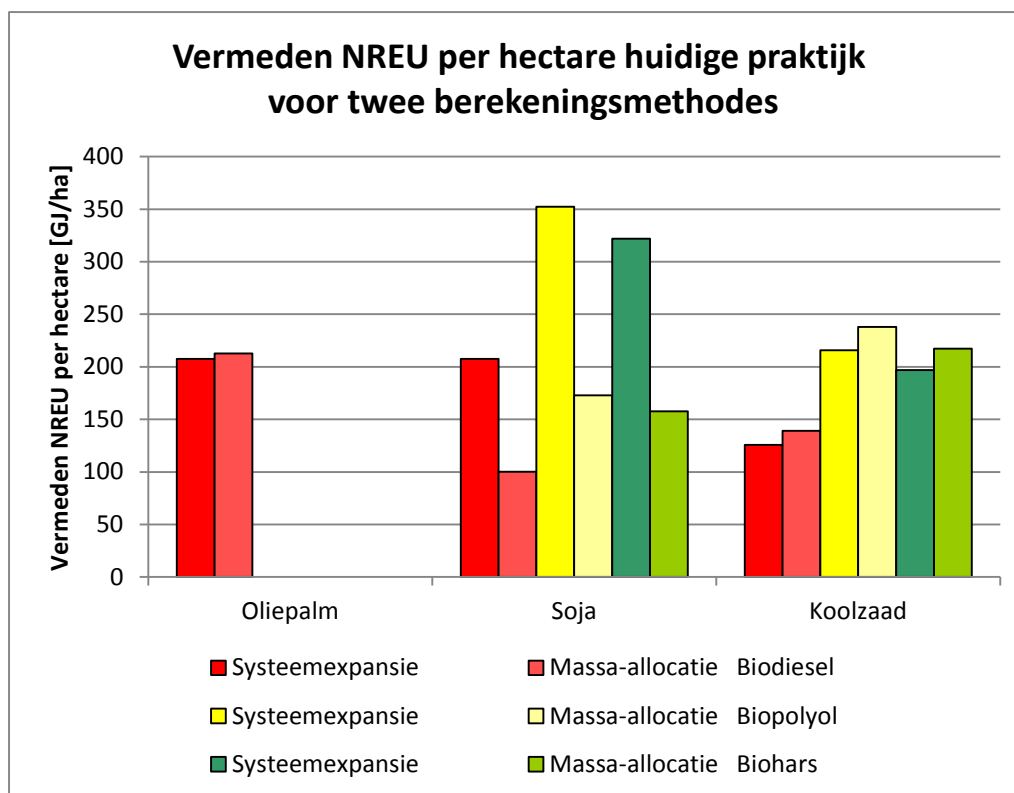
Verder komt uit de figuur naar voren dat, onafhankelijk van de berekeningswijze, de hoeveelheid in te zetten hectares voor een ton product voor de biodiesel het grootst zijn, voor de biopolyol iets kleiner en voor de biohars verreweg het kleinst. Dit laatste weer omdat er slechts een klein deel biobased grondstof in een ton biohars zit.

4.5 De resultaten per hectare

Als laatste kunnen we nu de hoeveelheid vermeden fossiele energie per hectare ingezette landbouwgrond uitrekenen, en dus bepalen welk product per hoeveelheid landbouwgrond het meeste oplevert. Deze gegevens staan in figuur 4.5, waarin ook weer twee berekeningsmethodes worden vergeleken, de systeemexpansie en de massa-allocatie.

Duidelijk blijkt dat de hoeveelheid vermeden fossiele energie per hectare voor zowel de biopolyol als voor de biohars bij dezelfde berekeningsmethode veel groter is dan voor de biodiesel. Het levert dus meer besparing op om de olie in te zetten voor een meer hoogwaardige toepassing, een chemische stof of een materiaal, dan om de olie in te zetten als transportbrandstof.

Bovendien blijkt, net als in de vorige paragraaf dat oliepalm het gewas is dat de meeste besparing per hectare ingezette landbouwgrond geeft (bedenk dat in het geval van de sojaolie bij de systeemexpansiemethode de data gelijk zijn aan die van palmolie). De oliepalm levert een enorme opbrengst aan olie per hectare voor verhoudingsgewijs weinig input aan energie, oliepalm is op die basis dus het meest duurzame gewas uit deze vergelijkingen.



Figuur 4.5. Vermeden gebruik van fossiele energie (NREU) per hectare gebruikte landbouwgrond, wanneer fossiele producten worden vervangen door hun biobased tegenhanger. Aangenomen is dat de huidige landbouwpraktijk wordt gevolgd. Bovendien worden beide berekeningsmethodes vergeleken, de donkere balken zijn de data voor de systeemexpansiemethode, de lichte balken zijn de data voor de massa-allocatiemethode.

Wat verder opvalt in de figuur is dat de biohars, die in alle voorgaande figuren veel lagere waarden liet zien dan de biopolyol en de biodiesel, nu scoort op een vergelijkbaar niveau als de biopolyol. Dit komt omdat in de vergelijking per hectare niet meer wordt gekeken hoeveel ton eindproduct er wordt gemaakt, maar hoeveel besparing er per ingezette hectare landbouwgrond kan worden gerealiseerd. Hierdoor wordt in deze vergelijking alleen gekeken naar het biobased gedeelte van de biohars, het fossiele deel wordt immers niet op landbouwgrond geproduceerd. De vergelijking wordt hierdoor veel transparanter. Het blijkt dat de olie voor het biobased gedeelte

van de hars een besparing in fossiel energiegebruik oplevert die vergelijkbaar is met het inzetten van de olie voor de biopolyol.

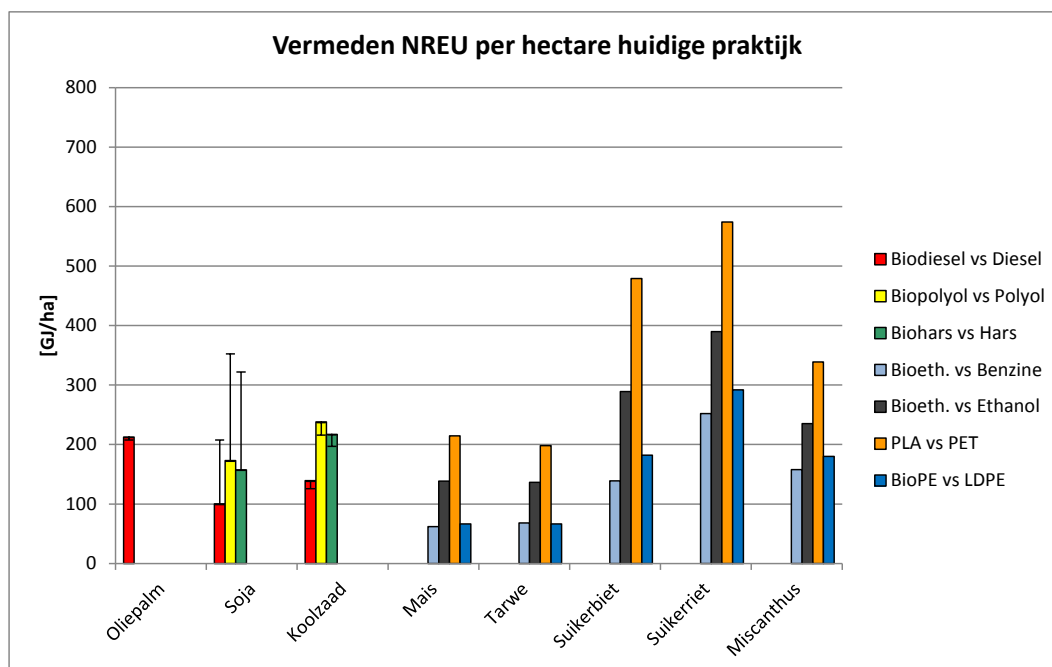
Over het algemeen wordt verondersteld dat de hoeveelheid beschikbare landbouwgrond een knelpunt zal gaan vormen in de toekomst. Een product dat per hectare gebruikte grond de grootste reductie in broeikasgasemissies en in het gebruik van niet-hernieuwbare energie geeft is in die situatie dus de meest duurzame optie. In dit geval zijn dat dus de biopolyol en de biohars, zoals blijkt uit figuur 4.5. ILUC, uitbreiding van teelt areaal op één plaats door een verandering in de teelt op een andere plaats, is niet meegenomen in deze studie. Het al of niet verrekenen van de ILUC verandert echter niets aan de conclusie dat de biopolyol en de biohars de meest duurzame optie binnen dit systeem zijn.

4.6 Vergelijking met het suikersysteem

In een eerdere studie⁷ is een zelfde vergelijking gemaakt voor producten die uit fermenteerbare suikers kunnen worden gemaakt. Hierbij zijn vijf gewassen, mais, tarwe, suikerbiet, suikerriet en Miscanthus met elkaar vergeleken en is gekeken naar PLA (polymelkzuur) als vervanger voor PET, BioPE als vervanger voor fossiel PE, bioethanol als vervanger voor fossiel ethanol in de chemie en bioethanol als vervanger voor benzine. Ook in deze studie is de vergelijking op basis van de hoeveelheid ingezette landbouwgrond gemaakt, hierdoor kunnen de resultaten van beide studies goed met elkaar worden vergeleken.

In figuur 4.6 wordt deze vergelijking weergegeven. Voor beide systemen geldt dat er is uitgegaan van de huidige landbouwpraktijk en dat reststromen dus op het land achterblijven. Voor de olieproducten worden zowel de data via massa-allocatie (gekleurde balkjes), als de data via de systeemexpansie (*error bars*) gegeven. Met de laatste wordt naar alle waarschijnlijkheid de werkelijke situatie het dichtst benadert. Voor oliepalm betekent dit dat extra vraag naar palmolie ook werkelijk leidt tot extra teelt van oliepalm, en iets minder teelt van soja om de balans op de eiwitmarkt te herstellen (oliepalm als marginaal gewas). Voor soja betekent dit dat extra vraag naar soja leidt tot extra teelt van palmolie (oliepalm als marginaal gewas). Voor koolzaad betekent het dat extra vraag naar koolzaad leidt tot een iets verminderde vraag naar soja (koolzaad als marginaal gewas). De gekleurde balken in figuur 4.6 geven dus weer hoe hoog de besparing in NREU zou uitvallen als er via de massa-allocatiemethode wordt gerekend, dit geeft dus de besparing in NREU per hectare voor de teelt van het desbetreffende gewas, zonder de effecten op de teelt van de andere

⁷ *Duurzaamheid van biobased producten; Energiegebruik en broeikasgas-emissie van producten met suikers als grondstof*, Harriëtte Bos, Sjaak Conijn, Wim Corré, Koen Meesters, Martin Patel (2011).



Figuur 4.6. Vermeden gebruik van fossiele energie (NREU) per hectare gebruikte landbouwgrond, wanneer fossiele producten worden vervangen door hun biobased tegenhanger, zowel voor producten op basis van natuurlijke olie als producten op basis van suikers. Aangenomen is dat de huidige landbouwpraktijk wordt gevolgd. De oliedata zijn berekend via de massa-alloctiemethode, voor een vergelijking op gewas niveau. De error bars bij de oliegewassen geven de uitkomst van de systeemexpansiemethode, dit geeft naar alle waarschijnlijkheid het best de werkelijke situatie weer voor deze drie gewassen.

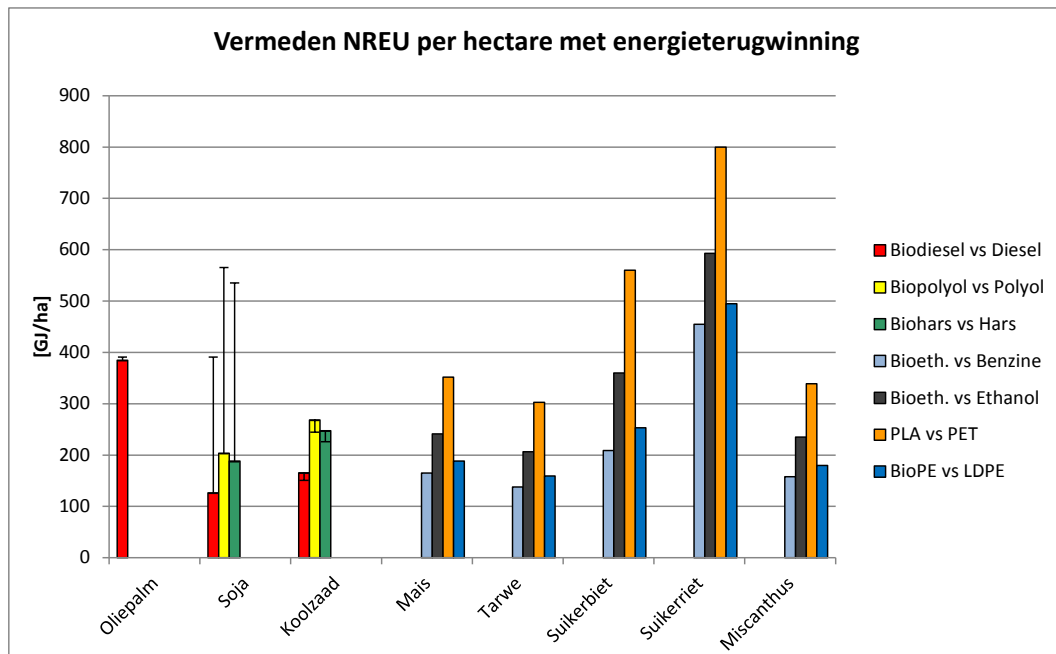
gewassen in beschouwing te nemen, op deze manier is de vergelijking met de suikergewassen op gewasniveau te maken.

De suikergewassen produceren weliswaar ook eiwithoudende bijproducten, maar in een veel lagere verhouding dan soja. Bij de suikerstudie was er daarom voor gekozen de vrijkomende bijproducten om te zetten in energie. De data in figuur 4.6 voor mais en tarwe zijn wel gecorrigeerd voor de hoeveelheid bijproducten die vrijkomen, en zijn dus iets anders dan in de oorspronkelijke suikerstudie.

Uit de figuur blijkt dat de tropische gewassen oliepalm en suikerriet binnen hun categorie het best presteren in de hoeveelheid vermeden fossiele energie per hectare.

Het Europese gewas koolzaad scoort voor toepassing als polyol of hars heel vergelijkbaar met de gewassen tarwe en mais, wanneer die worden ingezet voor PLA. De Europese suikerbiet scoort beter dan de oliegewassen en met het tweede generatiegewas Miscanthus zijn in de onderzochte toepassingen vergelijkbare besparingen per hectare te behalen als met oliepalm. De biodiesel uit koolzaad en de bioethanol voor benzine uit suikerbiet halen vergelijkbare besparingen.

Wanneer ook de bijproducten van de teelt worden omgezet in energie kan er meer besparing per hectare worden behaald, zoals is te zien in figuur 4.7. Hierbij moet echter worden aangetekend dat het verwijderen van de gewasresten van het land kan

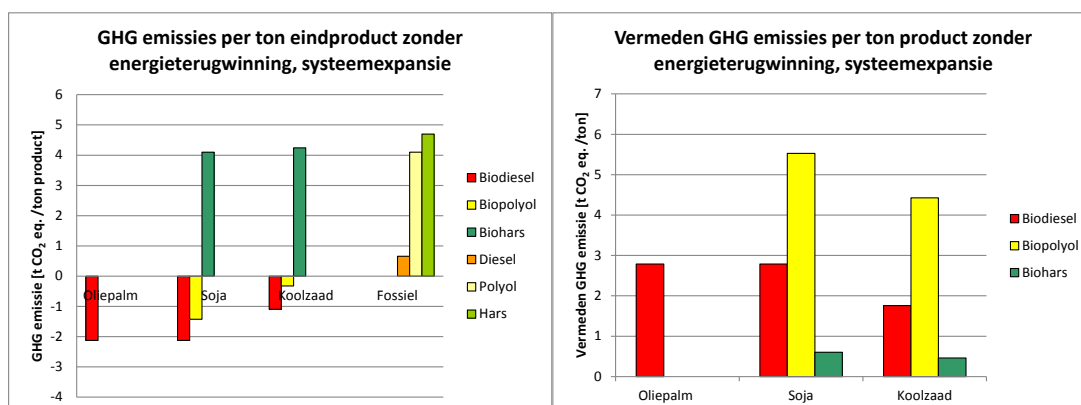


Figuur 4.7. Vermeden gebruik van fossiele energie (NREU) per hectare gebruikte landbouwgrond, wanneer fossiele producten worden vervangen door hun biobased tegenhanger, zowel voor producten op basis van natuurlijke olie als producten op basis van suikers. Aangenomen is dat reststromen worden ingezet voor energieproductie. De olie data zijn berekend via de massa-alloctiemethode, voor een vergelijking op gewas niveau. De error bars bij de oliegewassen geven de uitkomst van de systeemexpansiemethode, dit geeft naar alle waarschijnlijkheid het best de werkelijke situatie weer voor deze drie gewassen. Ook bij het suikersysteem zijn alle co-producten omgezet in energie

zorgen voor een daling van de hoeveelheid organische stof in de bodem en dat dit over het algemeen een niet gewenst effect is. Dit legt dus een beperking op aan de hoeveelheid gewasresten die duurzaam van het land kan worden gehaald. De conclusies over de score van de verschillende gewassen ten opzicht van elkaar veranderen niet door energieproductie uit de bijproducten mee te nemen, oliepalm en suikerriet blijven binnen hun categorie het best presterende gewas en suikerbiet scoort als Europees gewas het best. Ook tarwe, mais en koolzaad blijven vergelijkbaar met elkaar. Vanzelfsprekend blijft de toepassing als brandstof slechter scoren dan de toepassing als chemische stof of in een materiaal.

4.7 Vermeden broeikasgasuitstoot

Naast het vermeden niet-hernieuwbare energiegebruik is ook onderzocht hoeveel broeikasgasuitstoot er kan worden vermeden door de inzet van de biobased producten (figuur 4.8). Opvallend is dat zowel voor de biodiesel als voor de polyol de broeikasgasemissie voor de teelt van het gewas kleiner is dan nul, wat betekent dat de gewassen tijdens de groei meer broeikasgassen opnemen dan er tijdens de productie

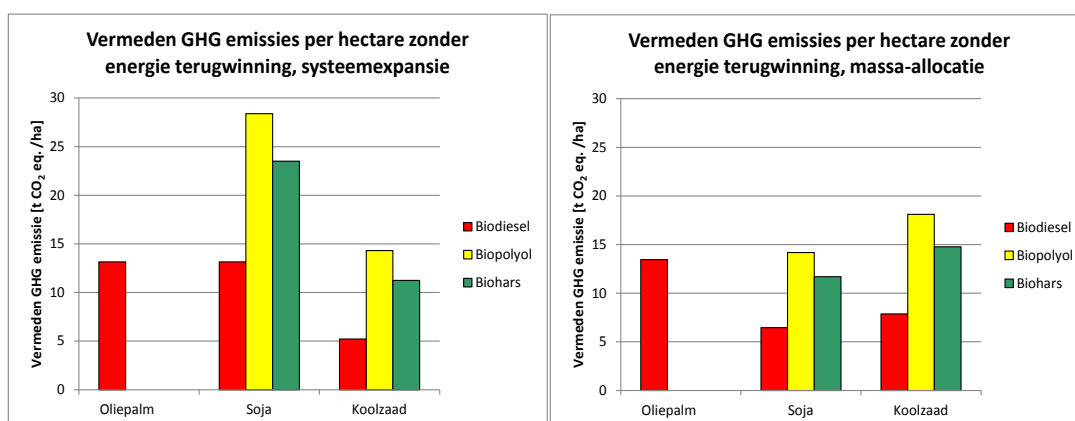


Figuur 4.8. De uitstoot van broeikasgassen (GHG) bij de productie van de drie biobased producten biodiesel, biopolyol en biohars, en van de drie fossiele tegenhangers, bij huidige landbouwpraktijk (links) en de vermeden uitstoot van broeikasgassen voor de drie producten (rechts). De berekeningen zijn uitgevoerd volgens de systeemexpansiemethode

van de eindproducten wordt uitgestoten. Hierbij moet wel worden aangetekend dat er in deze studie geen rekening is gehouden met mogelijke verschuiving in landgebruik (ILUC) door verdringing van de teelt voor voedsel naar elders. Uit verschillende

studies⁸ blijkt dat met name voor de olegewassen de extra broeikasgasemissie die gepaard gaat met deze verschuiving van aanzienlijk kan zijn ten opzichte van de vermeden emissie door het gebruik van biodiesel.

Het rechterplaatje in figuur 4.8 geeft de vermeden emissie per ton product. Door het toepassen van de systeemexpansiemethode zijn voor soja de waarden gelijk aan die voor oliepalm (oliepalm als marginaal gewas), bij de berekeningen voor de koolzaad is aangenomen dat koolzaad het marginale gewas is. Koolzaad scoort voor vermeden broeikasgassen relatief slechter dan voor vermeden energiegebruik (vergelijk met figuur 4.1). Dit wordt veroorzaakt door de relatief hoge emissie van N₂O, een zeer sterk broeikasgas, dat vrijkomt door de toepassing van kunstmest bij de teelt. Net als bij het energiegebruik scoort ook in deze vergelijking de biohars laag doordat het product slechts een klein percentage biobased grondstof bevat.



Figuur 4.9. De vermeden uitstoot van broeikasgassen (GHG) per hectare bij de productie van de drie biobased producten biodiesel, biopolyol en biohars, en van de drie fossiele tegenhangers, bij huidige landbouwpraktijk. Links uitgevoerd volgens de systeemexpansiemethode, rechts volgens de massa-allocatiemethode.

Figuur 4.9 geeft de hoeveelheid vermeden broeikasgasuitstoot per hectare, waarbij het verschil tussen de biohars en de andere twee toepassingen wegvalt, omdat de vergelijking nu op basis van de hoeveelheid ingezette biomassa wordt gemaakt. Bij het gebruik van de systeemexpansie methode in het linker diagram zijn de getallen voor

⁸ Laborde, D., 2011. *Assessing the land use change consequences of european biofuel policies*. Report, International Food Policy Research Institute.

soja gelijk aan die van oliepalm, duidelijk is dat oliepalm hier het meest efficiënte gewas is. Het rechter diagram, uitgevoerd volgens de massa-allocatiemethode maakt vergelijking op basis van de gewassen zelf mogelijk; zowel bij soja als bij koolzaad ligt de hoeveelheid vermeden broeikasgas lager dan bij palmolie. Uit beide diagrammen komt naar voren dat het gebruik van de olie voor biopolyol en biohars fors meer besparing in broeikasgasuitstoot oplevert dan het gebruik voor biodiesel.

Oliepalm komt uit de studie naar voren als verreweg het meest efficiënte oliegewas dat de meeste besparing in energiegebruik en broeikasgasemissie kan opleveren. Palmolie is echter niet geschikt voor veel toepassingen in de chemische industrie waarvoor dubbele bindingen in de vetzuurstaarten noodzakelijk zijn. Daarnaast zijn er maatschappelijke zorgen over de duurzaamheid van palmolie omdat in een aantal landen het oliepalmareaal sterk wordt uitgebreid ten koste van het regenwoud. Aan de andere kant worden binnen de RSPO (Round Table for Sustainable Palm Oil) normen gesteld en afspraken gemaakt tussen olieproducenten en oliegebruikers over duurzaamheid van de teelt.

Voor toepassingen in de chemische industrie ligt het gebruik van koolzaadolie meer voor de hand. Daarnaast worden er voor specifieke chemische producten al vele tientallen jaren andere oliën gebruikt die hier niet onderzocht zijn zoals castorolie, dat een grondstof is voor verschillende hoogwaardige polyamides (nylons). Castorolie (ricinusolie of wonderolie) komt van de wonderboom, een tropische plant die zeer goed tegen droogte kan en goed bestand is tegen ziekte en vraat.

Een andere olie die van oudsher veel wordt gebruikt voor non-food toepassingen is lijnzaadolie. Lijnzaadolie heeft relatief veel dubbele bindingen en is geschikt voor toepassingen in de chemie. Uit tabel 1.1 blijkt echter dat de productie van lijn(zaad)olie op dit moment beperkt is, daarom is deze olie niet meegenomen in deze studie.

5 Conclusies

In deze studie is gekeken naar de besparing in het gebruik van fossiele energie en de verlaging in uitstoot van broeikasgassen die bereikt kunnen worden door producten te maken uit natuurlijke olie in plaats van uit fossiele grondstoffen (aardolie). Daarnaast zijn de biobased producten onderling vergeleken, waarbij onder andere de inzet van biopolyol en een biohars en biobrandstof (biodiesel) tegen elkaar is afgezet. Uit de studie komen de volgende conclusies naar voren.

Voor alle onderzochte producten leidt vervanging van een fossiel product door een vergelijkbaar biobased product tot een verlaging van de uitstoot van broeikasgassen en van het gebruik van fossiele energie.

Produceren van biomaterialen of chemicaliën (biopolyol en biohars) uit natuurlijke olie levert een grotere reductie in gebruik van fossiele energie en broeikasgasemissie dan het produceren van biodiesel voor brandstof uit natuurlijke olie.

De meeste oliegewassen produceren niet alleen olie maar ook een significante hoeveelheid eiwitrijk meel dat wordt gebruikt als veevoer. Additionele vraag naar olie voor food of non-food producten leidt daarmee tot extra productie van eiwit. Doordat er verschillen zijn in de hoeveelheid meel die de gewassen produceren (oliepalm slechts weinig, koolzaad ongeveer net zoveel meel als olie en soja veel meer meel dan olie) kan dit leiden tot een disbalans in de eiwitmarkt. Wanneer er veel extra eiwit op de markt komt, leidt dit tot daling van de eiwitprijs en dus tot een afname van het belangrijkste eiwitgewas, soja. Het tekort aan olie dat daardoor ontstaat wordt vervolgens opgevuld door de marginale olie: palmolie. Dit leidt dus tot extra teelt van palmolie. De markten voor de verschillende oliën hangen daardoor met elkaar samen, wat inzichtelijk gemaakt kan worden door de systeemexpansie methodiek. Wanneer we aannemen dat oliepalm het marginale oliegewas is, en soja het marginale eiwitgewas, zal extra vraag naar olie altijd leiden tot extra productie van palmolie en is de milieu-impact van de productie van het biobased product altijd gelijk aan die van het product uit oliepalm. In deze studie zijn de uitkomsten van de LCA studie via deze systeemexpansie methodiek ook vergeleken met de uitkomsten van de massa-allocatie methodiek, waarbij alleen de impact van de teelt van het betreffende gewas in beschouwing wordt genomen.

Oliepalm komt naar voren als het meest efficiënte gewas met de grootste besparing in niet-hernieuwbaar energiegebruik en de minste broeikasgasuitstoot. Oliepalm is echter tegelijkertijd ook het gewas waar de meeste maatschappelijke zorgen om bestaan

door de enorme uitbreiding van de teelt ten koste van het regenwoud. Palmolie is niet geschikt voor een aantal chemische producten waarbij dubbele bindingen in de olieketen essentieel zijn maar gebruik van andere olie voor deze toepassingen kan wel leiden tot meer gebruik van palmolie voor andere doelen.

De uitkomsten uit deze studie zijn ook vergeleken met de uitkomsten uit de suikerstudie uit 2011. Het blijkt dat voor het gebruik als transportbrandstof de beide tropische gewassen oliepalm en suikerriet de grootste besparing in energiegebruik en broeikasgasemissie kunnen geven. Voor zowel de suikergewassen als de oliegewassen geldt dat toepassing in chemicaliën en materialen leidt tot een hogere besparing in energiegebruik en broeikasgasemissie dan toepassing als brandstof. Het Europese oliegewas koolzaad scoort in dezelfde range als de zetmeelgewassen tarwe en mais. Voor de teelt in Nederland is suikerbiet echter de grote winnaar wat betreft de te behalen besparing in energiegebruik en broeikasgasemissie.

Als de co-producten van de onderzochte gewassen zouden worden verzameld en worden gebruikt voor energieproductie dan wordt de besparing in energiegebruik en broeikasgasemissie vanzelfsprekend groter. Suikerriet is (net als in de huidige teelt) dan het meest efficiënte gewas, gevolgd door oliepalm en daarna suikerbiet. Vervolgonderzoek zal moeten uitwijzen wat de effecten zijn van het oogsten van meer co-producten op de bodemkoolstofvoorraad, en of er mogelijkheden zijn om eventueel verlies van bodemkoolstof te compenseren. Aan de andere kant produceert een gewas als oliepalm zoveel bijproducten, dat met name de EFB's een probleem vormen. Naar een nuttige toepassing van deze zijstroom wordt door meerdere partijen gezocht.

Literatuur

Alle achtergronddata van de hier gepresenteerde studie, alsmede een uitgebreide literatuurlijst kunnen worden gevonden in:

Koen Meesters, Harriëtte Bos, Wim Corré, Sjaak Conijn, Martin Patel. Sustainability aspects of biobased applications; Comparison of different crops and products from the vegetable oil platform BO-12.05-002-008 (2012)

Deze studie is beschikbaar op www.groenegrondstoffen.nl.

Overzicht van gebruikte termen

Broeikasgasemissie	Uitstoot van broeikasgassen, dat kan CO ₂ zijn, maar bijvoorbeeld ook methaan. Voor de berekeningen worden de andere broeikasgassen teruggerekend naar de hoeveelheid CO ₂ die hetzelfde effect zou hebben.
GHG	Green house gas, broeikasgas
Gigajoule	Een maat voor energie: een gigajoule is een miljard joule, 6 gigajoule is ongeveer de energie-inhoud van een barrel (ongeveer 160 liter) olie.
ILUC	Indirect land use change, uitbreiding van teelt areaal op één plaats door een verandering in de teelt op een andere plaats.
Niet-hernieuwbare energie	Energie uit een fossiele bron, zoals aardolie, aardgas of kolen en/of kernenergie.
NREU	Non renewable energy use, het gebruik van niet-hernieuwbare energie.
PE	PolyEthylene, of polyetheen, meest gebruikte kunststof, toegepast in pijpen, afvalbakken, zakken en folies.
PET	PolyEthyleenTereftalaat, het kunststof waarvan PET flessen en fleecetruien worden gemaakt
PLA	PolyLacticAcid oftewel polymelkzuur
Polyethyleen	De meest gebruikte kunststof, wordt gemaakt uit aardolie en wordt gebruikt voor plastic zakken en folies, landbouwplastic, buizen, afvalbakken, enzovoort.
Polymelkzuur	Biokunststof die wordt gemaakt uit een hernieuwbare bron. Wordt al vele jaren gebruikt voor medisch hecht draad en botplaten, maar wordt tegenwoordig ook toegepast in zakken, bakjes, flessen en andere voorwerpen. Is composteerbaar.
PUR	Polyurethaan, een kunststof die veel wordt gebruikt in de bouw, voor schuimen, etc.

Colofon

Duurzaamheid van biobased producten uit plantaardige olie

Energiegebruik en broeikasgasemissie

Harriëtte Bos, Koen Meesters. Wim Corré, Sjaak Conijn, Martin Patel

Met dank aan Jim Pollack

2013

© Wageningen UR Food & Biobased Research

ISBN 978-94-6173-704-5

Druk: Propress, Wageningen

Wageningen UR Food & Biobased Research

Bornse Weilanden 9

Postbus 17

6700 AA Wageningen

Internet: www.fbr.wur.nl

E-mail: info.fbr@wur.nl

Deze publicatie is mogelijk gemaakt door het beleidsondersteunend onderzoeksthema Biobased Economy (BO-12.05-002/BO-20-12-005), gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken. Het is de zeventiende in een reeks publicaties over het gebruik van agrogrondstoffen en nevenstromen in veilige en gezonde producten voor consumenten- en industriële markten (zie ook www.groenegrondstoffen.nl en www.biobasedeconomy.nl).

