

Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie

Bijlagenrapport
Delft, maart 2013

Opgesteld door:

CE Delft
H.J. (Harry) Croezen
I.Y.R. (Ingrid) Odegard
G.C. (Geert) Bergsma

Biomass Research
H. (Hans) Langeveld

Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

CE Delft en Biomass Research

Bijlagenrapport - De bodem in de bio-economie

Delft, CE Delft, maart 2013

Publicatienummer: 13.2813.20

Opdrachtgever: Technische Commissie Bodem.

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider, Geert Bergsma of bij Harry Croezen.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Doelstelling onderzoek	5
1.2	Inhoud voorliggend bijlagenrapport	6
Bijlage D	Suikerriet uit Brazilië	7
D.1	De suikerrietketen	7
D.2	Kenmerken van de suikerrietteelt	8
D.3	Kengetallen huidige teelt	9
D.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	10
D.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	11
Bijlage E	Soja uit Brazilië	17
E.1	De keten	17
E.2	Kenmerken voor sojaboonteelt	18
E.3	Kengetallen huidige teelt	19
E.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	19
E.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	21
Bijlage F	Maïs uit de VS	27
F.1	Locatie, belang van de keten	27
F.2	Type gewas, bodemeisen	27
F.3	Kengetallen huidige teelt	27
F.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	27
F.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	28
Bijlage G	Tarwe uit Europa	33
G.1	Locatie, belang van de keten	33
G.2	Type gewas, bodemeisen	33
G.3	Kengetallen huidige teelt	34
G.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	34
G.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	36
Bijlage H	Suikerbiet Europa	41
H.1	Locatie, belang van de keten	41
H.2	Type gewas, bodemeisen	41
H.3	Kengetallen huidige teelt	41
H.4	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	42
H.5	Gevolgen voor bodem, landgebruik	43
Bijlage I	Koolzaad Europa	49
I.1	De keten	49
I.2	Kenmerken van de koolzaadteelt	50
I.3	Gevolgen voor bodem, landgebruik	53



Bijlage J	Oliepalm in Azië	57
J.1	De keten	57
J.2	Locatie, belang van de keten	58
J.3	Type gewas, bodemeisen	58
J.4	Kengetallen huidige teelt	58
J.5	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	59
J.6	Gevolgen voor bodem, landgebruik	60
Bijlage K	SRC in Europa	63
K.1	De keten	63
K.2	Locatie, belang van de keten	63
K.3	Type gewas, bodemeisen	63
K.4	Kengetallen huidige teelt	63
K.5	Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten	64
K.6	Gevolgen voor bodem, landgebruik	64
Bijlage L	Kapresten van bosbouw als brandstof	69
L.1	Locatie, belang van de keten	69
L.2	Kengetallen voor eventuele oogst in Nederland	70



1 Inleiding

Dit bijlagenrapport bevat de bijlagen die behoren bij het hoofdrapport 'De bodem in de bio-economie', CE Delft en Biomass Research, Delft, maart 2013 (te vinden op www.ce.nl).

1.1 Doelstelling onderzoek

De Technische Commissie Bodem (TCB) maakt zich sterk voor het gezond, vruchtbaar en productief houden van de bodem in Nederland en de wereld. Een gezonde bodem is een cruciale productiefactor voor akkerbouw en veeteelt. Het grootste deel van deze productie is van oudsher bedoeld voor voedsel, maar productie van bijvoorbeeld hout, papier, aardappelzetmeel en zeep op basis van oliën is ook al decennia afhankelijk van een vruchtbare bodem. Deze historische productie van biobased producten is echter beperkt van omvang.

Aanvullend op het gebruik van gewassen voor voedsel en historische biobased producten worden landbouwgewassen de laatste jaren steeds vaker gebruikt voor nieuwe biobased toepassingen bedoeld om het gebruik van fossiele brandstoffen als olie, kolen en gas te verminderen. Dit is de zogenaamde 'biobased economy'. Concreet gaat het dan om producten als bioplastics, bio-ethanol, biodiesel, bio-elektriciteit, biowarmte, biobased grondstoffen voor de chemie, biobased producten en biogas.

Naar de duurzaamheid van al deze nieuwe biobased producten zijn diverse studies verricht. Deze zijn deels ook vertaald in duurzaamheidscriteria voor een aantal ketens. De effecten op de gezondheid en vruchtbaarheid van bodems is in deze studies echter nog onderbelicht gebleven. Omdat deze lacune aan te vullen heeft de TCB CE Delft en Biomassresearch opdracht gegeven om de effecten op bodem van biobased economy te onderzoeken.

Een aantal biobased producten wordt gestimuleerd vanuit overheidsbeleid. Met name bio-elektriciteit, biogas en biobrandstoffen voor transport. In dit onderzoek is daarom ook aandacht besteedt aan de relatie tussen het overheidsbeleid en de biobased economy en de bodem.

De TCB heeft CE Delft en Biomass Research gevraagd de effecten van de verschillende biobased ketens en scenario's op de bodem in kaart te brengen. Daarnaast zijn, op basis van de verschillen in bodemkundige effecten, adviezen geformuleerd voor het overheidsbeleid ten aanzien van de biobased economy. Hiermee kan beter rekening gehouden worden met het behoud van kwetsbare, cruciale bodems in Nederland en daarbuiten.

De volgende vragen worden in deze studie behandeld:

1. Welke biobased ketens zullen een grote rol spelen in de toekomstige biobased economy? (Hoofdstuk 2)
2. Hoe verschillen die biobased ketens met betrekking tot de effecten die ze hebben op de bodem? (Hoofdstuk 4)
3. Zijn er verbeteringen mogelijk in landbouwmanagement waardoor de negatieve bodemeffecten van de teeltwijze kunnen verminderen? (Hoofdstuk 4)



4. Hoe zien biobased scenario's, bestaande uit combinaties van biobased ketens, gebaseerd op huidig overheidsbeleid er uit en wat zijn de effecten van die scenario's op de bodem? (Hoofdstuk 5)
5. Welke suggesties kunnen er vanuit bodemkundig perspectief (zekerstelling van cruciale bodemkwaliteit) gegeven worden voor beleid voor de ontwikkeling van de biobased economy? (Hoofdstuk 6)

1.2 Inhoud voorliggend bijlagenrapport

Om een overzichtelijke vergelijking te kunnen geven kijkt CE Delft naar tien biomassaketens met varianten (totaal 21) die naar verwachting een belangrijke rol zullen spelen in de zich ontwikkelende biobased economy. Al deze ketens zijn in deze bijlage uitgebreid beschreven. Voor een aantal ketens zijn variaties aangebracht in landbouwmethoden, teeltgebied en toepassing.

Ketens voor de productie van ethanol voor transport of chemie:

- suikerriet - met een variatie in teeltmethode;
- maïs;
- tarwe;
- tarwestro - met een variatie in gebruik van reststromen;
- suikerbiet - met een variatie in teeltgebied.

Ketens voor de productie van biodiesel (FAME) voor transport:

- koolzaad;
- palmolie;
- soja.

Ketens voor de productie van elektriciteit, gas en of warmte:

- resthout - met variatie in toepassing;
- snijmaïs - met variatie in toepassing;
- SRC (Short Rotation Coppice) - met variatie in toepassing.

Voor het bepalen van de effecten op de bodem hebben we gekozen een beperkte set van belangrijke bodemindicatoren te bekijken:

- het organische stofgehalte van de bodem;
- het nutriëntengebruik;
- het watergebruik;
- het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen;
- het landgebruik;
- de CO₂-eq.-balans.



Bijlage D Suikerriet uit Brazilië

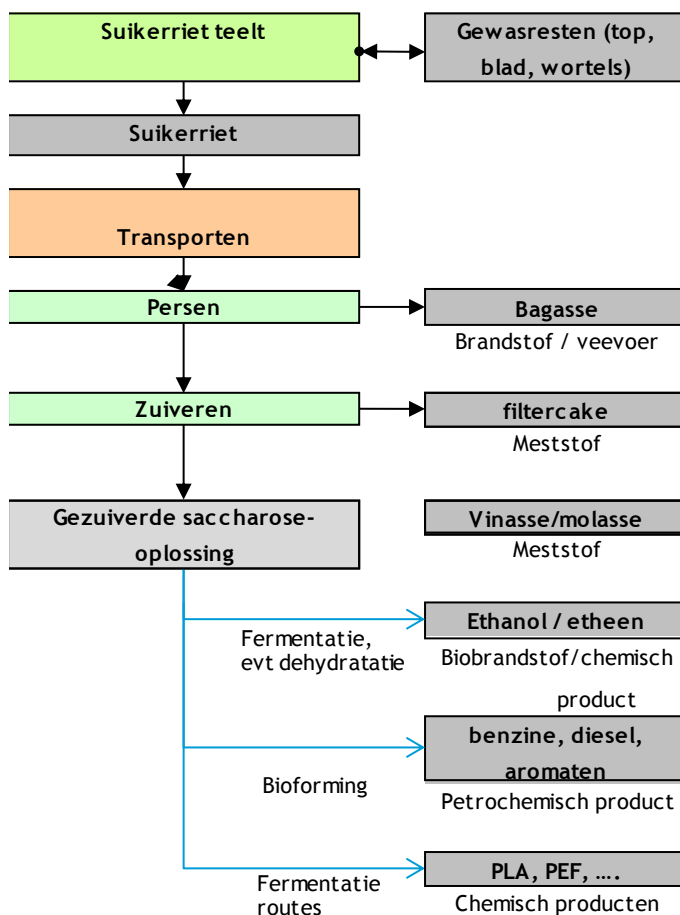
D.1 De suikerrietketen

Suikerriet wordt binnen het raamwerk van de biobased economy geteeld voor de suikers. Bestaande of in ontwikkeling zijnde productieroutes zijn onder meer:

1. Productie van bio-ethanol voor wegtransport en voor etheen (via dehydratatie van ethanol).
2. Productie van andere fermentatieproducten, zoals PLA.
3. Productie van gangbare petrochemische grondstoffen via het bioforming-proces (in ontwikkeling).

De suikerrietketen omvat ongeacht de uiteindelijke toepassing van de suikers steeds drie schakels, zoals weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 Ketenoverzicht suikerriet

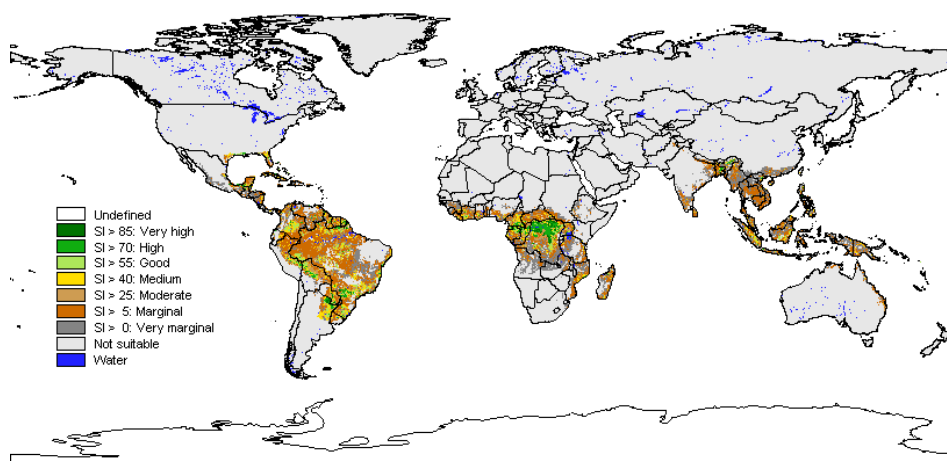


De bijproducten die in de suikerrietketen vrijkomen (bagasse en vinasse) blijven binnen de keten en worden gebruikt als meststof of brandstof. Gebruik van bagasse als ruwvoer in de rundveehouderij was tot enkele decennia geleden gebruikelijk, maar vindt tegenwoordig maar mondjesmaat plaats.

D.2 Kenmerken van de suikerrieteteelt

Zoals weergegeven in Figuur 2 zijn vooral delen van Midden- en Zuid-Amerika, Afrika en Zuidoost-Azië geschikt voor de teelt van suikerriet. Hoewel er in Afrika grote delen goed geschikt zijn voor suikerrieteteelt, komt maar 5% van de wereldproductie uit dit continent (FAOSTAT, 2012). In principe is teelt in Afrika en Zuidoost-Azië dus mogelijk (zie Figuur 3), maar in deze gebieden zou invoeren van suikerrieteteelt ten koste gaan van bos.

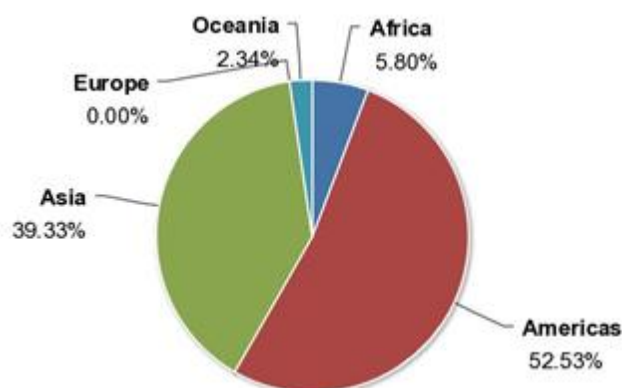
Figuur 2 Bodemgeschiktheid voor teelt van suikerriet (FAOSTAT, 2012)



In 2010 werd 1,7 miljard ton suikerriet geproduceerd. Hiervan werd het grootste aandeel geproduceerd in Brazilië, 42% van het totaal. In India werd 17% van de totale productie geproduceerd en verder komt alleen China boven de 5% uit - daar is het aandeel t.o.v. de totale productie 7% (FAOSTAT, 2012). In Figuur 3 zijn de aandelen van het totaal (de gemiddelde productie tussen 2005 en 2010) weergegeven voor verschillende regio's.

Teelt van suikerriet voor de Europese economie is waarschijnlijk alleen reëel in Brazilië. India is ook een grote producent, maar deze produceert voornamelijk voor de eigen markt. Brazilië heeft nog een groot potentieel aan ontginbaar land dat geschikt is voor suikerrieteteelt, terwijl landbouwgrond in India schaars is.

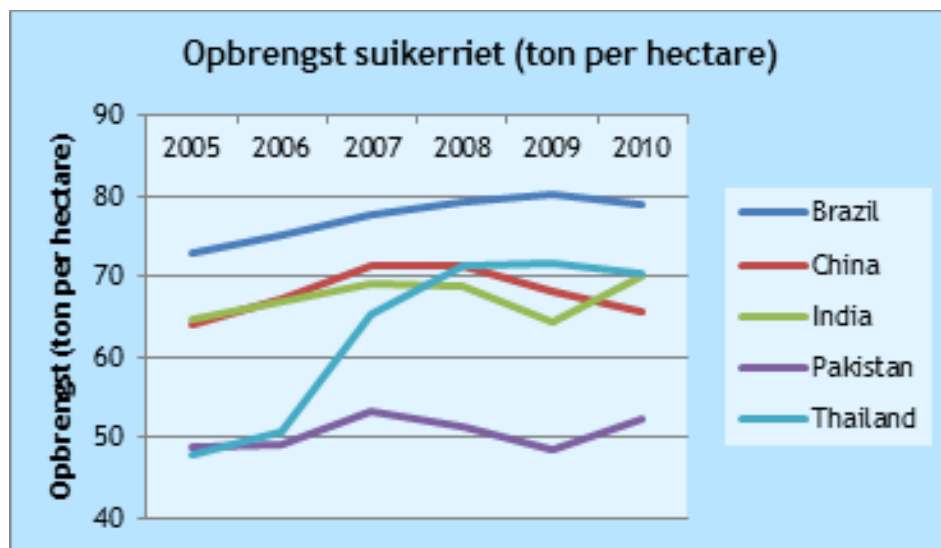
Figuur 3 Aandeel in productie per regio - gemiddelde tussen 2005-2010



Bron: FAOSTAT, 2012.

In Figuur 4 is de gemiddelde opbrengst in ton per hectare weergegeven voor de vijf landen met de hoogste productie per jaar. Brazilië is niet alleen het land met de hoogste productie, maar ook het land met de hoogste opbrengst per hectare.

Figuur 4 Opbrengst suikerriet in ton per hectare



Bron: FAOSTAT, 2012.

D.3 Kengetallen huidige teelt

Landbouw in Brazilië wordt gekarakteriseerd door grote en kleinere bedrijven. In 1985 was 90% van de bedrijven kleiner dan 100 ha, in totaal besloegen zij 21% van alle landbouwgrond. Kleine bedrijven zijn verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de productie in Brazilië, variërend van 14% van de suikerriet tot 61% van de cacao en of 85% van de cassave. In sommige regio's dragen kleine bedrijven relatief weinig bij.

Dit is het geval voor suikerriet in het Zuidoosten, Noordoosten en in de centraal-westelijke productieregio's (FAO, 2004)¹.

Van alle bedrijven is gebruik van kunstmest en kalkmeststoffen gerapporteerd voor niet meer dan 9,5% in het noorden en 18,2% in het noordoosten. Bodembeschermingsmaatregelen en irrigatie worden weinig toegepast (FAO, 2004).

Het grootste deel (90%) van de suikerriet wordt geproduceerd in de zuidelijkcentrale regio. Het gebied van de Cerrado's is een belangrijk teeltgebied.

De teelt startte in de jaren '70 nadat problemen met de bodemvruchtbaarheid konden worden opgelost. Met het bekalken van de zure bodems in combinatie met een gerichte fosfaatbemesting kon deze regio, voorheen onproductief, worden veranderd in een succesvol landbouwgebied (FAO, 2008)².

¹ FAO, 2004. Fertilizer use by crop in Brazil.

² FAO, 2008. Improving the efficiency of soil and fertilizer phosphorus use in agriculture. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1595e/a1595e03.pdf>.

Suikerriet vraagt redelijk zware tot zware bodems met een pH die varieert tussen de 5,0 en 8,5. Dominante bodems in de Cerrado zijn 'latosols' (Braziliaanse naamstelsel), podsols en zandige bodems. Latosols zijn sterk verweerd en arm, vooral aan fosfaat. Bij deze bodems is het behoud van organische stof cruciaal om de capaciteit van de bodem om nutriënten te binden te kunnen behouden (Bayer et al., 2010).

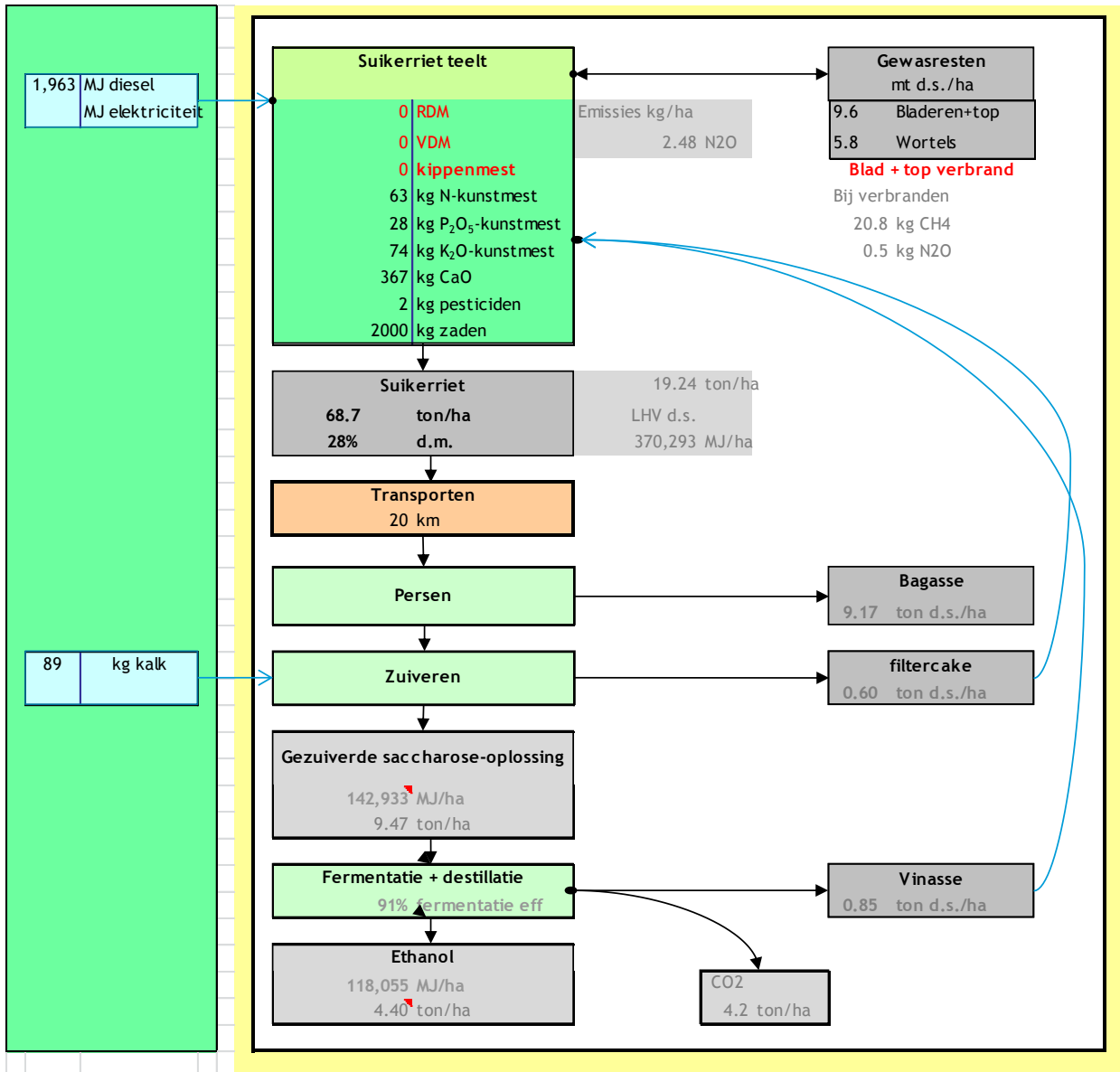
De oogst vindt plaats minimaal 10 en maximaal 24 maanden na planten, veelal gedurende het koele en relatief droge seizoen. Er wordt jaarlijks geoogst gedurende vijf of zes opeenvolgende jaren. Gemiddeld wordt tijdens de oogstperiode, van april tot oktober in de Cerrado, 20% van de suikerriet vervangen door andere gewassen zoals bonen, aardnoten of maïs. deze gewassen worden gedurende één seizoen geteeld om de bodemkwaliteit te verbeteren. Zo'n 80% van de rietvelden wordt gebrand voor de oogst om het handmatig oogsten van de stengels te vergemakkelijken (de randen van de bladeren zijn gemeen scherp), met een aanzienlijke luchtvervuiling tot gevolg. Dit systeem wordt geleidelijk vervangen door een gemechaniseerde oogst.

D.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 5 zijn voor de verschillende schakels in de suikerrietketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven (zoals opgezet in ons Excelmodel).



Figuur 5 Massabalans suikerrietketen zoals beschouwd in deze studie



D.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van suikerriet ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntengift

De stikstofbemesting van suikerriet loopt uiteen van 45 tot 90 kg N/ha. Een waarde van 57 kg wordt gewoonlijk gegeven in het centraal-westelijk (CW) teeltgebied in Brazilië waar de meeste ethanolproductie plaatsvindt. Het in BioGrace genoemde bemestingsniveau ligt hier iets onder (63 kg N/ha). Fosfaatgiften variëren van 30 tot 60 kg P₂O₅/ha; in het CW ligt dit op 60 kg per ha. Giften bij BioGrace (28 kg fosfaat per ha) zijn vrij laag.

Tabel 1 Bemesting gerapporteerd voor suikerriet in Brazilië

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	63	28	0,6 filtercake 26,4 vinasse	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	75 (1)	28 (1)	0,6 filtercake 26,4 vinasse	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	57 (2) 45-90	60 30-60 45	0 0 0	Kunstmest (FAO, 2004) IFA (2012) FAO (2012)
Aanname	57	60	0	

Bron: (1) Volgens diverse Braziliaanse experts (o.a. De Carvalho Macedo - NIPE, Univ. Campinas; Regis Lima Leal - CTC; Azevedo Ramos da Silva - CTC).

(2) Cijfers voor de Centraal-Westelijke productieregio.

De relatief lage kunstmestgiften kunnen mede verklaard worden door het recyclen van de zogenaamde 'mud cake' (filtercake, een bezinksel) en de vinasse uit de ethanolfabriek. Aangenomen wordt verder dat bagasse wordt verbrand en de daarbij overblijvende as niet wordt gerecirculeerd. De top en bladeren worden verondersteld op het veld achter te blijven. In de praktijk wordt een deel van het suikerriet voor de oogst verbrand om top en bladeren juist kwijt te raken.

De gemiddelde nutriënteninhoud van de verschillende productstromen zoals ingeschat op basis van openbare bronnen is weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Gehaltes aan nutriënten in verschillende productstromen

Gehalten	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Vinasse	0,10%	0,0%	0,7%
Filtercake, excl. kalk	1,3%	2,2%	0,3%
Bagasse	0,3%	0,0%	0,2%
Bladeren + top	0,4%	0,1%	0,6%
Wortels	0,4%	0,1%	0,6%

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

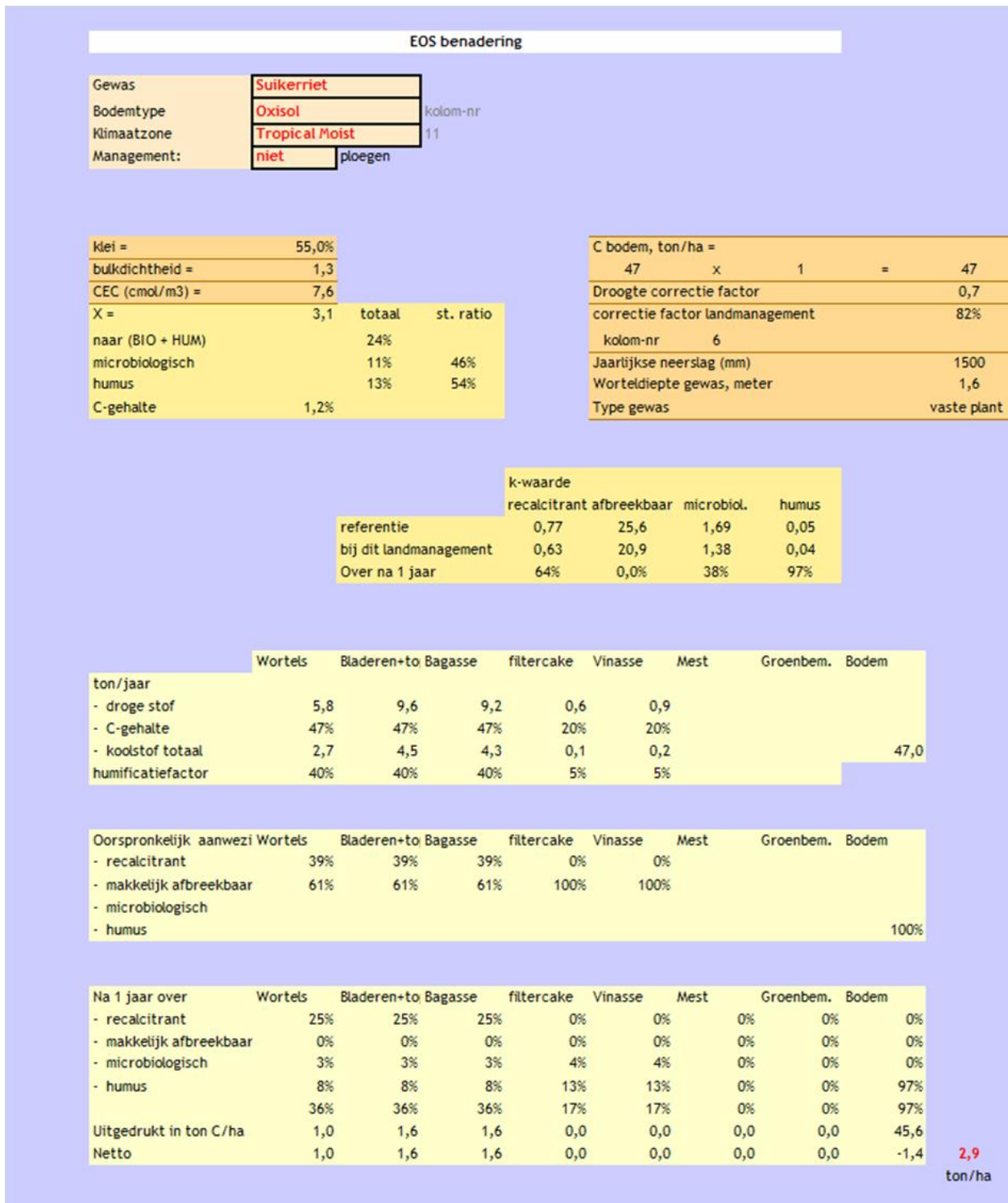
- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof (BOS).

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.



Niet opgenomen in Figuur 6, maar wel beschouwd, is de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus. Zoals geïllustreerd neemt het humusgehalte licht af.

Figuur 6 Berekening netto verandering in humusgehalte bij suikerrietcultuur bij achterlaten van top en bladeren



Bron: CE Delft. Cijfers in onderste tabel in ton/ha.



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van suikerriet is 115 m³/ton groen water en 4 m³/ton blauw water nodig (totaal 69,2 m³/GJ - gealloceerde score).

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor suikerriet is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers; zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 3 Broeikasgasbalans voor suikerriet met verbranden top en bladeren naar ethanol (tussen haakjes: blad en top wordt niet verbrand)

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.771	100%
Diesel in landbouw	164	100%
Vaste teelt-gerelateerde bijdragen	25	100%
Verbranden top en bladeren	680 (0)	100%
Transport	108	100%
Vaste verwerking-gerelateerde bijdragen	92	100%
Nutriëntenconsumptie	489 (272)	100%
N ₂ O-emissies	739	100%
Bodemorganische balans	1,199 (-4.612)	100%
Gealloceerde emissie (totaal)	3.865 (-1.441)	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-10.531	
Netto	-5.264 (-11.972)	
Procentuele reductie	50% (114%)	

Land use change

Bij het berekenen van de impact op land use change dient idealiter te worden gekeken naar 'direct' land use change en naar indirecte effecten. Direct land use change (IFPRI, 2011) betreft de mate waarin (uitbreiding van) de teelt van suikerriet leidt tot vervanging van bestaande vegetaties. In het geval van de Cerrado gaat dit vooral over natuurlijke en semi-natuurlijke graslanden, alsmede andere (akkerbouw)gewassen.



Bij de ontwikkeling van de Cerrado voor o.a. de teelt van suikerriet zijn grotendeels graslanden omgezet. Over de gevolgen van deze omzetting bestaat nog steeds onduidelijkheid. Enerzijds zal het scheuren van grasland ertoe leiden dat de hoeveelheid organische stof die zich in de loop der jaren heeft opgehoopt aan de lucht - en daarmee aan hoge temperaturen, regenval en wind - wordt blootgesteld, hetgeen zal leiden tot een versnelde vertering en hiermee emissie van CO₂. Anderzijds zal een rietgewas ook weer organische stof opslaan.

Indirecte effecten zullen ontstaan wanneer nieuwe percelen met suikerriet andere gewassen vervangen die elders geteeld zullen moeten gaan worden. Gezien de grote hoeveelheden (ongeteeld) land die in de Cerrado aanwezig zijn (geweest) mag worden verwacht dat dit effect voor deze regio beperkt zal blijven.

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van suikerriet een generieke opslag van 13 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag, en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage reductie van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het in de toekomst wellicht moeilijker voor producenten van Braziliaanse riet-ethanol om aan de minimum reductie te kunnen voldoen. Voorlopig mag echter worden verwacht dat aan deze minimumeisen voldaan zal worden.





Bijlage E Soja uit Brazilië

E.1 De keten

Soja wordt binnen het raamwerk van de biobased economy theoretisch geteeld voor de olie. In de praktijk zal dit echter nauwelijks de reden zijn om soja te telen. Circa 60-65% van de opbrengst per eenheid sojaboon bestaat uit de inkomsten voor het sojameel, dat de belangrijkste geteelde eiwitbron voor de veehouderij en ook voor viskwekerijen is (Profundo, 2011). De analyse in deze studie is dan ook enigszins kunstmatig vanuit het perspectief van de biobased economy.

In Brazilië kan soja kan worden geteeld in alle delen van het land, maar een belangrijk deel van de teelt vindt plaats in het Noordwesten.

Sojaverwerkende bedrijven in met name Argentinië en de VS hebben wel ontdekt dat de Europese Unie grif betaald voor plantaardige olie en daaruit geproduceerde biodiesel. De prijzen op de Europese markt zijn - nog³ - zodanig dat het voor deze bedrijven interessanter is de olie voor biodieselproductie aan Europese afnemers te kopen dan te verkopen op de voedselmarkt in Azië. Ook ontwikkelen bedrijven als DOW en Cargill steeds meer chemische producten uit sojaolie en sojameel. In praktijk wordt sojaolie toegepast voor productie van onder meer:

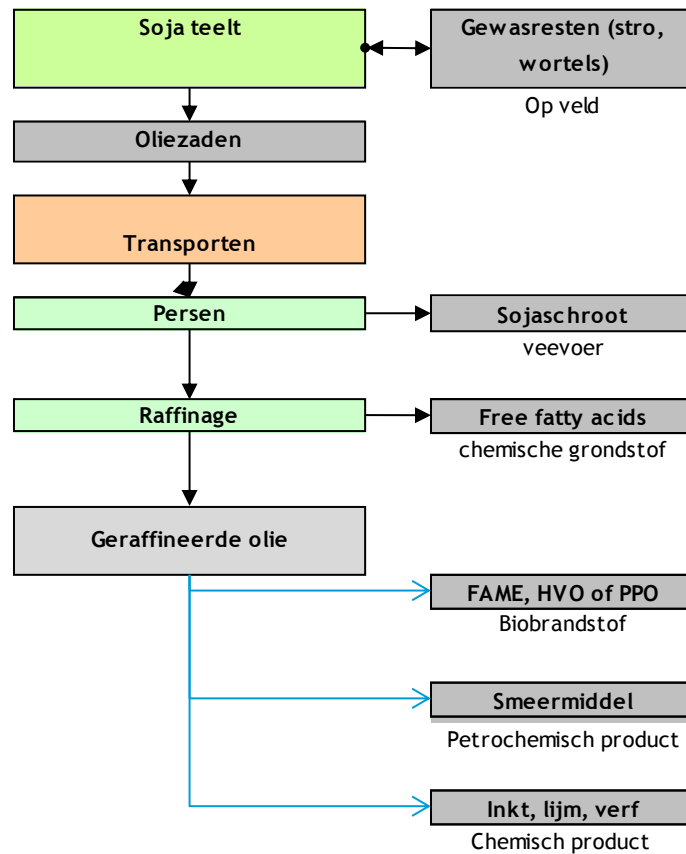
- biodiesel voor wegtransport (bijproduct glycerine);
- HVO;
- smeermiddel (bijproduct glycerine);
- inkten, lijmen, verven;
- PUR-schuim.

De sojaolieketen omvat, ongeacht de uiteindelijke toepassing van de olie, steeds drie schakels, zoals in Figuur 7 weergegeven.

³ Dit verandert mogelijk per 31 december 2013 wanneer de RED wordt aangepast en ILUC-factoren worden ingevoerd. Deze ILUC-factoren zijn zeer hoog voor plantaardige oliën uit geteelde biomassa, waardoor de kans dat dit soort olie voldoet aan de duurzaamheid randvoorwaarden uit de RED klein worden.



Figuur 7 Keten voor sojaolie



E.2 Kenmerken voor sojaonteelt

De meeste sojateelt in Brazilië vindt plaats in het noorden, dicht bij het Amazonegebied, en in het centraal-westelijk deel van het land. Voor de teelt worden leemachtige, löss of zwarte bodems met voldoende vochthoudend vermogen aanbevolen. Lichtere zandachtige bodems zijn bruikbaar mits voldoende water beschikbaar is. De pH is bij voorkeur 6 à 6,5 (Earthscan, 2010). Bodems - oxisols, ultisols - in het centraal-westelijk teeltgebied zijn echter zuur en uitgeloozd, waardoor ze snel uitgeput raken (Schneppf et al., 2001).

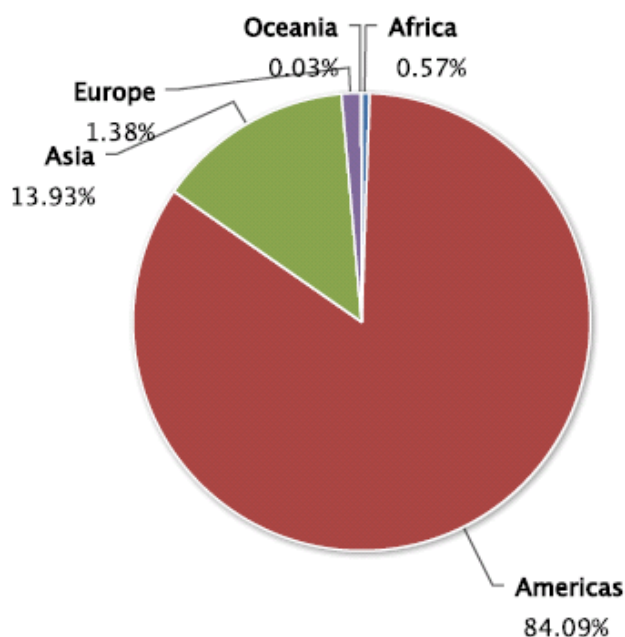
Soja kan geteeld worden in regio's met een gemiddelde temperatuur van 20 tot 30 °C tijdens het teeltseizoen. Vegetatieve groei is onvoldoende bij temperaturen lager dan 10 of hoger dan 40 °C. Gedurende de teelt is 450 tot 800 mm regen nodig. Afrijping en oogst dienen plaats te vinden in relatief droge perioden (Gazonni, 2002).

Sojaproductie is voornamelijk geconcentreerd in de VS, Brazilië, Argentinië en Paraguay. Het productieareal in Zuid-Amerika groeit en blijft in de VS min of meer constant.

De geproduceerde hoeveelheid soja zal - als de Aziatische economie blijft groeien - de komende jaren verder toenemen vanwege de toenemende vleesconsumptie in met name Azië. Wel is er een mogelijkheid dat sojateelt

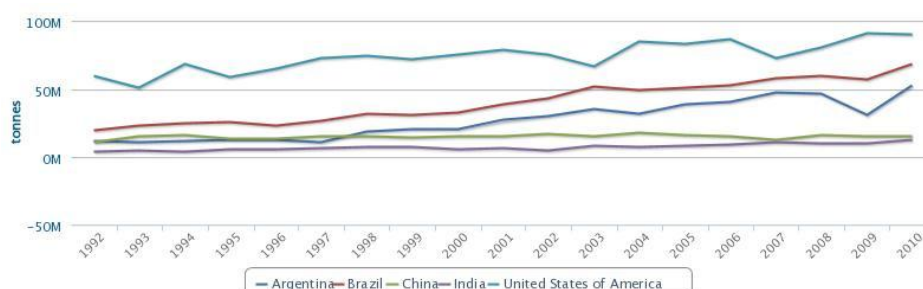
deels verplaatst wordt naar Europa, nu Agrifirm een aantal succesvolle testen met sojavarienten in Nederland heeft uitgevoerd.

Figuur 8 Aandelen per continent in sojaproductie



Bron: FAOSTAT, 2012.

Figuur 9 Ontwikkeling in geproduceerde hoeveelheid sojabonen (megaton/jaar) in de belangrijkste producerende landen



Bron: FAOSTAT, 2012.

E.3 Kengetallen huidige teelt

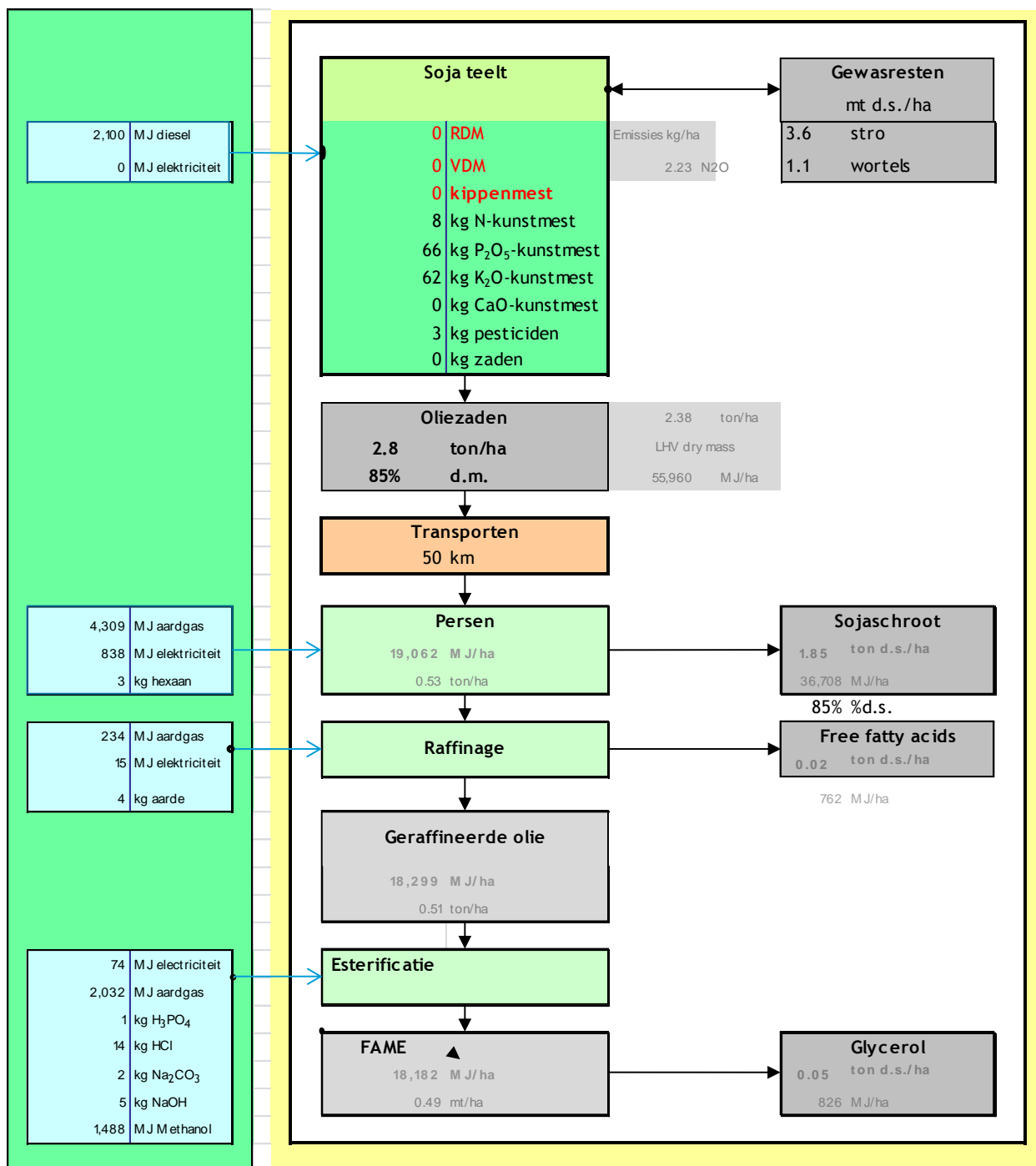
Soja wordt in mono-cropping geteeld of in rotatie met maïs, tarwe of andere gewassen (Flaskerud, 2003). In 2007 teelden 2/3 van de boeren soja in rotatie met maïs (Meyer en Cederberg, 2010). Rotaties zijn iets algemener in de centrale en zuidelijke staten dan in het noorden. Zero tillage-systemen (teelt zonder ploegen) zijn in een snel tempo geadopteerd vanaf de jaren '80, toen problemen met bodemerosie de kop op staken in Brazilië (Goedert, 1983).

E.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 10 zijn voor de verschillende schakels in de sojaketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven, zoals

opgezet in Excel. De verschillende typen cijfers worden in aparte subparagrafen nader toegelicht.

Figuur 10 Stroomschema met massabalans en hulpstoffengebruik voor soja, zoals beschouwd in deze studie



E.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van soja ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Soja in Brazilië ontvangt nauwelijks kunstmest. Gerapporteerde mestgiften liggen tussen de 2 en 8 kg N per ha (FAO, 2004). Fosfaatgiften zouden moeten worden gebaseerd op de resultaten van vruchtbaarheidstesten van de bodem. Laag vruchtbare bodems ontvangen zo'n 50-70 kg P₂O₅/ha (FAO, 2006). Soja reageert goed op aanvullende bemesting met de micro-elementen magnesium en zwavel, afhankelijk van groeicondities en de status van de bodem. In sommige landen (bijvoorbeeld India) worden aanzienlijke hoeveelheden zwavel gegeven. Onder dergelijke omstandigheden kan fosfaat het beste als SSP-meststof worden toegediend (FAO,2006).

Mestgiften in het noordoosten van Brazilië zijn gemiddeld 4 kg N en 39 kg P₂O₅ per ha (FAO, 2004). De door BioGrace genoemde stikstofbemesting is 0; fosfaatgiften (66 kg/ha P₂O₅) zijn redelijk qua hoogte maar lijken niet van toepassing op de noordoostelijke regio.

Tabel 4 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van soja in Brazilië

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	0	66	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	8 (1)	66 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	2 tot 8	36-76 50-70		Kunstmest; FAO (2004) Kunstmest; FAO (2006)
Aanname	4	39	0	Kunstmest

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data uit FAO (2004).

(2) Noordoostelijke productieregio.

De gemiddelde nutriënteninhoud van de verschillende productstromen zoals ingeschat op basis van openbare bronnen is weergegeven in Tabel 5.



Tabel 5 Gehaltes aan nutriënten in verschillende productstromen

Gehalten	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Geraffineerde olie			
Free fatty acids			
Sojaschroot	6,6%	1,5%	1,9%
Stro	0,8%	0,1%	0,7%
Wortels	0,8%	0,1%	0,7%

Bron: Op basis van FAO, 2004.

De resulterende gift compenseert alle verliezen door afvoer in product en door uitspoeling en verdamping.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 11. Zoals geïllustreerd neemt het humusgehalte met circa 1,7 ton C/ha/jaar af.



Figuur 11 Berekening netto verandering in humusgehalte bij sojateelt

EOS benadering									
Gewas	Soja								
Bodentype	Oxisol			kolom-nr					
Klimaatzone	Tropical Moist			11					
Management:	niet ploegen								
klei =	55,0%								
bulkdichtheid =	1,3								
CEC (cmol/m3) =	7,6								
X =	3,1			totaal	st. ratio				
naar (BIO + HUM)				24%					
microbiologisch				11% 46%					
humus				13% 54%					
C-gehalte	0,6%								
C bodem, ton/ha =				47	x	0,48	=	22,56	
Droogte correctie factor				0,7					
correctie factor landmanagement				82%					
kolom-nr				6					
Jaarlijkse neerslag (mm)				1500					
Worteldiepte gewas, meter				0,95					
Type gewas				eenjarig					
				k-waarde					
				recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus		
referentie				0,77	25,6	1,69	0,05		
bij dit landmanagement				0,63	20,92	1,38	0,04		
Over na 1 jaar				64%	0,0%	38%	97%		
Free fatty									
	wortels	stro	0	0 acids	Mest	Groenbem.	Bodem		
ton/jaar									
- droge stof	1,1	3,6	0,0	0,0	0,0				
- C-gehalte	47%	47%	47%	20%	20%				
- koolstof totaal	0,5	1,7	0,0	0,0	0,0	22,6			
humificatiefactor	35%	31%	40%	5%	5%				
Free fatty									
Oorspronkelijk aanwezig	wortels	stro	0	0 acids	Mest	Groenbem.	Bodem		
- recalcitrant	32%	26%	39%	0%	0%				
- makkelijk afbreekbaar	68%	74%	61%	100%	100%				
- microbiologisch									
- humus	100%								
Free fatty									
Na 1 jaar over	wortels	stro	0	0 acids	Mest	Groenbem.	Bodem		
- recalcitrant	21%	17%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch	3%	3%	3%	4%	4%	0%	0%	0%	0%
- humus	9%	10%	8%	13%	13%	0%	0%	0%	97%
	33%	30%	36%	17%	17%	0%	0%	0%	97%
Uitgedrukt in ton C/ha	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,9
Netto	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7
0,03 ton/ha									



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van soja is 1.994 m³/ton (99,2 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor soja is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 6 Broeikasgasbalans voor sojateelt voor sojaolie

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.018	32%
Diesel in landbouw	176	32%
Transport	11	32%
Nutriëntenconsumptie	180	32%
N ₂ O-emissies	663	32%
Bodemorganische balans	-92	32%
Olie-extractie	402	32%
Raffinage	19	92%
Esterificatie	315	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	1.078	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-1.649	
Netto	-572	
Procentuele reductie	35%	

Land use change

De teelt van soja vindt plaats in een dynamisch gebied dat relatief dicht tegen de Amazone aanligt. In deze regio vindt een verschuiving plaats van landgebruik, mede onder druk van ontbossing (die vaak gevolgd wordt door ingebruikname van het vrijgekomen land door veeboeren). Maar ook de sterke uitbreiding van de teelt van soja zal hierbij een rol spelen. De bodems in deze regio zijn kwetsbaar. Verlies van (grote delen van) de bodemorganische stof kan hun geschiktheid voor commerciële teelten sterk aantasten.

Als gevolg van deze ontwikkelingen moet worden verwacht dat de teelt van soja in Brazilië, mede voor de productie van de sojaolie voor de biodiesel, zal leiden tot wijzigingen in landgebruik. De emissies van CO₂ die hierdoor zullen ontstaan dienen te worden meegenomen bij het berekenen van een broeikasgasbalans.



In een recente verordening (Ifpri, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van sojaolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq. /MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage reductie van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het zeer moeilijk voor producenten van biodiesel om aan de minimum reductie te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van soja sterk zal bemoeilijken.

De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.





Bijlage F Maïs uit de VS

F.1 Locatie, belang van de keten

Maïs is één van de belangrijkste akkergewassen van de Verenigde Staten en wordt van oudsher vooral geteeld vanwege toepassingen als veevoer. Met de export van maïs en van het hiermee gevoerde (rund)vee speelde dit gewas een belangrijke rol in de ontwikkeling van de grootschalige landbouw in dit land.

F.2 Type gewas, bodemeisen

Maïs (Zea Mays) komt van oorsprong uit de Andes-regio van Centraal-Amerika. Het is één van 's werelds belangrijkste granen zowel voor menselijke als voor dierlijke consumptie. Mondiaal ligt de productie op 594 miljoen ton graan geteeld op zo'n 139 miljoen hectare (FAOSTAT, 2000). Maïs wordt geteeld in diverse klimaatzones. Een succesvolle teelt hangt samen met de keuze voor de juiste variëteit voor de betreffende regio (IFPRI, 2011; FAO, 2012⁴).

Maïs kan geteeld worden op de meeste bodemtypen, maar is minder geschikt voor zeer zware kleigrond en zeer zandige profielen. Bodems zijn idealiter goed doorlucht en goed gedraineerd vanwege de gevoeligheid van het gewas voor waterlogging.

F.3 Kengetallen huidige teelt

Maïs is met soja het belangrijkste gewas van de VS. Het wordt meestal in een 1:2 rotatie met een stikstofbindend gewas geteeld, vaak alfalfa in koelere gebieden en soja in regio's met lange zomers. Soms wordt een derde gewas (wintertarwe) toegevoegd aan de rotatie (Wikipedia, 2012)⁵. In het mid-westen worden meestal low-till- of no-till-technieken toegepast. Low-till houdt in dat velden één maal, of misschien twee maal, worden bewerkt (voor het planten of direct na de oogst van het voorgaande gewas), waarna ze worden beplant en bemest. Met deze techniek wordt verdamping van water beperkt.

F.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

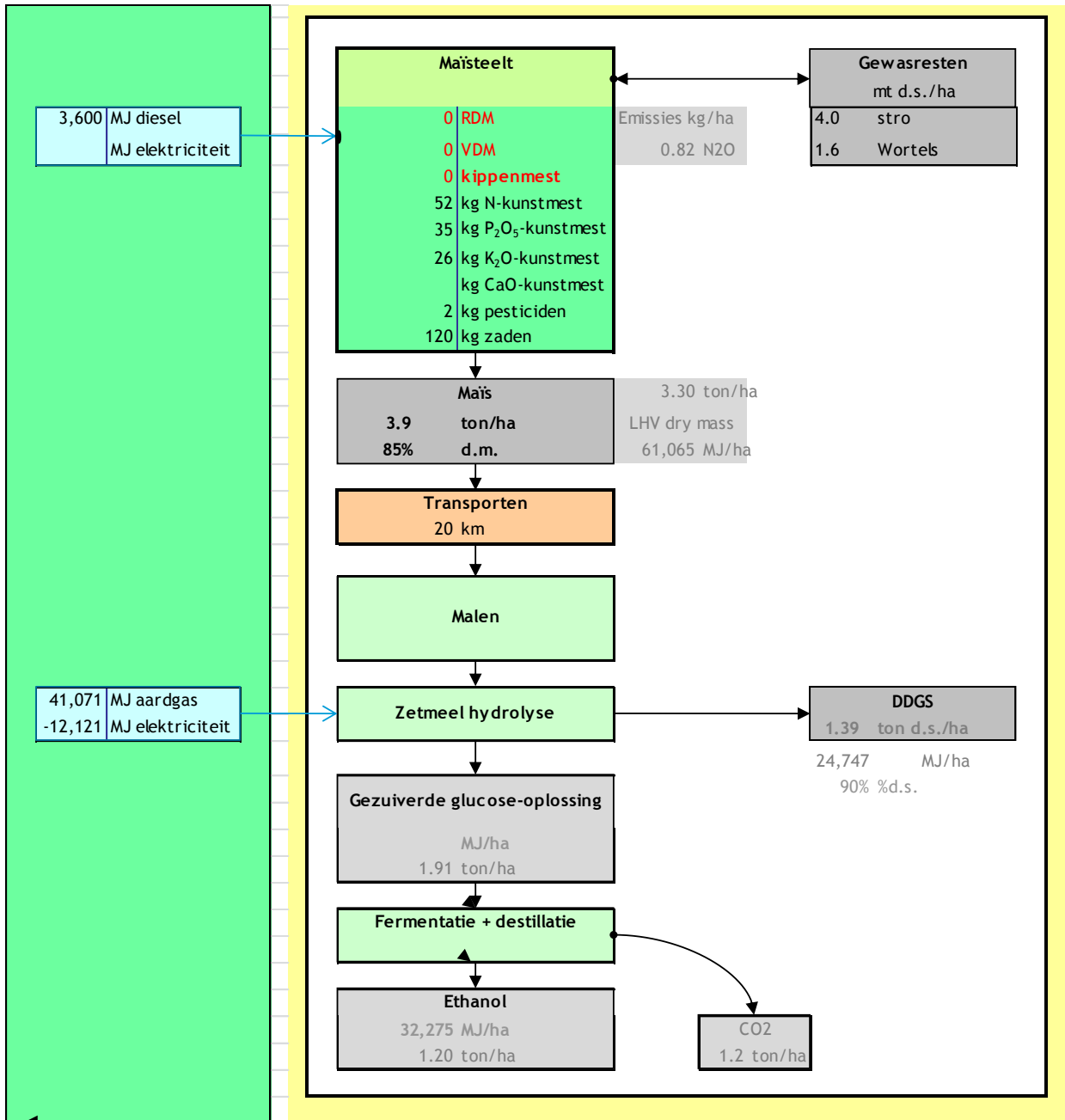
In Figuur 12 is het stroomschema en de massabalans voor de maïsketen weergegeven.

⁴ http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html.

⁵ <http://en.wikipedia.org/wiki/Maize>. Bezocht op 25 november 2012.



Figuur 12 Stroomschema en massabalans van de maïs keten, zoals beschouwd in deze studie



F.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van maïs ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Maïs vraagt een relatief hoge bemesting. Voor hoogproductieve variëteiten loopt de stikstofgift op tot zo'n 200 kg N, en de fosfaatgift tot 114 tot 183 kg P₂O₅ per ha (FAO, 2012). De gemiddelde kunstmestgift in het oostelijke deel van de Corn Belt ligt op 170 kg N/ha, 84 kg P₂O₅/ha en 78 kg K₂O/ha. In het westelijke deel ligt dit iets lager (145 kg N/ha, 54 kg P₂O₅/ha, 56 kg K₂O/ha). Boeren in het noordoosten van de VS gebruiken iets (5-10 %) minder kunstmest dan boeren in het oosten van de Corn Belt. Dit is te verklaren door de lagere opbrengstverwachting en de grotere beschikbaarheid van dierlijke mest. In het zuidoosten wordt naar verhouding iets meer kunstmest gebruikt dan in de Corn Belt vanwege de relatief iets minder vruchtbare bodems (IFA, 2012).

In dit rapport concentreren we ons op Iowa. Hier liggen kunstmestgiftten gemiddeld op 170 kg stikstof- en 84 kg fosfaatkunstmest per ha. In vergelijking hiermee zijn de cijfers die door BioGrace en JEC worden gerapporteerd (52 en 35 kg/ha, respectievelijk) verrassend laag. Dit is een aanwijzing dat hier mogelijk is gecompenseerd voor een aanvullende bemesting met dierlijke mest. Deze mestgiftten worden echter niet in de modellen in BioGrace opgenomen.

Tabel 7 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van maïs in de VS

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke, plantaardige mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	52	35	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	g.g.	g.g.	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
EBAMM model	150			
Literatuur	145-170	54-84	(1)	IFA (2012) Ribaud (2010)
Aanname	170	84	0	

g.g.: Geen gegevens.

(1) 10% van de percelen krijgt dierlijke mest.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 13.



Figuur 13 Berekening netto verandering in humusgehalte bij maïsteelt

EOS benadering									
Gewas	Maïs								
Bodemtype	Mollisol		kolom-nr						
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5						
Management:	niet ploegen								
klei =	21,0%								
bulkdichtheid =	1,5								
CEC (cmol/m3) =	27,3								
X =	3,6	totaal	st. ratio						
naar (BIO + HUM)		22%							
microbiologisch		10%	46%						
humus		12%	54%						
C-gehalte	1,5%								
C bodem, ton/ha =			95	x	0,69	=	65,55		
Droogte correctie factor			0,7						
correctie factor landmanagement			87%						
kolom-nr			6						
Jaarlijkse neerslag (mm)			900						
Worteldiepte gewas, meter			1,35						
Type gewas			eenjarig						
k-waarde									
	recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus					
referentie	0,38	12,7	0,84	0,03					
bij dit landmanagement	0,33	11,0	0,73	0,02					
Over na 1 jaar	79%	0,0%	60%	98%					
ton/jaar									
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem		
- droge stof	1,6	4,0	0,0	0,0					
- C-gehalte	47%	47%	47%	20%					
- koolstof totaal	0,8	1,9	0,0	0,0	65,6				
humificatiefactor	35%	31%	40%	5%					
Oorspronkelijk aanwezig									
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem		
- recalcitrant	32%	26%	39%	0%					
- makkelijk afbreekbaar	68%	74%	61%	100%					
- microbiologisch									
- humus									100%
Na 1 jaar over									
	Wortels	stro	0	0 DDGS	Mest	Groenbem.	Bodem		
- recalcitrant	25%	21%	31%	0%	0%	0%	0%	0%	
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
- microbiologisch	4%	4%	4%	6%	0%	0%	0%	0%	
- humus	8%	9%	7%	12%	0%	0%	98%	98%	
	38%	34%	42%	18%	0%	0%	98%	98%	
Uitgedrukt in ton C/ha	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	64,5		
Netto	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	-0,08	ton/ha

Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van maïs is 553 m³/ton groen water en 2 m³/ton blauw water nodig (totaal: 54,2 m³/GJ - gealloceerde score).



Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor maïs is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 8 Broeikasgasbalans van maïs voor ethanol

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	1.018	32%
Diesel in landbouw	176	32%
Transport	11	32%
Nutriëntenconsumptie	180	32%
N ₂ O-emissies	663	32%
Bodemorganische balans	-92	32%
Olie-extractie	402	32%
Raffinage	19	92%
Esterificatie	315	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	1.078	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-1.649	
Netto	-572	
Procentuele reductie	35%	

Land use change

De sterke uitbreiding van de productie van ethanol op basis van zetmeel uit maïs in de VS heeft geleid tot een hevig debat over ongewenste neven-effecten. In diverse spraakmakende studies heeft men berekeningen gepresenteerd over de te verwachten wijzigingen in (indirect) landgebruik en de gevolgen hiervan voor het vrijkomen van koolstof uit de bodem. Belangrijke studies op dit gebied zijn o.a. die van Searchinger et al. (2008), en van Fargione et al. (2010). Mede naar aanleiding van deze studies en het hierop volgende debat, is een groot aantal rapporten geschreven over dit onderwerp (o.a. IFPRI 2011; CE, 2010).

Bij het vaststellen van de hoeveelheid land waarvan het gebruik is gewijzigd dient een aantal factoren te worden meegenomen. Dit is in de praktijk vaak niet of onvoldoende het geval geweest. Dit zijn onder andere: de opbrengststijgingen die bij maïs hebben plaatsgevonden over de afgelopen jaren, verbeteringen in de conversie efficiëntie (omzetting van zetmeel naar ethanol), intensivering van landgebruik (vaker oogsten van eenzelfde stuk land), gebruik van bijproducten (DDGS) en wijzigingen in in- en uitvoerstromen van maïs.



Het voert te ver om hier alle delen van de (wijzigingen in de) landbalans van de Verenigde Staten te beschrijven zoals deze de afgelopen jaren onder invloed van het biobrandstoffenbeleid hebben plaatsgevonden. In de bijlage over tarwe-ethanol wordt een beperkt overzicht gegeven van factoren die mede een rol spelen bij wijzigingen in landgebruik in de EU (onder invloed van de toenemende productie van ethanol uit tarwe in deze regio).

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van zetmeelgewassen (zoals maïs) een generieke opslag van 12 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute. Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van maïs zal bemoeilijken. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage G Tarwe uit Europa

Tarwe (*Triticum aestivum* L.) is het dominante landbouwgewas in Europa. Het speelt een essentiële rol in de voorziening van voedsel en, in mindere mate, veevoer. Tarwe speelt ook een dominante rol in de productie van biobrandstoffen in Europa. Recent zijn initiatieven gestart om de productie van biobased chemicaliën op praktijkschaal te ontwikkelen (DSM, Rocquette in Frankrijk).

G.1 Locatie, belang van de keten

Tarwe is het belangrijkste voedselgewas in Europa. Jaarlijks wordt ongeveer 56 miljoen hectare geoogst, waarmee het 20% van het akkerland in Europa bedekt (FAO, 2012). Belang van dit gewas is in de loop van de 20^e eeuw afgenomen. Recent lijkt het areaal echter weer toe te nemen. Productie ligt rond 180 miljoen ton (in 2000; FAO, 2012).

Belangrijke productiegebieden liggen in de Russische Federatie en Oekraïne, met respectievelijk 22 en 6 miljoen hectare. Andere belangrijke producenten zijn Frankrijk (5 miljoen hectare) en Duitsland (3 miljoen hectare) alsmede Polen, Roemenië, het Verenigd Koninkrijk en Spanje (FAO, 2012).

Tarwe wordt gewoonlijk in rotatie geteeld met peulvruchten, andere granen en voedergewassen (o.a. alfalfa). Rotaties in Centraal- en West-Europa kunnen ook industriegewassen als aardappel en suikerbieten omvatten (Mudgal et al., 2010).

Opbrengsten van tarwe zijn door de jaren heen sterk gestegen. In de laatste twee decennia van de 20^{ste} eeuw laten een jaarlijkse toename zien van 3,4%. Opbrengstgroei is sinds 2000 afgenomen tot 1,3% per jaar. De sterkste toename is gerapporteerd in voormalige Russische republieken (FAOSTAT, 2012).

G.2 Type gewas, bodemeisen

Tarwe is een graangewas van het C3-type. Het kan worden geteeld op bijna elk bodemtype. Goede opbrengsten vragen echter een vruchtbare bodem met een goede structuur en een poreuze ondergrond voor de diepe wortels. De optimale bodem is licht zuur tot neutraal, maar tarwe kan ook succesvol worden geteeld op kalkachtige bodems onder irrigatie. Waterbeschikbaarheid mag niet beperkend zijn en regenval dient goed te zijn verdeeld (FAO, 2006).

Tarwe is gevoelig voor ziekten en plagen. Belangrijkste schadeposten zijn schimmelziekten. Gemiddeld wordt in het Verenigd Koninkrijk 3,5 kg agrochemicaliën per ha gegeven (AEA, 2010). Door koele en vochtige omstandigheden in het noorden van Europa is tarwe hier extra gevoelig voor ziekten, wat een grotere toepassing van fungiciden noodzakelijk maakt (Minnesota Association et al., 2003).



G.3 Kengetallen huidige teelt

Sinds de introductie van kunstmest en agrochemicaliën hebben boeren meer vrijheid om af te wijken van de traditionele vruchtwisseling. Rotaties met tarwe zijn nu vaak 3- tot 4-jarig. Monoculturen komen voor in Noord- en Zuid-Europa; 2-jarige rotaties worden gemeld in het Middellandse Zeegebied. Langjarige (5- tot 8-jarig) komen voor in belangrijke landbouwgebieden van Frankrijk en Polen (Mudgal et al., 2010).

Tarwe wordt op een groot aantal bodems geteeld met uitzondering van zeer lichte zandgronden of veenbodems mits er voldoende nutriënten en water voorhanden zijn (IFA, 2012), maar de beste resultaten worden bereikt op vruchtbare bodems (Earthscan, 2010) met een goede structuur en poreuze ondergrond voor diepe beworteling. De ideale bodem is licht zuur of neutraal (FAO, 2006).

Tarwe heeft normaal tussen de 110 en 130 dagen nodig tussen het zaaien en oogsten, afhankelijk van zaadtype en bodemcondities. Wintertarwe dient vroeg genoeg gezaaid te worden om ten minste twee blaadjes te produceren voordat de groei stopt. Oogst in Europa vindt plaats in de periode juni (zuidelijke landen) tot september (noorden) (Earthscan 2010; Natural History of Wheat, 2012).

Gebruik van kunstmest in het westen en noorden van Europa heeft over de laatste decennia een daling laten zien onder invloed van een steeds strengere milieuwetgeving. In Duitsland ontvangt tarwe gemiddeld 60 kg N, 60 kg P₂O₅ en 120 kg K₂O. Op een zeer arme bodem kan dit oplopen tot het dubbele (respectievelijk 120, 120 en 240 kg). Rijke bodems behoeven weinig tot geen bemesting (bijv. 30, 30 en 60 kg, respectievelijk) (IFA, 2012). Naast kunstmest ontvangt het gewas vaak ook nog dierlijke mest. Volgens Isherwood (jaar onbekend) ligt de totale N-gift in West-Europa tussen de 80 en 180 kg N /ha. Gemiddeld wordt 140 kg N gegeven.

In Centraal- en Oost-Europa zijn kunstmestgiften dramatisch gedaald na de val van de Berlijnse muur. In latere jaren zijn ze gestegen maar vaak liggen ze nog steeds onder het niveau van voor de jaren 90. Kunstmestgiften voor tarwe in Polen liggen op 65 kg N, 23 kg P₂O₅ en 29 kg K₂O (1999-2000). Toepassingen in de Oekraïne liggen nog lager (FAO, 2006).

De opbrengst van tarwe ligt in de EU gemiddeld op 5,3 ton per ha. De voortschrijdende driejarige gemiddelde opbrengst ligt op 5,1 ton/ha (FAOSTAT, 2012). Er zijn binnen de EU en binnen Europa wel grote verschillen. De hoogste opbrengsten worden gerapporteerd in het noordwesten. Volgens HGCA (2010), wordt in het Verenigd Koninkrijk bij de productie van tarwe voor biobrandstoffen gemiddeld 7,5 ton/ha gerealiseerd. In het oosten realiseert men aanzienlijk lagere opbrengsten.

G.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

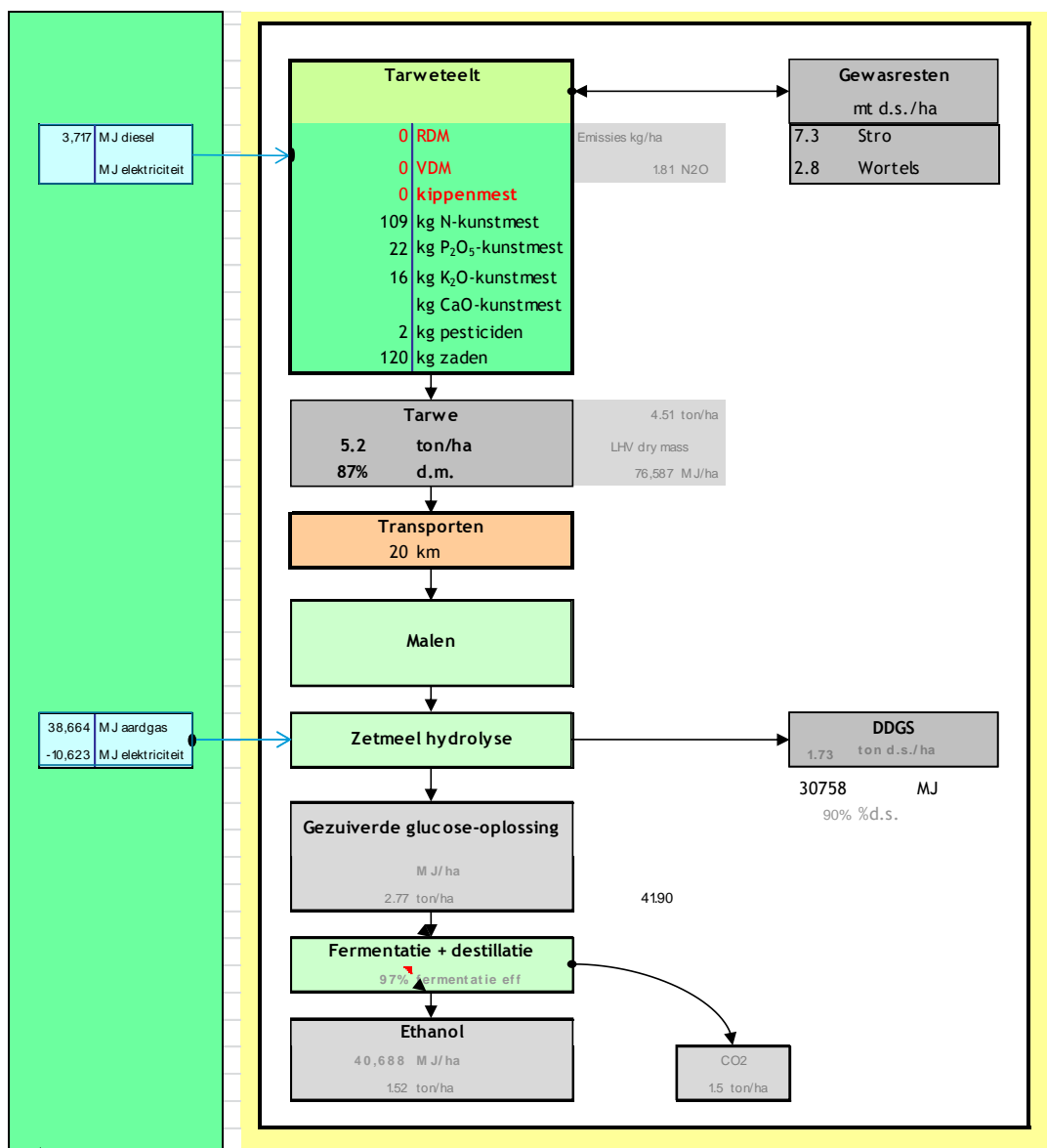
Ethanolproductie in Europa is grotendeels gebaseerd op het gebruik van granen als grondstof. Slechts 16% wordt gemaakt van suikerbieten; 4% komt van andere gewassen (Internet bron 1g). Tarwe is de belangrijkste grondstof (Internet bron 2). De mondiale productie van ethanol wordt gedomineerd door de EU. Totale productiecapaciteit in de EU is 7 miljard liter per jaar, met een verdere 1 miljard liter in aanbouw (Internet bron 1f). De capaciteit wordt niet erg intensief gebruikt, jaarlijkse ethanolproductie in 2009 (meest recente jaar



waarvoor data beschikbaar zijn) ligt op 3,7 miljard liter. De productie groeit echter wel; in 2009 was de toename 32% (Internet bron 1f). Frankrijk en Duitsland zijn de grootste producenten met respectievelijk 1,8 en 1,2 miljard liter, respectievelijk, gevolgd door Spanje (560 miljoen liter), Nederland (515 miljoen liter), België en het Verenigd Koninkrijk.

Ethanolproductie vindt grotendeels plaats uit wintertarwe. Tarwevariëteiten die geschikt zijn voor de productie van ethanol zijn hoog in zetmeel en laag in eiwit. Zachte variëteiten hebben de voorkeur, omdat ze een hoge alcohol-opbrengst hebben en weinig problemen kennen in de verwerking. De beste variëteiten hebben bovendien een goede weerstand tegen ziekten (HGCA, 2010).

Figuur 14 Ketenschema tarweteelt, zoals beschouwd in dit project



Opbrengsten volgens het BioGrace-model zijn 5,1 ton graan per hectare. Dit vertegenwoordigt een energie-inhoud van 76 GJ, dat wordt omgezet naar ethanol met een efficiëntie van 53,7%.



G.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van tarwe ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

De stikstofbehoefte van tarwe is sterk afhankelijk van bodemkwaliteit en weerscondities. De International Fertilizer Association (IFA) rapporteert kunstmestgiften variërend van 30 kg N/ha voor goede bodems tot 120 kg voor arme bodems. Giften in het Verenigd Koninkrijk lopen echter op tot 200 kg N/ha (HGCA, 2010). Verwacht mag worden dat kunstmestgiften rond de 130 kg N per ha zullen liggen. Waarden die door BioGrace en JEC gegeven liggen hier iets onder, op 109 kg.

Gegevens over toepassingen van dierlijke mest in tarwe zijn schaars. Data van een onderzoeksproject in Nederland (Telen met Toekomst) suggereren dat de gemiddelde stikstofgiften uit dierlijke mest rond de 100 kg N/ha liggen op kleigronden in het westen van het land en 150 kg N/ha op zandgronden in het zuiden. In de praktijk wordt dierlijke mest echter niet altijd voor tarwe toegediend.

Fosfaatgiften uit kunstmest variëren van 30 tot 120 kg P₂O₅/ha afhankelijk van opbrengstverwachting en bodemkwaliteit. Kunstmestgiften liggen gemiddeld rond de 60 kg/ha maar zowel BioGrace als JEC rapporteren aanzienlijk lagere toedieningsniveaus (22 kg P₂O₅/ha). Zij beroepen zich hierbij op data van de European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, data uit 2008). Deze gegevens hebben we niet kunnen vinden.



Tabel 9 Bemesting gerapporteerd voor tarweteelt in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (kg N/ha)	Bron
BioGrace	109			Versie 4b; www.biograce.net
JEC	109 (1)			
Literatuur	110 (2) 110-166 (3) 93 (3) 30-200 80-185	30-120 g.g.	0 93	Kunstmest, proefbedrijf Kunstmest, NUTS2-rapport Dierlijke mest, NUTS2-rapport NL IFA (2012), HGCA (2010) Isherwood (jr onbekend)
Aanname	130	60	g.g.	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Volgens de European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, 2008).

(2) Totale gift berekend als 110 kg N minus de minerale stikstof in het bodemprofiel bij het begin van het groeiseizoen. Data voor triticale (Langeveld et al.; 2004)⁶.

(3) Stikstof kunstmest zoals gerapporteerd in NUTS2-rapporten ingediend bij de Europese Commissie door Nederland, Zweden, Denemarken, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen en Frankrijk. Nederland is het enige land dat melding maakt van dierlijke mestgiften (WUR, 2010)⁷.

Bij de afvoer van tarwe wordt een aanzienlijke hoeveelheid nutriënten van het land afgevoerd. Wij berekenden een balans voor een typische teeltsituatie in Europa. Uitgaande van een gemiddelde opbrengst van 5,1 ton/ha, en een gemiddelde bemesting met 120 kg N, 60 kg P₂O₅ en 60 kg K₂O is het nutriëntenoverschot respectievelijk 20, 30 en 20 kg per ha. Hiermee blijft een zesde deel van de stikstof, de helft van de fosfaat en een derde van de aangevoerde kali op het veld achter.

De situatie verandert echter als ook het stro wordt afgevoerd. Bij een Harvest Index van 0,5 is de afvoer van stro even groot (in gewicht) als die van het graan. Met het stro wordt nu respectievelijk 58 kg N, 18 kg P₂O₅ en maar liefst 146 kg K₂O afgevoerd. Het verschil tussen aan- en afvoer is nu -22 kg voor N, 18 kg voor P₂O₅ en -126 kg voor K₂O. Hiermee wordt de (natuurlijke) vruchtbaarheid van de bodem dus bedreigd. Met name voor kalium ontstaat hier een ongewenste situatie.

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- eventuele teelt van een vanggewas;
- vertering van de bodemorganische stof.

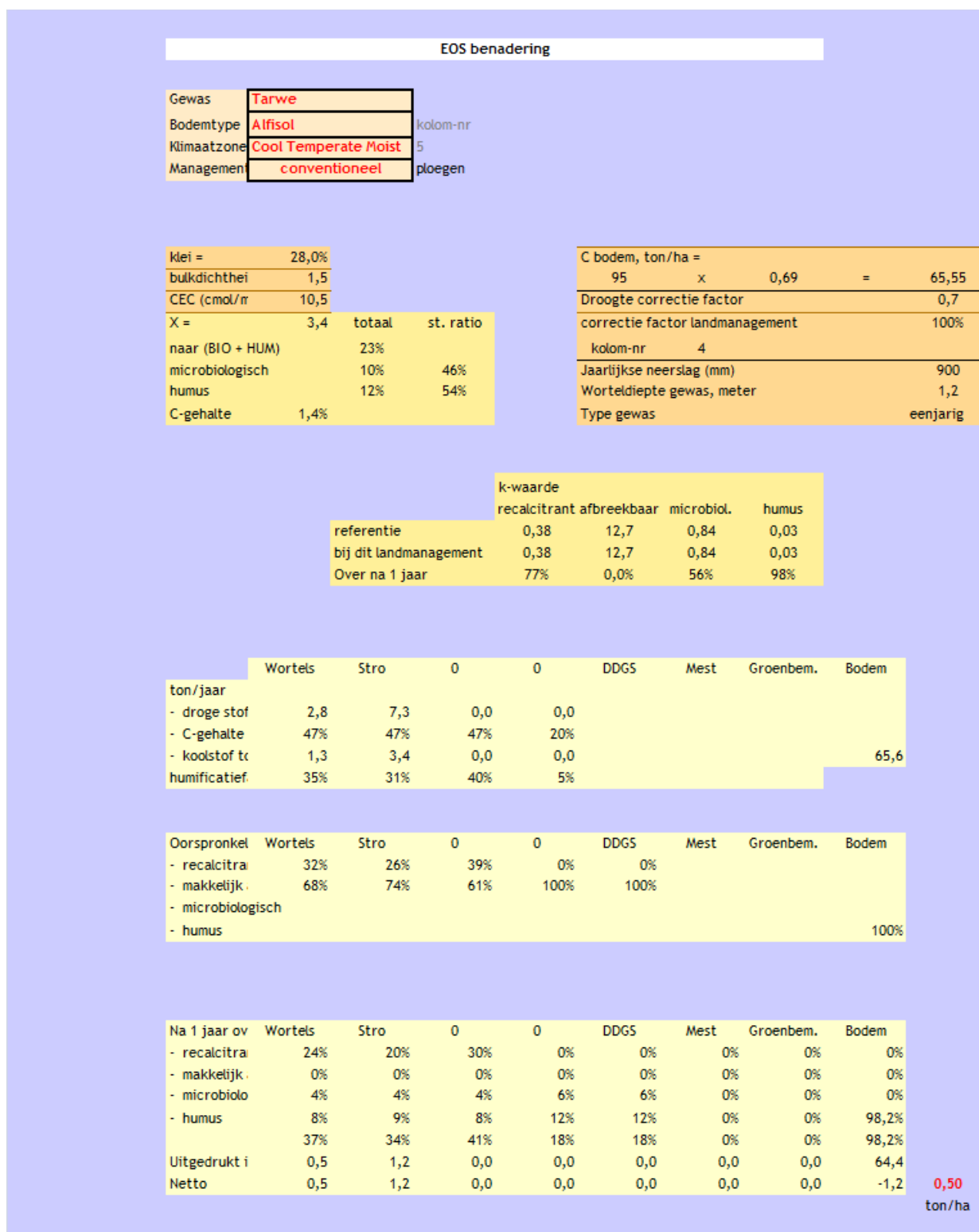
Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

⁶ J.W.A. Langeveld, A.L. Smit, J.J. de Haan (eds.), 2004. Kernbedrijf Vredepeel, resultaten eerste fase. Telen met toekomst rapport OV0411. Wageningen, Plant Research International.

⁷ Corré, W.J., J.G. Conijn and J.W.A. Langeveld, 2011. Analysis of renewable energy directive NUTS2-reports on the greenhouse gas emissions from the cultivation of crops. Wageningen, Plant Research International.



Figuur 15 Aan- en afvoer van organische stof, stro blijft achter



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van tarwe is 539 m³/ton (56,1 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor tarwe is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 10 Broeikasgasbalans van tarwe naar ethanol

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	570	57%
Diesel in landbouw	311	57%
Transport	8	75%
Nutriëntenconsumptie	704	57%
N ₂ O-emissies	539	57%
Bodemorganische balans	-1.834	57%
Vaste bijdragen teelt	59	57%
Energiegebruik ethanolproductie	1.266	57%
Gealloceerde emissie (totaal)	924	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-3.629	
Netto	-2.705	
Procentuele reductie	75%	

Land use change

In 2010 werd in Europa 4,1 miljoen ton tarwe omgezet in ethanol (Internet bron 2). Dit is slechts een zeer klein deel (1.8%) van de totale tarweproductie in dit continent. In de nabije toekomst wordt verwacht dat het gebruik van tarwe voor biobased toepassingen zal toenemen. Voor 2020 wordt een verdrievoudiging voorzien tot 13 miljoen ton tarwe (en 7 miljoen ton maïs, Internet bron 2) maar ook dit zou nog niet meer zijn dan 5% van de totale tarweproductie in Europa⁸.

Tarwe wordt normaal geteeld in een rotatie. Uitbreiding van de teelt zal dus gevolgen hebben voor andere gewassen in de rotatie, en kan mogelijk leiden tot uitbreiding van het geteelde areaal in Europa. Gewassen die onder deze uitbreiding kunnen leiden zijn andere granen (rogge, gerst), en voeder-
gewassen.

⁸ Berekening van de auteurs, gebaseerd op een extrapolatie van gemiddelde jaarlijkse productietoename sinds 2000.



In theorie kan het ook ten koste gaan van industriegewassen als aardappel en suikerbiet, maar de hoge saldi van deze gewassen zullen maken dat hun rol in de rotatie in ieder geval op korte termijn gehandhaafd kan blijven.

Er is in Europa ruimte voor uitbreiding van het akkerbouw areaal. Hoewel slechts 20% van de grond geclassificeerd wordt als landbouwgrond wordt niet meer dan 60% hiervan gebruikt voor de teelt van gewassen. De rest bestaat uit permanent grasland en meerjarige gewassen (FAOSTAT, 2012). Landbouwgrond wordt verder niet erg intensief bebouwd. Volgens Siebert et al. (2010), bevindt zich in Europa 73 miljoen hectare braakland. De 'cropping intensity' varieert tussen de 0,93 in West-Europa en 0,72 in het oostelijk deel van het continent.

Een geringe verhoging van de 'cropping intensity' kan relatief veel ruimte creëren voor teeltuitbreiding.

Onduidelijk blijft hoeveel land use change verwacht moet worden, en welke gevolgen dit zal hebben voor de emissies die hieraan moeten worden toegeschreven. BioGrace doet geen uitspraken over te verwachten (emissies uit) indirect land use change.

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van zetmeelgewassen (zoals tarwe) een generieke opslag van 12 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag, en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het een stuk moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van tarwe aanzienlijk zal bemoeilijken. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage H Suikerbiet Europa

Suikerbieten worden geteeld in gematigde gebieden, vooral in Europa en Amerika maar plaatselijk ook in Azië en Latijns-Amerika. Perspectieven voor biobrandstoffen zijn vooral te vinden in Europa, waar boeren geconfronteerd worden met dalende prijzen. Op termijn kunnen bieten ook een platform vormen voor biobased producten, bijvoorbeeld voor biopolymeren of voor grondstoffen voor de chemische industrie.

H.1 Locatie, belang van de keten

Suikerbiet (*Beta vulgaris* L.) is een tweejarig wortelgewas dat in gematigde streken geteeld wordt voor de industriële productie van geraffineerde suiker. De teelt van is geïntegreerd in bestaande rotaties en bedrijfssystemen van Europa. Voor de levering aan suikerfabrieken zijn quota vastgesteld tegen overproductie van bietsuiker. Omdat bieten op de wereldmarkt nauwelijks kunnen concurreren met het veel goedkopere rietsuiker heeft de EU marktbeperkingen ingesteld. Recent is een herstructurering van deze beperkingen ingezet. Deze moet in de toekomst leiden tot meer vrije concurrentie op de suikermarkt. Mede onder druk van deze deregulering wordt momenteel gezocht naar alternatieve markten. Alcohol, bijgemengd in transportbrandstoffen, is hier een voorbeeld van.

H.2 Type gewas, bodemeisen

De suikerbiet is een C3-gewas dat mede door zijn late oogstdatum (oktober-november in Europa) zeer hoge opbrengsten realiseert. Het vraagt een goed gedraineerde, vruchtbare bodem. De bodem dient voldoende waterhoudend vermogen te hebben, maar suikerbiet kan ook worden geteeld op (zandige) bodems die minder water vast kunnen houden, mits voorzien van voldoende meststoffen en onder toediening van water gedurende de warme zomermaanden.

Doordat bieten reeds in het eerste jaar geoogst worden ontstaat er geen stengel of bloeiwijze. Mede hierdoor ligt de Harvest Index zeer hoog en hebben gewasresten (wortelrest - staart - en bietenkop inclusief blad) nauwelijks verharde delen (lignocellulose, lignine).

H.3 Kengetallen huidige teelt

De zaaidatum is cruciaal. Bieten worden gezaaid eind maart of begin april. Vroeg zaaien geeft hogere opbrengsten maar kan leiden tot een hoger percentage schieters (bloeiwijzen vormende planten). Jonge planten zijn gevoelig voor onkruiden en plagen. De belangrijkste plaag is het bietencystenaaltje (*heterodera schactii*) (Earthscan, 2010).

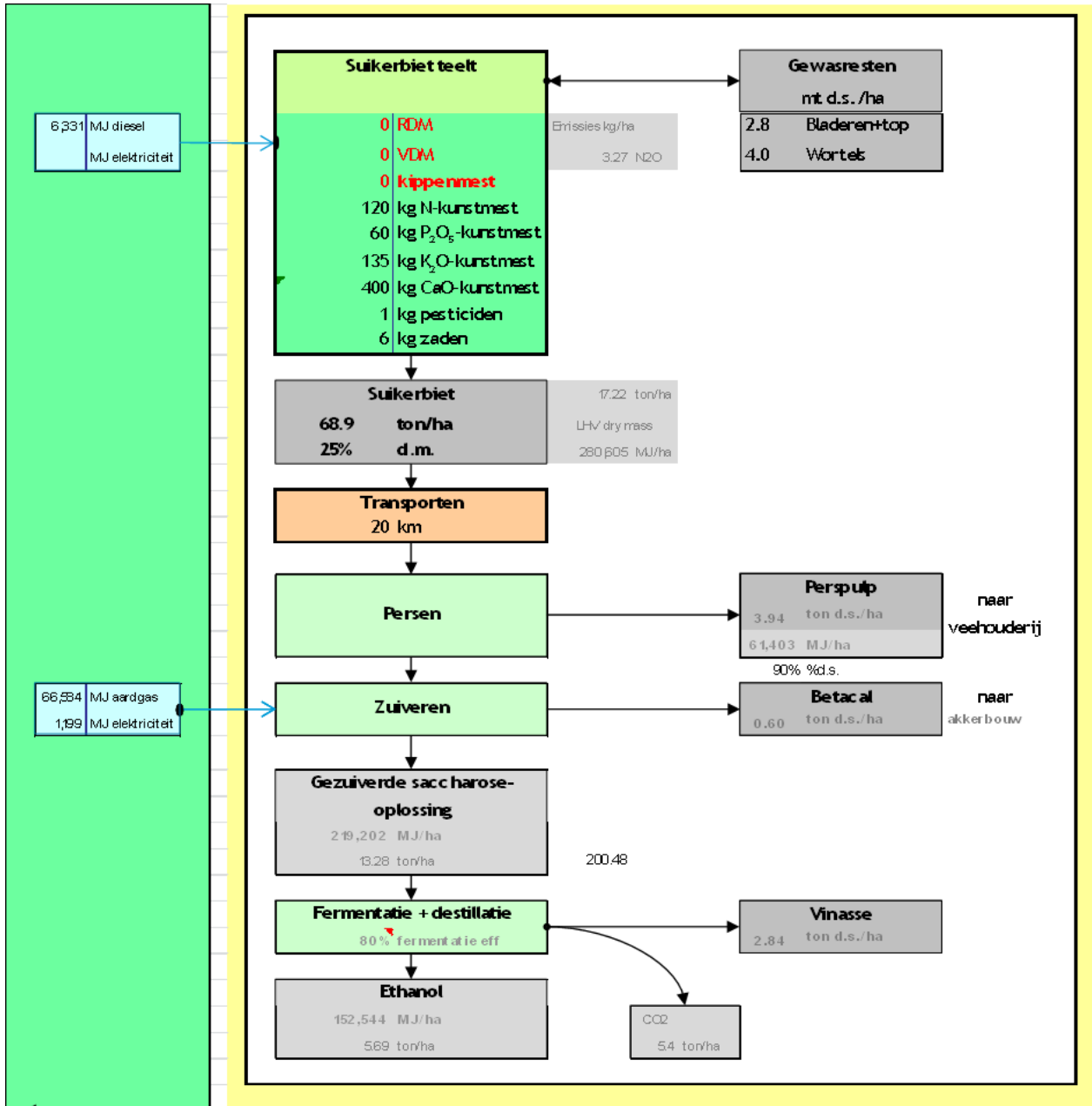
Suikerbiet wordt in rotatie geteeld, waarbij de vruchtwisseling problemen op fytosanitair gebied moet beperken. Hierbij spelen granen (tarwe, gerst, rogge en plaatselijk ook triticale en snijmaïs), peulvruchten, voedergewassen (alfalfa) en in mindere mate aardappelen een grote rol. Grondgebonden nematoden (aaltjes) en schimmelziekten vormen de grootste bedreiging.



H.4 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

In Figuur 16 zijn voor de verschillende schakels in de suikerbietketen de massabalans en gebruik van agronomische en industriële hulpstoffen weergegeven, zoals opgezet in Excel.

Figuur 16 Stroomschema met massabalans en hulpstoffengebruik voor suikerbietteelt, zoals beschouwd in dit project



Bieten hebben een laag gehalte aan droge stof, met een hoog suikergehalte (tot wel 12 of 13%) en zijn dus goed geschikt voor de industriële verwerking tot bijvoorbeeld alcohol. In combinatie met hoge opbrengsten is biet hiermee een ideale grondstof voor productie van alcohol. Alcoholopbrengsten per hectare in Nederland liggen potentieel boven het niveau van suikerriet (Brazilië) en mogelijk zelfs Miscanthus in de VS.

De uniforme, zuivere substantie met een hoog suikergehalte maakt suikerbieten tot ideale platform voor biobased productie op basis van omzetting door micro-organismen. Hierbij kan gedacht worden aan biopolymeren (PLA, HBA). Langeveld en Sanders (2010) rekenen voor dat bij de inzet van onder andere suikerbiet voor de productie van biobased chemicaliën 50% meer fossiele energie kan worden vervangen dan bij productie van transportbrandstoffen alleen, terwijl het inkomen per geteelde hectare kan verdrievoudigen.

Relatief hoge prijzen in Europa vormen echter nog een bezwaar voor grootschalige productie.

H.5 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van suikerbieten ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Volgens IFA (2012), is het niet eenvoudig om algemene aanbevelingen te geven voor de bemesting van suikerbieten omdat de behoefte aan nutriënten sterk afhangt van de teeltwijze en weersomstandigheden. In de praktijk ligt de mestgift uit kunstmest rond de 120 kg N/ha (Jaggard and Townshend, in press). Gerapporteerde kunstmestgiftten voor gewassen ten behoeve van de productie van biobrandstoffen in verschillende EU-landen (de zogenaamde NUTS2-rapporten) zijn vergeleken door Plant Research International (PRI; zie WUR, 2011). Kunstmestgiftten lopen uiteen van 86 tot 114 kg N/ha. Gebruik van dierlijke mest wordt niet gerapporteerd, met uitzondering van Nederland, waar de mestgift 70 kg N bevat (bovenop een kunstmestgift van 114 kg N).

Verwacht mag worden dat stikstofgiftten uit kunstmest rond de 120 kg N per ha omvatten. Dit is ook de gift die wordt gerapporteerd door BioGrace en JEC. In deze bronnen wordt geen dierlijke mest gerapporteerd, maar omdat suikerbieten bekend staan om hun efficiënte gebruik van dierlijke mest mag worden verwacht dat voor de teelt van dit gewas aanzienlijke hoeveelheden dierlijke mest worden gegeven. Aangeraden wordt om de kunstmestgift te corrigeren voor nutriënten uit dierlijke mest. Dit geldt in het bijzonder voor stikstof (IFA, 2012).

Fosfaatbemesting varieert, afhankelijk van bodemvruchtbaarheid en opbrengstverwachting, tussen de 0 en de 150 kg P₂O₅/ha (IFA, 2012). Een typische kunstmestgift op een normale bodem bij een opbrengstverwachting op het EU-gemiddelde (79 ton/ha) zal op 158 kg P₂O₅/ha liggen. Mestgiftten die door BioGrace (en JEC) worden aangehouden liggen echter aanzienlijk lager.



Tabel 11 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van suikerbieten in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	120	60	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	119 (1)	60 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	120 110 (3) 110 (3) 86-114 (2) 70 (2)	0 - 150	g.g.	Jaggard en Townsend (in press) Kunstmest, proefbedrijf Dierlijke mest, proefbedrijf Kunstmest, NUTS2-rapport Dierlijke mest, NUTS2-rapport NL IFA (2012)
Aanname	120	158	g.g.	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) European Fertiliser Manufacturer Association (EFMA, 2008).

(2) Kunstmest stikstof zoals gerapporteerd in NUTS2-rapporten ingediend bij de Europese Commissie door Nederland, Zweden, Denemarken, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Vlaanderen en Frankrijk. Nederland is het enige land dat melding maakt van dierlijke mestgiften (WUR, 2010).

(3) Totale giften wordt berekend als 220 kg N minus minerale stikstof in het bodemprofiel bij het begin van het groeiseizoen. De helft wordt gegeven in varkensdrijfmest (Langeveld et al., 2004)⁹

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

⁹ J.W.A. Langeveld, A.L. Smit, J.J. de Haan (eds.), 2004. Kernbedrijf Vredepeel, resultaten eerste fase. Telen met toekomst rapport OV0411. Wageningen, Plant Research International.



Figuur 17 Gegevens suikerbiet

EOS benadering									
Gewas	Suikerbiet								
Bodemtype	Alfisol			kolom-nr					
Klimaatzone	Cool Temperate Moist			5					
Management:	conventioneel ploegen								
klei =	28,0%								
bulkdichtheid =	1,5								
CEC (cmol/m3) =	10,5								
X =	3,4	totaal	st. ratio						
naar (BIO + HUM)		23%							
microbiologisch		10%	46%						
humus		12%	54%						
C-gehalte	1,4%								
C bodem, ton/ha =	95	x	0,69	=	65,55				
Droogte correctie factor				0,7					
correctie factor landmanagement				100%					
kolom-nr	4								
Jaarlijkse neerslag (mm)				900					
Worteldiepte gewas, meter				1					
Type gewas				eenjarig					
k-waarde									
		recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus				
referentie		0,38	12,7	0,84	0,03				
bij dit landmanagement		0,38	12,7	0,84	0,03				
Over na 1 jaar		77%	0,0%	56%	98%				
Wortels Bladeren+to Mest Groenbem. Bodem									
ton/jaar									
- droge stof		4,0	2,8	1,4					
- C-gehalte		47%	47%	47%					
- koolstof totaal		1,9	1,3	0,7					65,6
humificatiefactor		21%	21%	28%					
Oorspronkelijk aanwezig Wortels Bladeren+to Mest 0 0 Groenbem. Bodem									
- recalcitrant		13%	13%	23%	0%	0%	0%		
- makkelijk afbreekbaar		87%	87%	77%	100%	100%	100%		
- microbiologisch									
- humus									100%
Na 1 jaar over Wortels Bladeren+top Mest 0 0 Groenbem. Bodem									
- recalcitrant		10%	10%	17%	0%	0%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch		5%	5%	5%	6%	6%	6%	0%	0%
- humus		11%	11%	10%	12%	12%	12%	0%	98%
Uitgedrukt in ton C/ha		25%	25%	31%	18%	18%	18%	0%	98%
Netto		0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	64,4
		0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,2
									-0,13 ton/ha

Gewasresten (koppen, bietenblad) bevatten veel stikstof. Door het lage gehalte aan (ligno)cellulose en lignine verteert het blad gemakkelijk in de winter. Hierbij komt de stikstof vrij. Door het neerslagoverschot kan deze gemakkelijk in het grondwater terecht komen. Door de snelle vertering dragen bietenresten relatief weinig bij aan de vorming (handhaving) van duurzame bodemorganische stof. Teelt van een volggewas is onmogelijk door het late oogsttijdstip.



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van suikerbiet is 57 m³/ton (22,3 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor suikerbiet is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 12 Broeikasgasbalans van suikerbiet op kleibodem (Westmaas) naar ethanol (tussen haakjes waarden voor teelt in Oost-Nederland op zandbodem)

Broeikasgasbalans	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
Emissies per hectare		
ILUC-gerelateerd	1.068	71%
Diesel in landbouw	529	71%
Transport	108	71%
Nutriëntenconsumptie	913	71%
N ₂ O-emissies	976	71%
Bodemorganische balans	-1.244	71%
Vaste bijdragen teelt	36	71%
Energiegebruik ethanolproductie	4.680	71%
Gealloceerde emissie (totaal)	6.811	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-13.607	
Netto	-6.795	
Procentuele reductie	50%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van suikergewassen (zoals bieten) een generieke opslag van 13 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van benzine, wordt het moeilijker voor producenten van ethanol om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van ethanol op basis van suikerbieten zal bemoeilijken.



Er lijken wel mogelijkheden te zijn voor producenten om aan de minimum-eisen voor emissiebeperking te kunnen voldoen, maar dit zal niet eenvoudig zijn. De opslag is meegenomen in bovenstaande berekeningen.





Bijlage I Koolzaad Europa

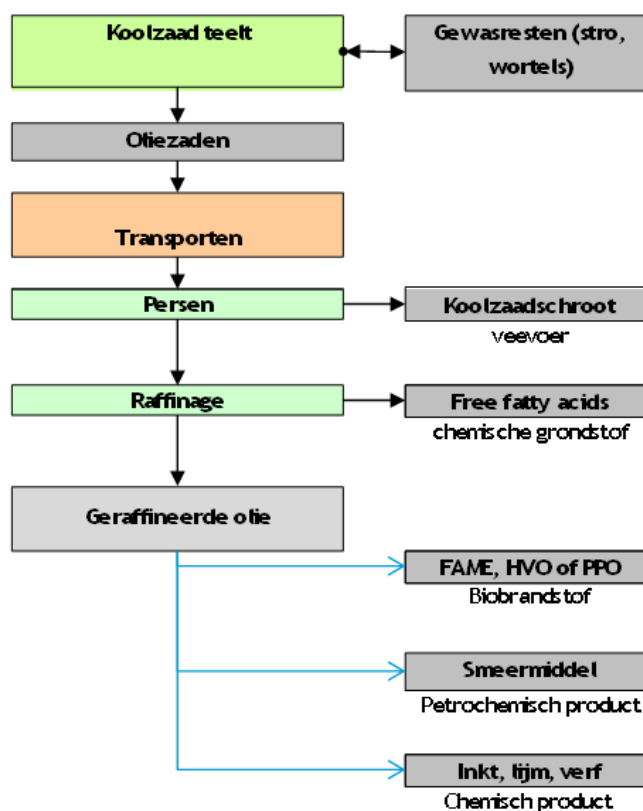
I.1 De keten

Koolzaad wordt binnen het raamwerk van de biobased economy geteeld voor de olie. In praktijk wordt koolzaadolie toegepast voor productie van onder meer:

- biodiesel of FAME¹⁰ voor wegtransport (bijproduct glycerine);
- HVO;
- smeermiddel (bijproduct glycerine).

De koolzaadolieketen omvat ongeacht uiteindelijke toepassing van de olie steeds drie schakels, zoals hieronder weergegeven.

Figuur 18 Keten voor koolzaadolie



In de koolzaadketen komen zowel in de algemene stappen als bij toepassing als grondstof voor biodiesel en smeermiddel, bijproducten vrij die hoofdzakelijk (stro, schroot) of deels (glycerine) als veevoeder worden gebruikt en daarmee indirect een invloed hebben op:

- landgebruik; en
- aanbod aan mest met daarin aanwezige nutriënten en organische stof.

¹⁰ Fatty Acid Methyl Ether.

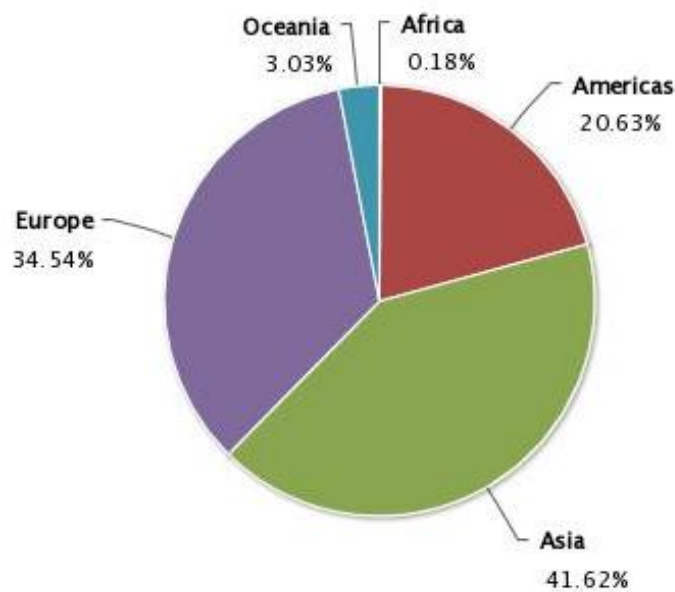
In de praktijk wordt bij teelt voor bemesting een mengsel van dierlijke mest en kunstmest toegepast.

I.2 Kenmerken van de koolzaadteelt

Op dit moment wordt het overgrote deel van de in de EU als grondstof voor biobased producten toegepaste koolzaad geproduceerd in de EU zelf. Er vindt sinds enkele jaren op bescheiden schaal import uit met name Canada en in mindere mate Oekraïne plaats (USDA, 2011).

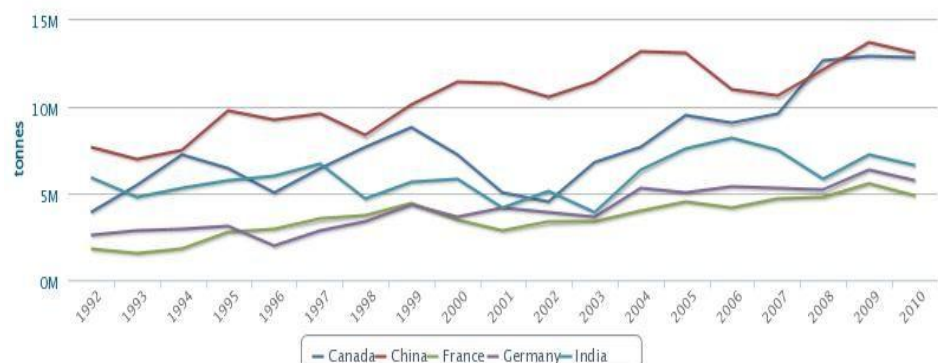
India en China zijn ook grote producenten, maar deze landen produceren alleen voor de eigen markt.

Figuur 19 Aandelen per continent in koolzaadproductie



Bron: FAOSTAT.

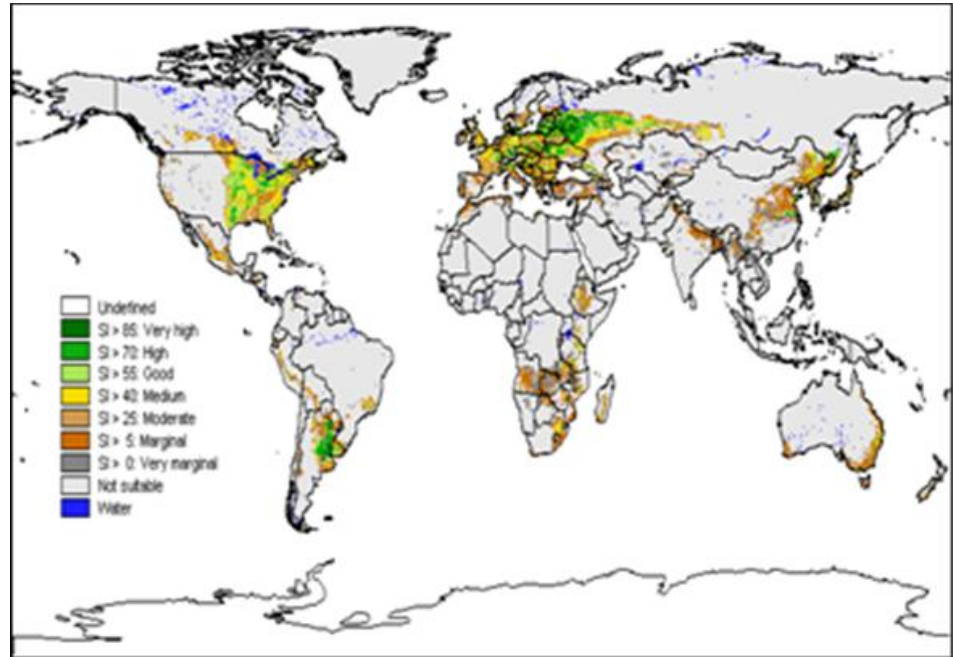
Figuur 20 Ontwikkeling in geproduceerde hoeveelheid koolzaadbonen (megaton/jaar) in de belangrijkste producerende landen



Bron: FAOSTAT.

In principe is ook teelt in USA en Rusland mogelijk, maar productie is in die landen economisch minder aantrekkelijk.

Figuur 21 Potentieel teeltgebied van koolzaad

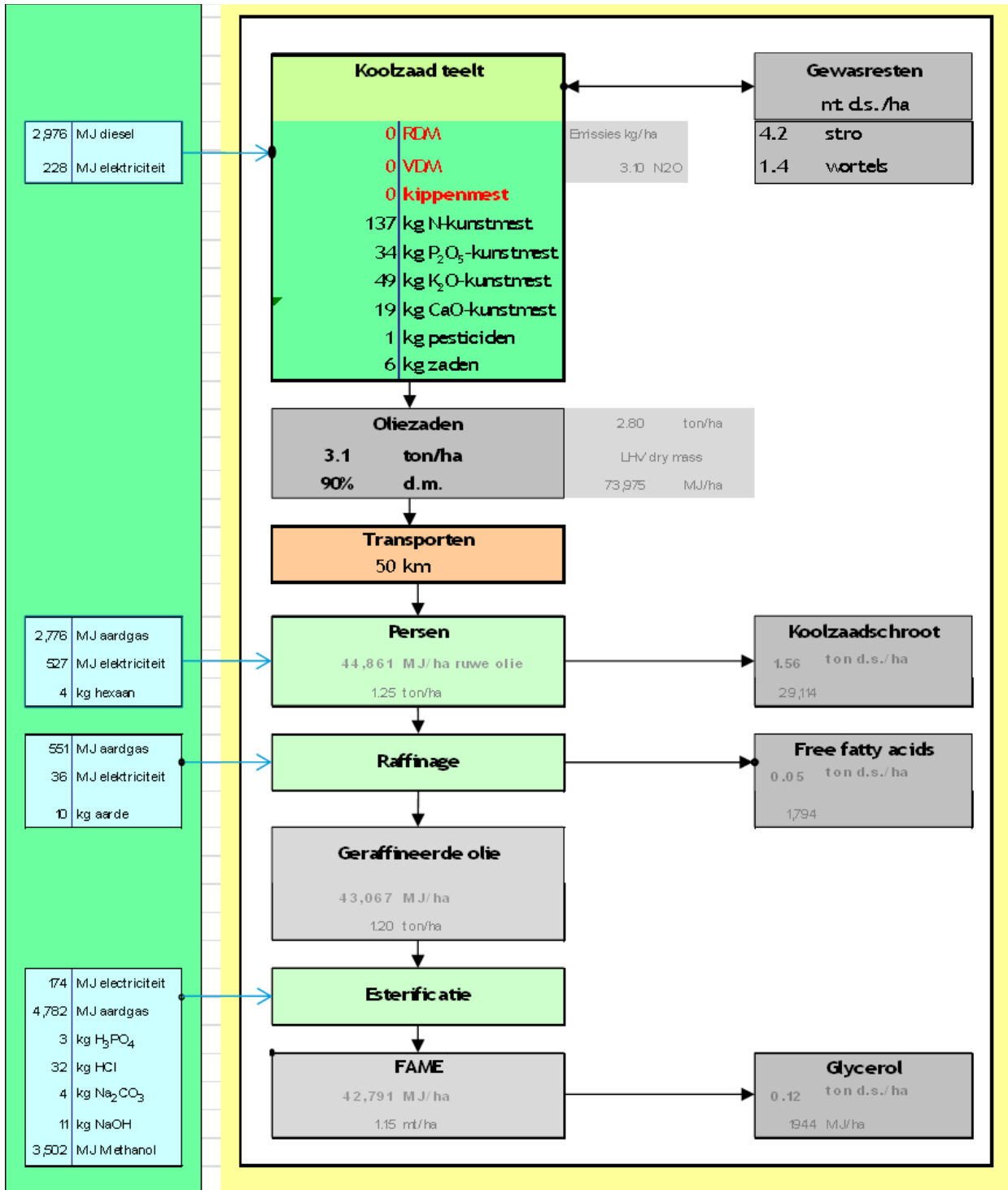


Bron: GAEZ, 2002.

Omzetting naar biobrandstoffen en biobased producten

In Figuur 22 is de massabalans voor de koolzaadketen weergegeven.

Figuur 22 Massabalans koolzaadketen, zoals beschouwd in deze studie



I.3 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van koolzaad ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Koolzaad vraagt een overvloedige en tijdsgebonden beschikbaarheid van nutriënten om een goede groei en zaadopbrengst te kunnen realiseren (FAO, 2006). Een gift van 150-210 kg N wordt aanbevolen (Earthscan, 2010). De hoeveelheid meststoffen die door het gewas worden opgenomen ligt echter aanzienlijk hoger. Bij een opbrengst van 4,5 ton zaad per hectare ligt dit op 300-350 kg N en 120-140 kg P₂O₅. Nutriënten zitten vooral in het zaad met uitzondering van kalium dat zich grotendeels in het stro bevindt (FAO, 2006). Gebruik van dierlijke of plantaardige meststoffen wordt aanbevolen.

Winterkoolzaad vraagt een kleine mestgift (30-40 kg N/ha) bij het zaaien in het najaar. In de rest van het seizoen is zo'n 250-280 kg/ha N nodig uit bemesting en mineralisatie van de bodem. Voor een teelt van 4 ton/ha worden de volgende mestgiftten aanbevolen:

1. 80-100 kg N/ha in het voorjaar.
2. 60-80 kg N/ha tijdens de strekkingsfase.
3. 25 kg N/ha bij het begin van de bloeifase (FAO, 2006).

Na afloop van de teelt blijven vaak grote hoeveelheden stikstof (oplopend tot meer dan 100 kg/ha) in de bodem achter in de vorm van nitraat en gewasresten. Goed stikstofmanagement zorgt ervoor dat niet meer dan 50 kg minerale stikstof per ha achterblijft. Hogere gehalten zijn onwenselijk vanwege het risico tot uitspoeling (FAO, 2006).

Tabel 13 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van koolzaad in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	0	66	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	8 (1)	66 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	2 to 8	36-76 50-70		Kunstmest; FAO (2004) Kunstmest; FAO (2006)
Aanname	4	39	0	Kunstmest (2)

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data uit FAO (2004).

(2) Noordoostelijke productieregio.



Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

De berekening van de invloed op het gehalte aan bodemorganische koolstof in de vorm van humus is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van koolzaad

EOS benadering									
Gewas	Koolzaad								
Bodemtype	Inceptisol		kolom-nr						
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5						
Management:	conventio		ploegen						

klei =	5,0%		
bulkdichtheid =	1,4		
CEC (cmol/m3) =	14,3		
X =	4,9	totaal	st. ratio
naar (BIO + HUM)		17%	
microbiologisch		8%	46%
humus		9%	54%
C-gehalte	1,6%		

C bodem, ton/ha =	95	x	0,69	=	65,55
Droogte correctie factor	0,7				
correctie factor landmanagement	100%				
kolom-nr	4				
Jaarlijkse neerslag (mm)	900				
Worteldiepte gewas, meter	0,9				
Type gewas	eenjarig				

	k-waarde			
	recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus
referentie	0,38	12,7	0,84	0,03
bij dit landmanagement	0,38	12,7	0,84	0,03
Over na 1 jaar	77%	0,0%	56%	98%

ton/jaar	wortels	stro	Mest	Bladrammenas	Groenbem.	Bodem
- droge stof	1,4	4,2	0,5	4,0		
- C-gehalte	47%	47%	47%	47%		
- koolstof totaal	0,7	2,0	0,2	1,9		65,6
humificatiefactor	21%	21%	28%	25%		

Oorspronkelijk aanwezig	wortels	stro	Mest	Bladrammen:	0	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	13%	13%	23%	18%	0%	0%	
- makkelijk afbreekbaar	87%	87%	77%	82%	100%	100%	
- microbiologisch							
- humus							100%

Na 1 jaar over	wortels	stro	Mest	Bladrammen:	0	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	10%	10%	17%	14%	0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
- microbiologisch	4%	4%	3%	4%	4%	4%	0%
- humus	8%	8%	7%	7%	9%	9%	0%
	21%	21%	28%	25%	13%	13%	0%
Uitgedrukt in ton C/ha	0,1	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	64,4
Netto	0,1	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	-1,2

-0,05 ton/ha



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van koolzaad is 963 m³/ton (46,9 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor koolzaad is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- De broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Tabel 14 Broeikasgasbalans van koolzaad voor biodiesel

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	2.311	57%
Diesel in landbouw	249	57%
Transport	12	57%
Nutriëntenconsumptie	892	57%
N ₂ O-emissies	925	57%
Bodemorganische balans	-2.151	57%
Olie-extractie	259	57%
Raffinage	44	92%
Esterificatie	741	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	4.596	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-3.881	
Netto	-714	
Procentuele reductie	-18%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van koolzaadolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het zeer moeilijk voor producenten van biodiesel om aan de minimum verlaging te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van koolzaad sterk zal bemoeilijken. De opslag is al meegenomen in bovenstaande berekeningen.



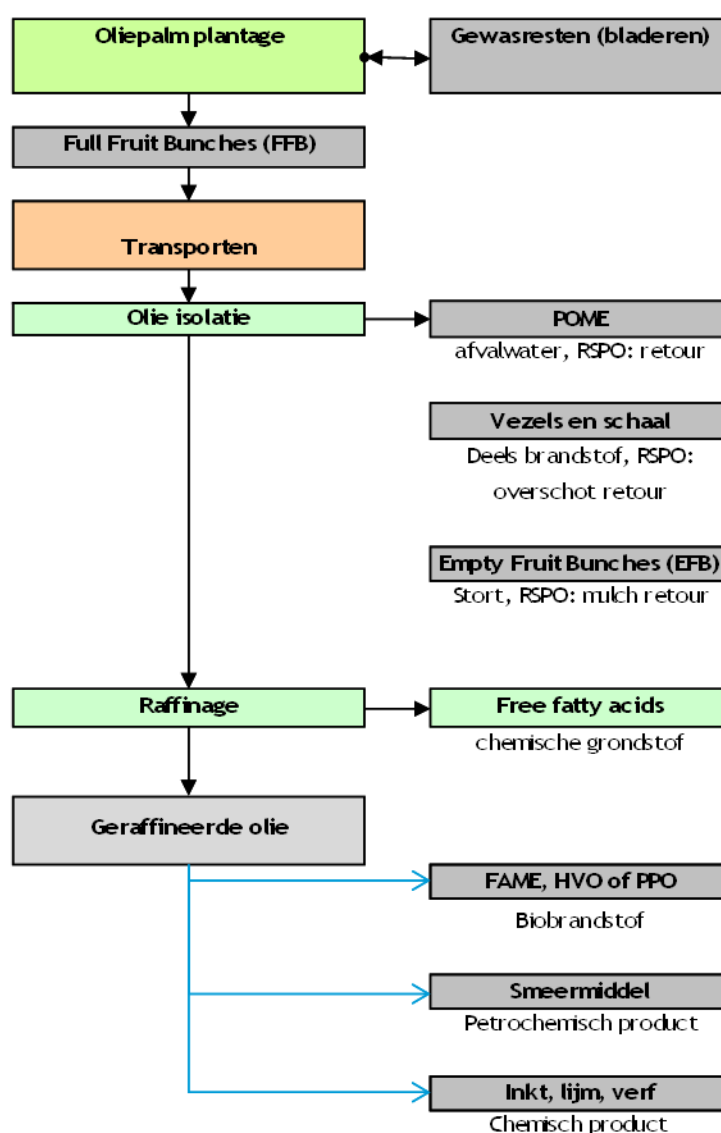
Bijlage J Oliepalm in Azië

J.1 De keten

Palmolie is, samen met de olie van sojabonen, de belangrijkste grondstof van (plantaardige) vetten op de wereld. Dit product wordt gebruikt voor een zeer groot aantal toepassingen, waaronder kookolie (vooral in Azië en Afrika), toevoeging aan voedselproducten (vooral voor de industrielanden), cosmetica (shampoo, scheerzeep, zeep) en andere industriële toepassingen.

De palmolieketen omvat ongeacht de uiteindelijke toepassing van de olie steeds drie schakels, zoals weergegeven in Figuur 24 in de groene vakken.

Figuur 24 De oliepalmeten



J.2 Locatie, belang van de keten

De belangrijkste oliepalmplantages bevinden zich in het Verre Oosten. Maleisië is traditioneel de grootste producent, maar recent is Indonesië sterk in opkomst. Oliepalm is hét plantagegewas in Azië, met name in regio's waar nieuwe landbouwgronden worden ontgonnen door ontbossing. Gebruik van palmolie voor biobrandstoffen, maar ook voor andere doeleinden, is hiermee sterk omstreden.

J.3 Type gewas, bodemeisen

Oliepalm is een meerjarig palmgewas dat een behoorlijk grote hoogte bereikt en een groot aantal jaren in productie kan blijven. Het vraagt bodems met een goede vruchtbaarheid. Stikstof kan deels worden verkregen door gebruik van een stikstofbindend gewas, een zogenaamde 'cover crop'. Maar de hoge behoefte aan kalium dient meestal door kunstmest te worden gedekt (Blair et al., jaar onbekend).

Bodems dienen diep te zijn met een goede ontwatering. De zuurgraad ligt bij voorkeur tussen 5,5 en 7 (Earthscan, 2010). Diepe, goed ontwaterde medium leemachtige bodems rijk aan humus zijn het meest geschikt voor de teelt (Agricultural Forum, 2006). Veel nieuwe plantages in het Verre Oosten liggen echter op veengronden. Hoewel onderzoek wordt gedaan naar de teelt met een hoge grondwaterstand (MBOP, 2011) wordt in de praktijk veel gebruik gemaakt van ontwatering. De vertering van de veengronden levert dan veel nutriënten, maar is ook een beruchte bron van CO₂.

J.4 Kengetallen huidige teelt

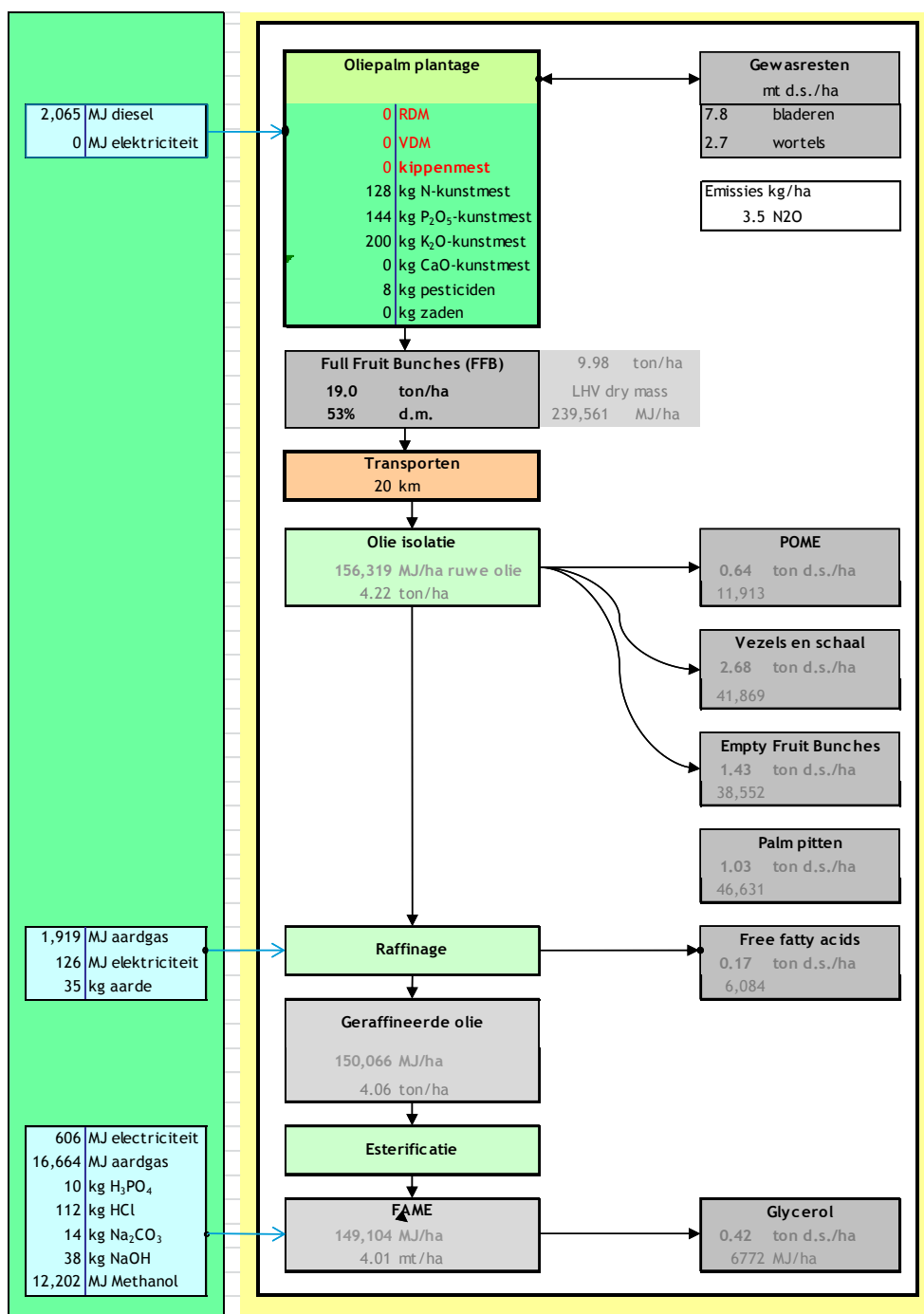
Nieuwe plantages worden vaak geplant op vers ontgonnen bodems, soms na het branden van de vegetatie. Bepplanten kan het beste plaatsvinden in de periode juni tot december (Indonesië; Agricultural Forum, 2006). In klimaatzones waar geen echte droge perioden voorkomen zoals in het Verre Oosten en Congo kan gedurende het gehele jaar worden geoogst. In gebieden als Nigeria, met droge en natte perioden vindt de bloei plaats als het droog is, en de oogst in de natte periode (Earthscan, 2010).

Oliepalm is een ideaal plantagegewas, maar teelt vindt ook plaats door kleine boeren. Vaak leveren zij hun oogst aan een plantage in de buurt voor verwerking. Onder het gewas wordt vaak een 'cover crop' gezaaid, waarbij een kring rondom de bomen vrij wordt gehouden. Soms graast er vee op deze gewassen.



J.5 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

Figuur 25 Stroomschema en massabalans van de oliepalmketen, zoals beschouwd in deze studie



J.6 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van palmolie ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Bemestingsadviezen voor oliepalm bleken vrij lastig te vinden. Geadviseerde mestgiften voor Indonesië (Agricultural Forum, 2006) liggen op respectievelijk 197 kg N en 114 kg P₂O₅ per ha. Uiteraard hangt dit samen met de plantdichtheid en de vruchtbaarheidstoestand van de bodem. Mest wordt in drie of vier gedeelde doses toegediend. Nutriënten uit gewasresten, die aanzienlijke hoeveelheden meststoffen kunnen bevatten - vooral stikstof en kalium, zijn hierbij niet meegerekend (Blair et al., jaar onbekend). Plantaardige mest of compost zijn bijzonder gunstig voor bodems met een gering percentage organische stof (Agricultural Forum, 2006). Gewasresten als palmvezels, lege vruchten ('empty fruit bunches', afgekort als EFB) en kernen kunnen ook dienst doen als brandstof voor de oliepersen. Hiernaast worden EFBs ook toegepast als bodembedekker (mulch). Behandeld afvalwater ('palm oil mill effluent' ofwel POME) is een bron van nutriënten in Maleisië (Musim Mas, 2007).

De stikstoftoediening gegeven door BioGrace en JEC (129 kg N/ha) ligt vrij laag, evenals de gerapporteerde hoeveelheid compost (0.6 ton gecomposteerde EFBs). De genoemde fosfaatgiften daarentegen lijken vrij hoog.

Tabel 15 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van palmolie in het Verre Oosten

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	128	144	0	Versie 4b; www.biograce.net
JEC (1)	129 (2)	147 (3)	0,8	Input_data_BIO_181108.xls Idem; compost van EFB
Literatuur	197	114		Kunstmest; Agricultural Forum (2006) ¹¹
Aanname	197 (4)	114 (4)		

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Bij een opbrengst van 18 ton verse palmtrossen per ha.

(2) Citerend van consultants, lokale studies, instituten uit Duitsland en Indonesië, FAO (200X); Fertilizer use by crop in Malaysia. FAO docrep/007/y5797e/y5797e00.HTM).

(3) Citerend uit FAO ((200x).

(4) Berekend bij een plant dichtheid van 143 palmen/ha; data uit FAO (2004).

¹¹ <http://www.agricultureinformation.com/forums/questions-answers/12541-oil-palm-cultivation.html>, Accessed 121005.



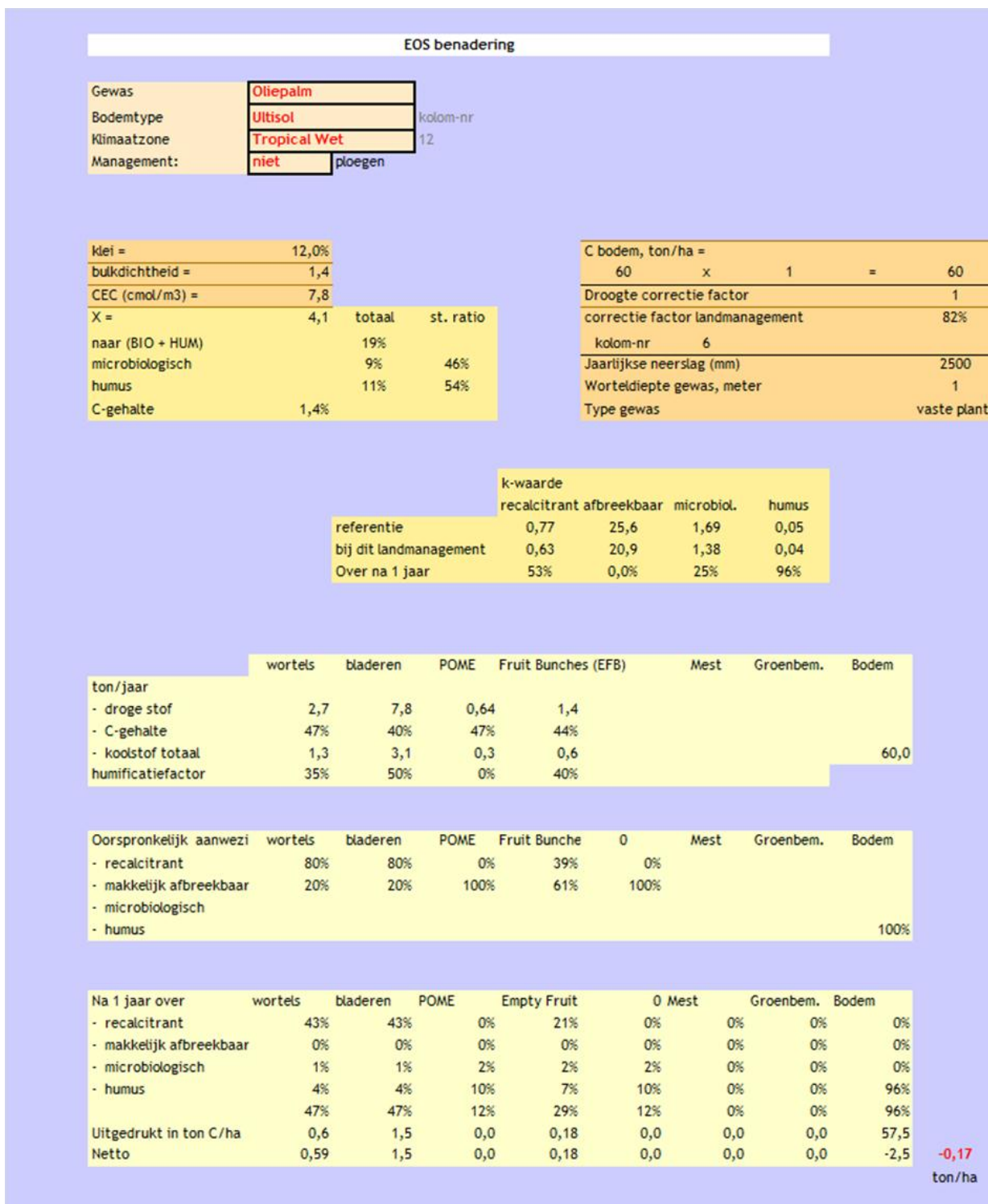
Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

Figuur 26 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van oliepalm



Water

Bij het berekenen van de water footprint verlaten we ons op berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Zij onderscheiden gebruik van 'groen' en 'blauw' water, waarbij groen water regenwater is en blauw water irrigatiewater. Voor de teelt van palmolie is 960 m³/ton (119,8 m³/GJ - gealloceerde score) groen water en 0 m³/ton blauw water nodig.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor palmolie is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.

Figuur 27 Broeikasgasbalans van palmolie

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	0	86%
Diesel in landbouw	173	86%
Transport	30	86%
Nutriëntenconsumptie	1.111	86%
N ₂ O-emissies	1.046	86%
Bodemorganische balans	-9.016	86%
Raffinage	154	92%
Esterificatie	2,582	96%
Gealloceerde emissie (totaal)	12.366	
Uitgespaarde emissies		
Voertuigbrandstof	-13.524	
Netto	-1.158	
Procentuele reductie	9%	

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor biodiesel gemaakt van palmolie een generieke opslag van 55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute.

Gevolg van deze opslag en de door de Commissie aangekondigde verhoging van het minimumpercentage verlaging van de broeikasgassen bij vervanging van fossiele diesel, wordt het voor producenten van biodiesel bijna onmogelijk om aan de minimumeisen te kunnen voldoen. Verwacht mag worden dat deze maatregel de productie van biodiesel op basis van palmolie zeer sterk zal bemoeilijken. De opslag is al meegenomen in bovenstaande berekeningen.



Bijlage K SRC in Europa

K.1 De keten

Naast voedselgewassen en gewas- en andere reststromen spelen energiegewassen een grote rol in de plannen voor de productie van bio-energie en biobased commodities in de toekomst. Teelt en gebruik op dit moment zijn echter marginaal. De beschrijving van Short Rotation Coppice (of SRC; energiegewassen die in een korte rotatie geteeld worden) is vooral gebaseerd op de volgende studies: Earthscan (2010); Langeveld et al. (2012).

K.2 Locatie, belang van de keten

De categorie Short Rotation Coppice (SRC), of korte-rotatie energiegewassen, omvat verschillende typen houtige of stengelachtige grassen, waaronder snelgroeiende boomsoorten (wilg, populier) en tropische grassoorten (miscanthus, switchgrass, bamboe). De praktijk in Europa laat relatief weinig teelt zien. Uitzondering zijn wilg en populier die op redelijke schaal in vooral Noord- en Oost-Europa geteeld worden.

K.3 Type gewas, bodemeisen

Wilg en populier kunnen worden geteeld op een groot aantal typen bodems, zowel lichte als leemachtige bodems. De pH kan variëren van 6,0 tot 7,5, met een optimum van 6,5. Veel variëteiten produceren geen economisch haalbare oogst op zeer droge of alkalische bodems. Wilgen verdragen waterlogging tot op zekere hoogte. Populieren groeien het beste op fijn-zandige leemachtige tot leemachtige bodems met voldoende bodemorganische stof een goede watervoorziening. De optimale temperatuur ligt tussen de 15 en 26 °C (Earthscan, 2010).

K.4 Kengetallen huidige teelt

Statistieken van SRC zijn beperkt. Wilg wordt op commerciële basis geteeld in Zweden, waar ze momenteel ongeveer 14 duizend hectare (0,5% van het areaal akkergrond) beslaan. SRC-teelt in andere Europese landen is beperkt tot enkele duizenden hectares (6.000 hectare met vooral wilgen in Italië, 7.500 hectare wilg en populier in het Verenigd Koninkrijk, 5.000 hectare wilg en populier in Duitsland en 3.000 hectare in Polen; zie Langeveld et al., 2012).

Populier wordt belaagd door een groot aantal bladetende, stengelzuigende en houtborende insecten maar in de meeste gevallen zijn plagen geen groot probleem. Ziekten vormen een grotere bedreiging, bijvoorbeeld roest. Er bestaan echter resistente variëteiten en in de meeste gevallen is er geen reden om ziekten of plagen te bestrijden. Schade kan echter wel worden veroorzaakt door knagende dieren (waaronder knaagdieren, herten en landbouwdieren) (Earthscan, 2010). Tijdens het eerste seizoen kan groeiderving ontstaan door ongebreidelde onkruidgroei bij populieren (Earthscan, 2010).



K.5 Omzetting naar biobrandstoffen of biobased producten

Het houtige karakter van SRC maakt ze ongeschikt voor omzetting naar biobrandstoffen volgens gangbare technologieën, maar in de (nabije) toekomst wordt hun gebruik via de omzetting van lignocellulose (tweedegeneratie) op behoorlijk grote schaal voorzien.

K.6 Gevolgen voor bodem, landgebruik

De gevolgen van de productie van SRC ten behoeve van biobrandstoffen of biobased producten worden hier kort in beeld gebracht. Hierbij wordt naar de volgende elementen gekeken:

- nutriëntenbalans;
- organische stof;
- water;
- CO₂-balans;
- bodembiodiversiteit;
- competitie om land, land use change.

Nutriëntenbalans

Er is relatief weinig bekend over bemesting van SRC in de praktijk. Volgens Earthscan (2010) hebben populieren zo'n 60-80 kg stikstof en 23-46 kg P₂O₅ nodig per hectare. Dimitriou et al. (2012) rapporteren stikstofgiften voor wilg in Zweden en Duitsland die rond de 10 tot 40 kg N/ha hoger liggen. Verwacht wordt dat SRC gemiddeld 80 kg stikstof en 35 kg P₂O₅ per hectare ontvangen. BioGrace geeft geen data over SRC. Volgens JEC ligt de bemesting op 25 en 34 kg per ha voor respectievelijk stikstof en fosfaat. Voor stikstof lijkt dit aan de lage kant.

Tabel 16 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van SRC in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	g.g.	g.g.	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC (1)	25 (1)	34 (1)	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	60-80 70-120	23-46 -	g.g. -	Populier; Earthscan (2010) Kunstmest wilg; Dimitriou etal. (2012) ¹²
Aanname	80	35		

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Citerend van D. Murach (Fachhochschule Eberswalde).

Organische stof

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

¹² Ioannis Dimitriou & Blas Mola-Yudego & Pär Aronsson, 2012. Impact of Willow Short Rotation Coppice on Water Quality. Bioenerg. Res. 5: 537-545. DOI 10.1007/s12155-012-9211-5.



Figuur 28 Berekening netto verandering in humusgehalte bij de teelt van SRC

EOS benadering						
Gewas	Oliepalm					
Bodemtype	Alfisol		kolom-nr			
Klimaatzone	Cool Temperate Moist		5			
Management:	niet ploegen					
klei =	28,0%					
bulkdichtheid =	1,5					
CEC (cmol/m3) =	10,5					
X =	3,4	totaal	st. ratio			
naar (BIO + HUM)		23%				
microbiologisch		10%	46%			
humus		12%	54%			
C-gehalte	2,1%					
C bodem, ton/ha =	95	x	1	=	95	
Droogte correctie factor					0,7	
correctie factor landmanagement					87%	
kolom-nr	6					
Jaartijkse neerslag (mm)					900	
Worteldiepte gewas, meter					1	
Type gewas					vaste plant	
			k-waarde			
			recalcitrant	afbreekbaar	microbiol.	humus
referentie			0,38	12,7	0,84	0,03
bij dit landmanagement			0,33	11,0	0,73	0,02
Over na 1 jaar			79%	0,0%	60%	98%
	stomp	wortel		Mest	Groenbem.	Bodem
ton/jaar						
- droge stof	7,0	4,7				
- C-gehalte	47%	47%				
- koolstof totaal	3,3	2,2				95,0
humificatiefactor	35%	31%				
Oorspronkelijk aanwezig	stomp	wortel		Mest	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	32%	26%				
- makkelijk afbreekbaar	68%	74%				
- microbiologisch						
- humus						100%
Na 1 jaar over	stomp	wortel		0 Mest	Groenbem.	Bodem
- recalcitrant	25%	21%		0%	0%	0%
- makkelijk afbreekbaar	0%	0%		0%	0%	0%
- microbiologisch	4%	5%		0%	0%	0%
- humus	8%	9%		0%	0%	98%
	38%	35%		0%	0%	98%
Uitgedrukt in ton C/ha	1,3	0,8		0,0	0,0	93,5
Netto	1,26	0,8		0,0	0,0	-1,5
						0,57 ton/ha



Er is veel onderzoek gedaan naar de gevolgen van de teelt van wilg en populier op de bodemkwaliteit. Hierbij ligt veelal de nadruk op bodemorganische stof en op gevaarlijke stoffen, met name zware metalen (cadmium, zink, chroom, nikkel, arsenicum). Het vermogen om het gehalte aan bodemorganische stof te verhogen is algemeen erkend. Bovendien zorgen deze gewassen voor een verlaging van de hoeveelheid (minerale) bodemstikstof. Mede als gevolg hiervan neemt de stabiliteit van bodemorganische stof toe (Jandl et al., 2011). Bodemvoorraad van fosfor neemt af, evenals bodemerosie. Er kan sprake zijn van enige compactie van de bovengrond (in vergelijking met grond die jaarlijks wordt geploegd).

De impact op zware metalen is tweeledig. Enerzijds zorgt een verlaging van de pH in de bodem voor een grotere mobiliteit wat gevolgen kan hebben voor concentraties van deze metalen in het grondwater. Anderzijds nemen SRC mobiele zware metalen makkelijk op tijdens de groei. Hiermee zijn zij inzetbaar voor biologische verwijdering van besmette bodems (fytoremediatie) (Langeveld et al., 2012).

Water

SRC komt niet voor in de berekeningen van het Water Footprint Network (Mekonnen en Hoekstra, 2010). Watergebruik is om die reden in deze studie niet opgenomen voor houtige biomassa. Er zijn wel gevolgen van SRC-teelt voor waterbeschikbaarheid en kwaliteit. Deze gevolgen zijn samengevat door Langeveld et al. (2012). Nitraatgehalten in grondwater nemen af, maar de concentratie van fosfaat neemt iets toe. De afname van afstroming en bodemerosie zorgen voor een verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater. De hoge transpiratie van SRC (in vergelijking met akkerbouwgewassen) kan leiden tot een verlaging van de grondwatertabel.

Broeikasgasbalans

Bij de berekening van de broeikasgasbalans voor SRC is gebruik gemaakt van:

- de gebruikte hoeveelheden agronomische hulpstoffen (kunstmest, gewasbeschermingsmiddelen), industriële hulpstoffen (bijvoorbeeld hexaan en methanol) en energiedragers (aardgas, elektriciteit, diesel) zoals opgegeven in BioGrace 4.2;
- de emissiefactoren voor deze hulpstoffen en energiedragers zoals gehanteerd in BioGrace 4.2;
- de broeikasgasemissies zoals opgegeven in BioGrace 4.2.

Er is daarnaast rekening gehouden met de netto balans voor bodemorganische stof.



Figuur 29 Broeikasgasbalans van SRC voor elektriciteit en warmte

Broeikasgasbalans		
Emissies per hectare	Kg CO ₂ -eq./ha	Allocatiefactor
ILUC-gerelateerd	0	100%
Diesel in landbouw	133	100%
Transport	78	100%
Nutriëntenconsumptie	584	100%
N ₂ O-emissies	220	100%
Bodemorganische balans	-2.093	100%
Gealloceerde emissie (totaal)	-1.078	
Uitgespaarde emissies bij toepassing in		
CFBC	-4.097	
CV	-11.391	
Boiler	-12.024	
Netto bij (+ procentuele reductie)		
CFBC	-5.175 (126%)	
CV	-12.469 (109%)	
Boiler	-13.102 (109%)	

Bodembiodiversiteit

Het paper van Langeveld et al. (2012) staat vrij uitgebreid stil bij de gevolgen van de introductie van SRC op de biodiversiteit van planten en vogels in Europese akkergebieden. Indien 20% van akkergewassen vervangen zou worden door SRC zou dat een positieve invloed hebben op de aantallen en diversiteit van aanwezige plantsoorten. Zo zou het aantal grassoorten 17-voudig toenemen, het aantal plantensoorten vervijfvoudigen en ook het aantal akkerplanten en bossoorten toenemen.

Ook de diversiteit in vogelsoorten neemt toe. Afhankelijk van het aantal bosachtige landschapselementen dat er al was zorgt de introductie van 20% SRC voor een toename in het aantal vogelsoorten: tot vier keer meer broedvogels, ook het aantal 'ruderaal' vogelsoorten en het aantal bossoorten neemt toe. Dit geldt echter niet voor het aantal bedreigde soorten, dat niet toeneemt.

Land use change

In een recente verordening (IFPRI, 2011) heeft de Europese Commissie bepaald dat in de berekening van de CO₂-balansen voor ethanol gemaakt van primaire landbouwgewassen een generieke opslag van 12-55 g CO₂-eq./MJ dient te worden toegepast. Deze opslag is niet verder uitgewerkt met landbalansen maar wordt naar verwachting onderbouwd door studies naar indirect land use change, bijvoorbeeld door het International Food Policy Research Institute. Deze opslag geldt niet voor lignocellulosegewassen als SRC.





Bijlage L Kapresten van bosbouw als brandstof

L.1 Locatie, belang van de keten

In de bosbouw bleven kapresten als takken, top en stronk tot nu toe achter in het bos, mede om te zorgen voor het behoud van bodemstructuur en BOS-gehalte.

Deze restproducten worden sinds ongeveer tien jaar in Zweden en Finland en in toenemende mate ook in Noord-Amerika ingezameld en afgevoerd voor energieopwekking. Vanwege de hoge vervuilingsgraad met grond is overigens alleen inzet in minder gevoelige typen ovens zoals wervelbedovens mogelijk. Maar die zijn er ook genoeg in beide landen.

Zoals aangegeven in bijvoorbeeld IEA (2006) is deze praktijk niet duurzaam wat betreft de bodemkwaliteit vanwege de verstoring van de bodemstructuur en de afvoer van koolstof en nutriënten.

Figuur 30 Stronk oogsten en resulterende bodemstructuur



Bron: Zie Forestry Commission, 2012 en Greenpeace, 2011.

In de VS ontvangen pijnboombossen gewoonlijk stikstofkunstmest. Uit deze bossen worden steeds meer pellets gewonnen voor export naar de EU, waar ze als bijstook worden toegediend in kolencentrales. Kunstmestgiften in de EU zijn minder gebruikelijk. Volgens Dr. Egnell van de vakgroep Forest Ecology and Management (Swedish University of Agricultural Sciences), wordt slechts een klein deel van de bossen in Zweden en Finland jaarlijks bemest.

De bemesting ligt verder lager dan die in de VS, wat mogelijk verklaard wordt door de relatief minder vruchtbare bodems in het zuidwesten van de VS waar veel productiebossen liggen. Een typische bemesting ligt rond de 60 kg stikstof en 10 kg P₂O₅ per hectare per jaar (gemiddelde waarden over verschillende jaren).

Voor hout konden geen mestgiften worden gevonden in BioGrace of JEC.

Tabel 17 Bemesting gerapporteerd voor de teelt van hout in de EU

	Stikstof (kg N/ha)	Fosfaat (kg P ₂ O ₅ /ha)	Dierlijke mest (ton/ha)	Bron
BioGrace	g.g.	g.g.	g.g.	Versie 4b; www.biograce.net
JEC	g.g.	g.g.	g.g.	Input_data_BIO_181108.xls
Literatuur	150 (1) 168-224 (2)	0 g.g.	0 0	Kunstmest; Egnell (pers. comm. 2012) kunstmest; pijnbomen in de VS
Aanname	60	10	0	

g.g.: Geen gegevens.

Bron: (1) Data for Sweden, Finland. Geldt voor een minderheid van de bossen (in 2011 werd slechts 50.000 ha bemest.

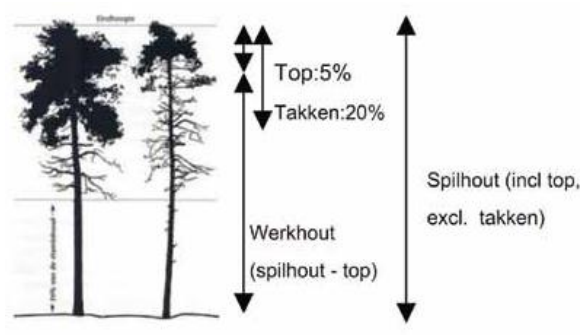
(2) Ongeveer 85% van de bossen wordt bemest, met vooral N (168-224 kg ha), en enige aanvullende fosfaat meestal midden in de rotatie. De fosfaatgiften zijn niet gekwantificeerd in deze studie.

(3) Gan et al. (2012)¹³.

L.2 Kengetallen voor eventuele oogst in Nederland

De in Nederland meest geoogste boom is de grove den, onder andere voor gebruik als bron voor krantenpapier en pellets. Volgens OPTAB (1996) en WUR (2007) heeft een grove den in Nederland een teeltcyclus of kapcyclus van ongeveer 90 jaar voordat eindkap plaatsvindt. Op basis van OPTAB (1996) en IPCC (2006) is geschat dat de gemiddelde grove den ongeveer 250 m³ spilhout zal opbrengen met een dichtheid van 450 kg/m³. Er blijft normaliter ongeveer 65 ton droge stof in het bos achter.

Figuur 31 De bovengrondse samenstelling van een grove den



Bron: Ecofys, 2008.

¹³ J. Gan, C.T. Smith, J.W.A. Langeveld, 2012. Effects of considering greenhouse gas consequences on fertilizer use in loblolly pine plantations. Journal of Environmental Management 113 (2012) 383e389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.09.015>.

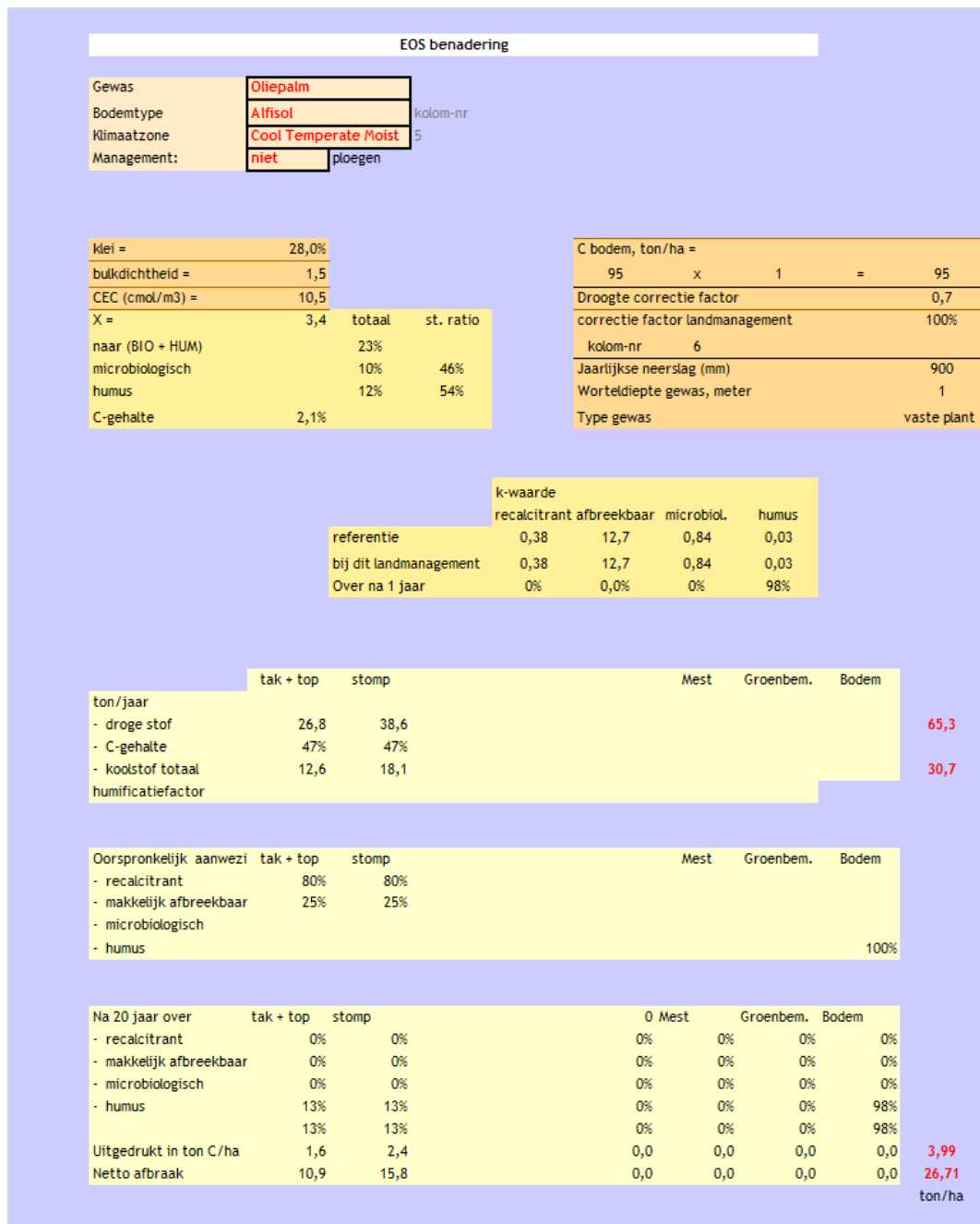
Met het verwijderen uit het bos van deze bijproducten wordt volgens ECN Phyllis¹⁴ en Minnen (2008) ook 4 ton C aan stabiele humus (zie Figuur 32) afgevoerd.

Bij het berekenen van de organische stofbalans is rekening gehouden met:

- bijdragen van gewasresten en bladval;
- vertering van de bodemorganische stof.

Aanvoer en verlies van bodemorganische stof worden vergeleken in een organische stofbalans.

Figuur 32 Schatting koolstof die niet in humus wordt omgezet, alle waarden per ha



¹⁴ <http://www.ecn.nl/phyllis2/>.



De energie-inhoud van de 65 ton droge stof bedraagt 1.120 GJ/ha. Deze wordt in de praktijk verbrand in een wervelbedoven met - in Finland - een typisch rendement van ongeveer 30% elektrisch en - bij stadsverwarming - circa 60% thermisch.

Land use change

De mate waarin het gebruik van hout voor de productie van bio-energie zal leiden tot wijzigingen in landgebruik zal sterk afhangen van het oogstregime dat in de bossen wordt gehanteerd. Blijft men bij het oogsten binnen de hoeveelheid hout dat door de bossen zelf aangevuld kan worden dan mag verwacht worden dat onder bepaalde omstandigheden (good harvesting practices, geen oogst van wortelstompen, behoud van bodemorganische stof, etc.) de gevolgen voor het landgebruik zeer beperkt zullen zijn. Belangrijke voorwaarde hierbij is dat er geen grote wijzigingen plaats vinden in de ligging en het gebruik van bossen die worden geoogst.

Gaat de oogst de hergroeicapaciteit voorbij, of wordt bij het oogsten sterk eenzijdig geoogst (waardoor bijvoorbeeld op een gegeven moment in bepaalde regio's een relatief tekort aan hout voor andere doeleinden kan ontstaan, of waarbij sprake is van ontbossing) dan moet gevreesd worden dat er reacties zullen ontstaan in landgebruik. De gevolgen hiervan voor de landbalans en BOS-balans dienen bij de berekening van de broeikasgas-balans te worden meegenomen.

