



Efficiënter gebruik van voedermiddelen en (geïmporteerde) diervoedergrondstoffen

Mogelijkheden als grondstoffenbron voor de Biobased Economy

G.J. Kasper¹, G. van Duinkerken¹, M.M. van Krimpen¹, C.P.A. van Wagenberg², J. Kals³, J.P.M. Sanders⁴,
C.L.M. de Visser⁵



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Efficiënter gebruik van voedermiddelen en (geïmporteerde) diervoedergrondstoffen

Mogelijkheden als grondstoffenbron voor de Biobased Economy

Auteurs

G.J. Kasper¹, G. van Duinkerken¹, M.M. van Krimpen¹, C.P.A. van Wagenberg², J. Kals³, J.P.M. Sanders⁴, C.L.M. de Visser⁵

1 Wageningen UR Livestock Research

2 LEI Wageningen UR

3 IMARES van Wageningen UR

4 Food & Biobased Research van Wageningen UR

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door het Biorenewables Business Platform (BBP)

Livestock Research Rapport 946

Kasper, G.J., G. van Duinkerken, M.M. van Krimpen, C.P.A. van Wagenberg, J. Kals, J.P.M. Sanders, C.L.M. de Visser, 2015. *Efficiënter gebruik van voedermiddelen en (geïmporteerde) diervoedergrondstoffen*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 946, 63 blz.

Samenvatting NL

In deze studie is ingeschat dat van de 35.000 kton droge stof (ds) voedermiddelen en diervoedergrondstoffen die jaarlijks in Nederland beschikbaar is, potentieel ruim 6.400 kton ds biomassa vrijgemaakt kan worden voor efficiëntere toepassingen via biobased technologie. Via bioraffinage zijn "niet-benutbare componenten" voor het dier te scheiden van voor het dier benutbare componenten. Ook is het mogelijk om via bioraffinage componenten uit voedermiddelen en diervoedergrondstoffen te halen die op een hoogwaardiger manier buiten de diervoeding zijn in te zetten. Op deze manier is biomassa vrij te spelen als grondstof voor de Biobased Economy (BBE).

Summary UK

In this study it was estimated that 6.4 out of 35.0 million tons (dry matter) of animal feeds and raw feed materials that are annually available in the Netherlands, can be used as a resource for application in the biobased economy. Biorefinery enables us to extract feed components that cannot be utilized by animals. The challenge is to add value by applying these components in various value chains (cascading).

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoudsopgave

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	13
	1.1 Doel van de studie	13
2	Aanpak	14
3	Diervoederstromen in Nederland	15
	3.1 Volumes	15
	3.2 Mogelijkheden efficiënter gebruik	17
	3.3 Doorvoer diervoedergrondstoffen	22
	3.4 Conclusie.....	23
4	Verwachte ontwikkelingen in diervoederstromen in Nederland	26
	4.1 Mondiale ontwikkelingen	26
	4.2 Europese ontwikkelingen.....	27
	4.3 Ontwikkelingen binnen Nederland.....	28
5	Economische haalbaarheid van een verandering voor waardeketens	29
6	Casestudies	32
	6.2 Case zonnebloemzaad	36
	6.3 Case gras	38
	6.4 Case mais.....	43
	6.5 Case aquatische eiwitten.....	45
	6.6 Case fish discards	50
	6.7 Overzicht cases	53
7	Workshop 29 oktober 2015	54
8	Aanbevelingen	57
	Literatuur	60
	Bijlage 1 Position paper Efficient Biomass	63

Woord vooraf

Dit rapport beschrijft de potentie van voedermiddelen en diervoedergrondstoffen die in Nederland beschikbaar zijn voor de Biobased Economy. Het betreft enerzijds voedermiddelen en grondstoffen die Nederland zelf produceert, en anderzijds grondstoffen die Nederland binnenkomen via import, hetzij voor eigen gebruik, hetzij voor doorvoer naar andere landen (zoals Duitsland). Dieren kunnen deze voedermiddelen en grondstoffen slechts ten dele benutten omdat ze niet alle voercomponenten kunnen verteren en in hun stofwisseling benutten. Het is zeer interessant om na te gaan of we door de inzet van biobased technology deze voedermiddelen en grondstoffen efficiënter en duurzamer kunnen benutten. Als we voercomponenten die het dier niet benut, er tevoren uithalen door bioraffinage, kunnen we deze componenten gebruiken als grondstof in de biobased economy. Tegelijkertijd verlagen we dan energie- en nutriëntenverliezen via mest en urine. Daarnaast biedt technologie mogelijkheden om de benutbaarheid te verhogen via ontsluiting van nutriënten voor het dier. In dit rapport gaan we in op de volumes voedermiddelen en diervoedergrondstoffen die in Nederland beschikbaar zijn. Daarnaast hebben we een inschatting gemaakt van de hoeveelheid biomassa die we vanuit de diervoederketen kunnen vrijmaken voor de biobased economy. En we hebben een selectie gemaakt van zes voedermiddelen en grondstoffen waar we goede mogelijkheden zien voor een efficiënter gebruik. We gaan daarbij ook in op de verwachte “winnaars en verliezers” in de agri&food ketens als dergelijke veranderingen in grondstofgebruik zouden optreden.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd door het Biorenewables Business Platform, een platform ingesteld door het Ministerie van Economische Zaken. De auteurs danken de deelnemers aan een stakeholder workshop (zie hoofdstuk 7) die input hebben gegeven voor deze studie.

Namens het projectteam,

Gerrit Kasper,
projectleider

Samenvatting

In dit rapport is een onderzoek beschreven naar mogelijkheden om grondstoffen voor de Biobased Economy 'vrij te spelen' door een efficiënter gebruik van voedermiddelen en (geïmporteerde) diervoedergrondstoffen in Nederland. Het oriënterende onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en gefinancierd het Biorenewables Business Platform, een platform ingesteld door het Ministerie van Economische Zaken.

In deze studie is ingeschat dat van de 35.000 kton droge stof (ds) voedermiddelen en diervoedergrondstoffen die jaarlijks in Nederland beschikbaar is, potentieel ruim 6.400 kton ds biomassa vrijgemaakt kan worden voor efficiëntere toepassingen via biobased-technologie. Via bioraffinage zijn "niet-benutbare componenten" voor het dier te scheiden van voor het dier benutbare componenten. Ook is het mogelijk om via bioraffinage componenten uit voedermiddelen en diervoedergrondstoffen te halen die op een hoogwaardiger manier buiten de diervoeding zijn in te zetten. Op deze manier is biomassa vrij te spelen als grondstof voor de Biobased Economy (BBE).

In het project is een deskstudie uitgevoerd en is een workshop gehouden met stakeholders uit de Agri&Food en Biobased Technology sector (zowel bedrijfsleven als onderzoek).

In de deskstudie zijn methoden geïnventariseerd voor het evalueren van de economische haalbaarheid van nieuwe technologieën voor een efficiënter gebruik. Ook zijn zes cases beschreven waarbij het aannemelijk is dat de benutting van het betreffende diervoeder verhoogd kan worden door gebruikmaking van bioraffinage: raapzaad, zonnebloemzaad, gras, (snij)mais, fish discards en aquatische eiwitten. Bij elke case is gekeken wie de "winnaars" en "verliezers" in de waardeketen zijn na efficiëntere benutting door bioraffinage van de bedoelde grondstof.

Methoden voor het bepalen van de economische haalbaarheid van nieuwe technologieën zijn te verdelen naar kwalitatieve methoden, zoals value chain mapping, en kwantitatieve methoden, zoals activity based costing. Kwantitatieve methoden zijn verder onder te verdelen in deterministische rekenmodellen, waarbij alleen met gemiddelden wordt gerekend, en complexe stochastische simulatiemodellen, die rekening houden met risico's en onzekerheden in bijvoorbeeld prijzen en samenstelling. Met deze modellen wordt inzicht verkregen in de robuustheid van nieuwe technologieën ten aanzien van markt- en kwaliteitsrisico's.

Bij grondstoffen die doorgevoerd worden via Nederland (ruim 9.000 kton droge stof) kan naar schatting ca. 1.743 kton droge stof worden vrijgemaakt voor de BBE. Vooral raapzaadschroot en zonnebloemschroot/- schilfers lijken diervoedergrondstoffen waarmee nieuwe ketens ontwikkeld kunnen worden. Volgens een bioraffinagemethode die in ontwikkeling is, kan van het geïmporteerde volume raapzaadschroot (700 kton ds) en zonnebloemschroot/- schilfers (525 kton ds) ruim 40% vrijgemaakt worden voor de BBE, respectievelijk 297 kton ds en 223 kton ds. Het betreft de lignocellulosefractie en een deel van de (hemi)cellulosesuikers, welke laatste fractie omgezet kan worden in melkzuur dat toegepast kan worden om zetmeel in diervoeder en in de BBE te vervangen. Het deel met een hoog eiwitgehalte kan ingezet worden voor varkens- en pluimveevoeding. Het is aan te bevelen om een economische analyse van de robuustheid van de bioraffinagemethode ten aanzien van kwaliteit- en marktrisico's uit te voeren. Overleg met de stakeholders van grondstoffen die via Nederland doorgevoerd worden en stakeholders die de genoemde oliezaden crushen, is gewenst.

In Nederland is inmiddels de nodige ervaring opgedaan met de raffinage van weide- en kuilgras. Er is ingeschat dat bijna 2.700 kton ds aan componenten uit gras beschikbaar kan worden gemaakt voor BBE-toepassingen. Eiwitconcentraat uit gras kan als alternatief voor sojaschroot in Nederlandse diervoeders worden ingezet, waarbij het in theorie 82% van de sojaschrootimport kan vervangen. Het is aan te bevelen opschaling tot een bedrijfsmatige installatie voor grasraffinage te stimuleren, waarbij

verder onderzoek onontbeerlijk is. Hierbij is te denken aan het optimaliseren van de raffinagetechniek in bedrijfsverband ofwel boerderijniveau.

Vanaf 2010 is door ACRRES (Lelystad) de ethanolproductie van het zetmeel en de valorisatie van de eiwit- en de restfractie uit maïskorrels van snijmais in een decentrale opzet onderzocht. De business case was onvoldoende renderend. Het onderzoek is daarom stilgelegd. Daarna is raffinage van maïskorrels van de snijmaisteelt onderzocht waarbij zetmeel, melkzuur en een eiwitrijk maïsproduct werden gevormd. Het eiwitrijke maïsproduct kan sojaschroot qua kwaliteit vervangen, maar wel met de kanttekening dat er synthetische aminozuren toegevoegd moeten worden (vooral voor lysine en tryptofaan) vanwege nogal lage gehalten van deze aminozuren. De hiermee gemaakte kosten en het werken op boerderijschaal maken dat met dit raffinageconcept geen rendabele business case is te bereiken. Er is dan ook gestopt met dit project wat betreft raffinage van maïskorrels. Verwerking en raffinage van korrelmais is volledig in handen van grote internationale bedrijven die deze maïs importeren en verwaarden zowel voor diervoeders (maïsgluten) als humane voeding. De bedrijven zijn druk bezig met het verwaarden in de BBE, zoals zetmeel, maïsgluten en maïskiemen. Onderzoek naar het vrijmaken van Biobased-componenten is aan te bevelen. Echter, op korte termijn is vrijspelen van componenten voor de BBE niet interessant.

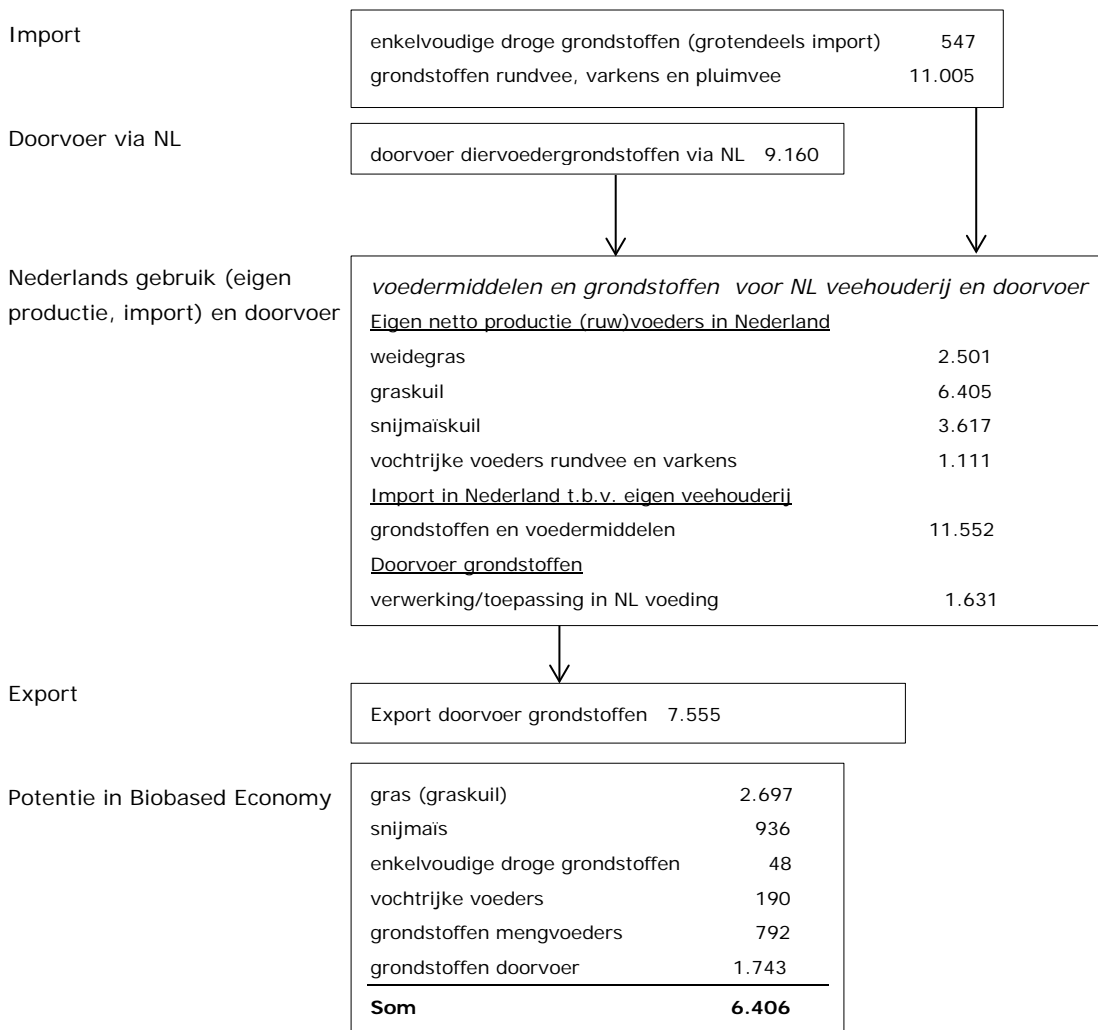
Bij aquatische eiwitten is zeewier een voor de toekomst mogelijk interessante teelt. Onder andere omdat zeewierteelt geen beslag legt op land. Wereldwijd is de zeewierproductie 2,3 miljoen ton droge stof per jaar. In Nederland is onderzoek naar de teelt gestart. Raffinage biedt kansen voor het op hoog niveau verwaarden van inhoudsstoffen met een resterende fractie die verwerkt wordt in diervoeders. Teelt- en raffinagemethoden moeten nog (verder) worden ontwikkeld en kostentechnisch beproefd. De algenproductie is wereldwijd met 420 ton droge stof gering; de Nederlandse productie is niet noemenswaardig. Uit onderzoek blijkt dat kwalitatief gezien gedeeltelijke vervanging van sojaschroot door bepaalde algensoorten mogelijk is. Echter, de kosten van algeneiwit in diervoeders zijn (nog) zodanig hoog dat eerst moet worden gewerkt aan verlaging van teeltkosten van algen. Aquatische eiwitten hebben met name een groot langetermijnperspectief en daardoor is op korte termijn inzet van deze grondstoffen voor de BBE niet interessant.

Fish discards kunnen in Nederland (na bioraffinage) op jaarbasis maximaal 8.500 ton droge stof eiwit en 2.300 ton olie leveren. Deze volumes eiwit en olie kunnen verder verwerkt worden in ketens voor hoogwaardige producten. Deze ketens moeten nog wel ontwikkeld worden. Hierbij ontstaan mogelijk restproducten die van nut kunnen zijn voor de diervoedersector. Echter, de genoemde volumes zijn zodanig klein en de doorlooptijd lang waardoor toepassingen op de korte en langere termijn niet te verwachten zijn.

In de workshop is geïnventariseerd van welke grondstoffen deelnemers vinden dat een efficiënter gebruik nodig/mogelijk is. Daarna zijn van deze grondstoffen er vier geprioriteerd. De voerdersmiddelen/grondstoffen met een hoge prioriteit (d.w.z. een hoge potentie voor efficiënter gebruik) zijn: gras, snijmais/korrelmais, kool-/raapzaadschroot en zonnebloemenschroot/-schilfers.

De efficiëntere benutting van raapzaadschroot, zonnebloemenschroot en gras kunnen wat betreft het raffinageproces in principe leiden tot 100% vervanging van geïmporteerd sojaschroot in Nederland. Het is echter de vraag of dit in de praktijk op korte termijn gaat gebeuren gezien de belangen van enkele grote internationale crush-bedrijven. Anderzijds zijn er ook belangen van de bedrijven die de oliehoudende zaden – raapzaad en zonnebloemzaad – bewerken en de schroten/schilfers van deze zaden verder verwerken en ook de akkerbouwers in de EU die deze zaden kunnen gaan telen. Tenslotte zullen bij decentrale bioraffinage van gras de bioraffinagebedrijven en de melkveehouders van sojaschrootvervanging profiteren. Met andere woorden: de voortschrijdende techniek van raffineren van de genoemde oliezaadschroten en het optimaliseren van raffinagetechniek van gras op bedrijfsniveau zal op de langere termijn bij een rendabele business case de import van sojaschroot (deels) gaan vervangen.

De import, de doorvoer van grondstoffen (import en export), de eigen productie van (ruw)voeders en de potentie in de Biobased Economy in Nederland is schematisch weergegeven in onderstaand schema (in kton ds/jaar). Bij het vrijspelen van componenten voor de BBE is uitgegaan van het niet-benutbare deel van de organische stof van grondstoffen door het dier, waarbij de verteringscoëfficiënt van de organische stof (VCOS) als parameter gebruikt werd.



In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van meer of minder kansrijke cases die in dit project aan de orde geweest zijn:

Case	Beschikbaar volume voor BBE (kton/Jr) in NL	TRL*	Marktintroductie	Verliezers**	Winnaars***
Raapzaad	0/+	Fase 4	0	Soja-importeurs en crush-bedrijven soja	Biodieselbedr./ akkerbouwers/crushers raapzaad zonnebloemzaad
Zonnebloemzaad	0/+	Fase 4	0	Soja-importeurs en crush-bedrijven soja	Biodieselbedr./ akkerbouwers crushers raapzaad zonnebloemzaad
Gras	+	Fasen 6/7	0/+	Crush-bedrijven soja	Bioraffinagebedr./ melkveehouders
Snijmaïs	-	Fasen 6/7	-	n.v.t.	n.v.t.
Aquatische eiwitten	-	Fase 3	-	n.v.t.	n.v.t.
Fish discards	-	Fase 3	-	n.v.t.	n.v.t.

*Technology Readiness Level: geeft een indicatie van de fase waarin een ontwikkelingsproject zich bevindt. Negen fases zijn gedefinieerd die samen het totale ontwikkelingsproces weergeven (<http://www.rte.nl/en/node/281>), waarbij fase 1 de start van het ontwikkelingsproces is.

**De crush-bedrijven zullen minder omzet draaien met het crushen van sojabonen, waardoor o.a. sojaschroot ontstaat. Bij de cases raapzaad/zonnebloemzaad zouden de bedrijven kunnen overgaan op meer import van raapzaad/zonnebloemzaad en hun crush-apparatuur gebruiken voor raapzaad/zonnebloemzaad crushen en raapzaad-/zonnebloemschroot fractioneren. Bij de case gras valt het werk van de soja-importeurs en soja-crushers deels weg.

***De biodiesel-, bioraffinage- en veehouderijbedrijven zullen meer omzet draaien omdat het benodigde eiwit voor varkens en pluimvee (deels) uit raapzaad(schroot) en zonnebloemzaad(schroot/-schilfers) en gras vrijgemaakt kan worden.

Bovenstaande tabel geeft aan dat er goede vooruitzichten zijn voor de beschikbaarheid, de raffinagetechnieken en marktkansen van gras en van raap- en zonnebloemzaad(schroten/schilfers) in Nederland. Voor snijmaïs zijn de vooruitzichten op korte en langere termijn minder gunstig. Toepassingen (pharma, etc.) voor componenten uit aquatische eiwitten en fish discards hebben lange doorlooptijden en zullen niet op korte of middellange termijn kunnen worden ingezet.

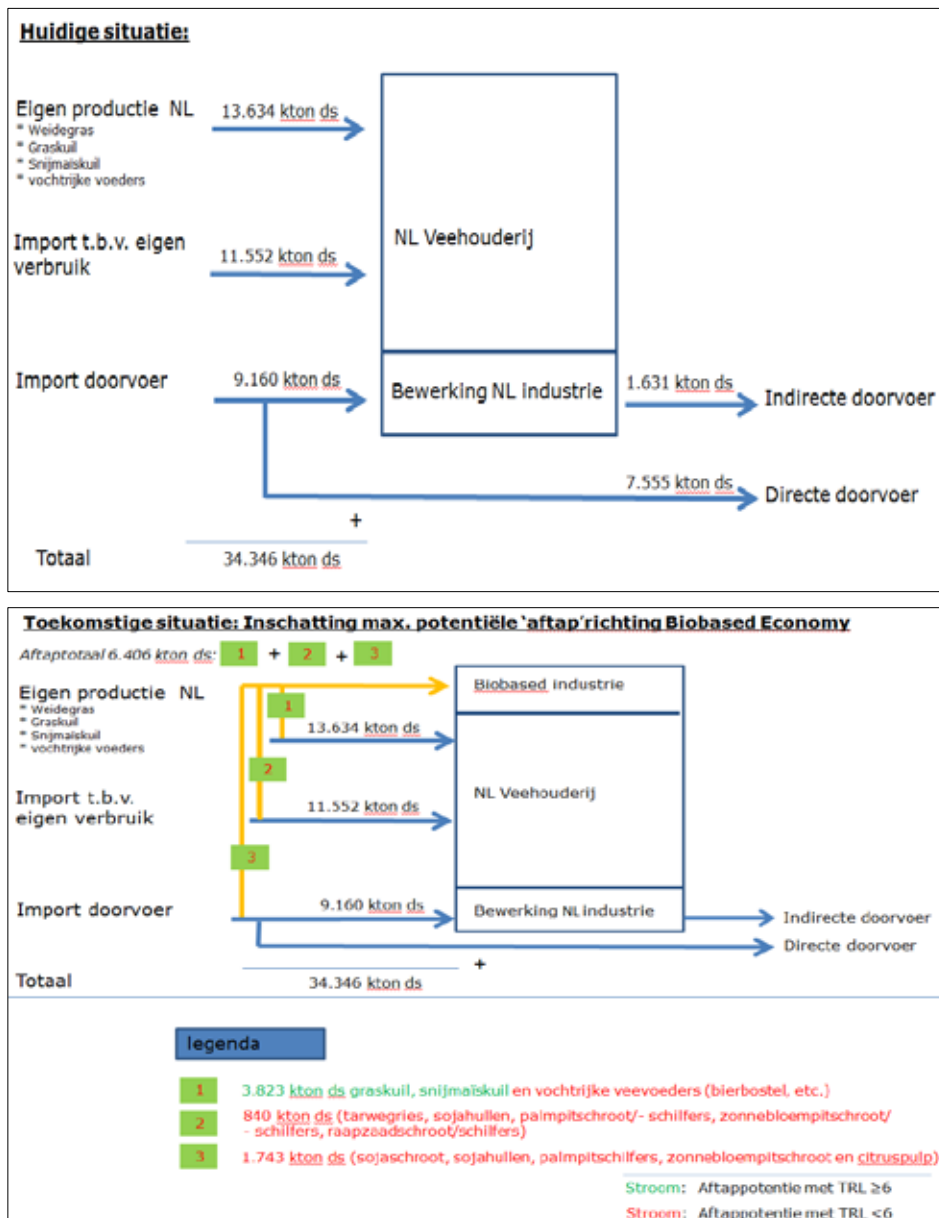
In deze oriënterende studie is ingeschat dat jaarlijks potentieel bijna 6.500 kton ds voedermiddelen/diervoedergrondstoffen door biobased technologie vrijgemaakt kan worden en vervolgens efficiënter kan worden gebruikt in de biobased economy. Gezien de impact die deze ontwikkeling kan hebben voor de agri&food en biobased sectoren in Nederland en voor verduurzaming van het grondstofgebruik (resource use efficiency) is het aan te bevelen om initiatieven op dit terrein in het bedrijfsleven en in het onderzoek te stimuleren en te ondersteunen. De kansen liggen specifiek bij verdere raffinage van de raapzaadschroot en zonnebloemschroot/-schilfers en raffinage van gras.

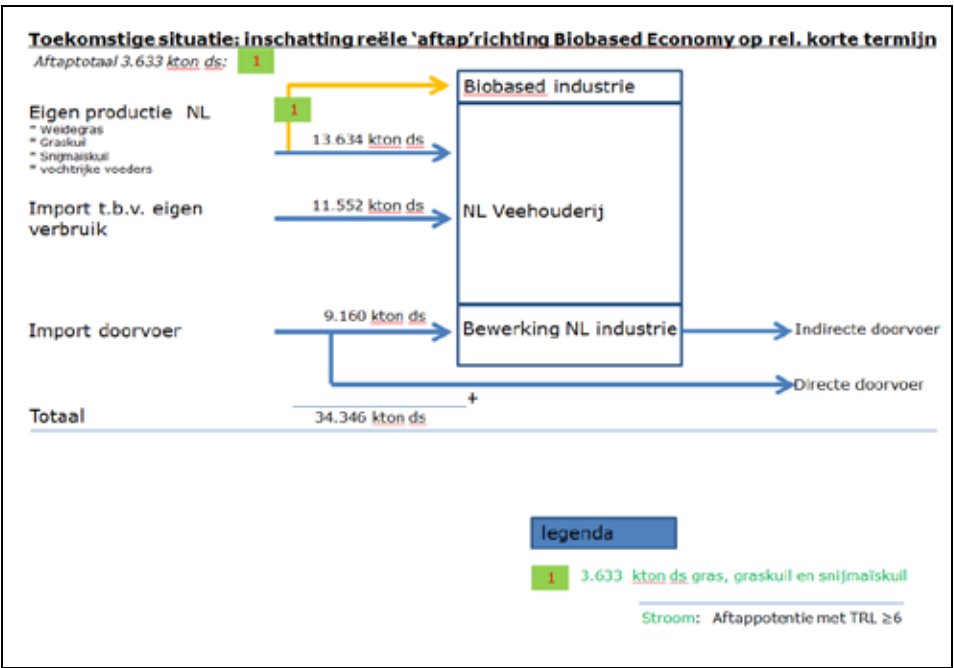
In algemene zin is extra aandacht nodig in het onderzoek, het bedrijfsleven en bij beleidsmakers voor innovaties om laagwaardige producten (waaronder reststromen) geschikt te maken voor hoogwaardige toepassingen. Via inzet van innovatieve technologieën zoals bijvoorbeeld bioraffinage, enzymen, micro-organismen, schimmels en insecten is nog veel vooruitgang mogelijk op gebied van resource use efficiency en het ontwikkelen van een circulaire bio-economy. Hierbij dient beleid ontwikkeld te worden waarin is aangegeven wat wel en niet wenselijk is en binnen welke randvoorwaarden (denk bijvoorbeeld aan economische haalbaarheid en robuustheid, ecologische footprints en volksgezondheidsaspecten).

De essentie van de biobased economy is: het zo hoog mogelijk verwaarden van alle componenten uit een gewas of een grondstof. Daarvoor dienen toepassingen in samenhang ontwikkeld en geëvalueerd te worden. Enerzijds is vierkantsverwaarding van belang omdat in een circulaire economie geen onbenutbare reststromen mogen ontstaan, anderzijds dient technologie ingezet te worden die rekening houdt met de kwaliteitseisen die de afnemers/verwerkers van de verschillende componenten stellen aan de biomassa die zij afnemen. De juiste scheidings- en zuiveringsprocessen dienen te worden ontwikkeld zodat nieuwe componenten die voorheen niet werden geïsoleerd (of te isoleren waren) in de toekomst wel kunnen worden vrijgemaakt en toegepast. Doel is om daarmee de totale opbrengst te verhogen en hernieuwbare grondstoffen ter beschikking te krijgen als alternatief voor

fossiele en minerale grondstoffen. Dit betekent dat bedrijven uit verschillende bedrijfstakken en ketens moeten gaan samenwerken, wil een dergelijke transitie kans van slagen hebben. Een integraal beleid, over ketens heen, is derhalve cruciaal. Ex-ante economische evaluatie van potentiële beleidsopties kan bijdragen aan de ontwikkeling van efficiënt én effectief beleid.

In onderstaand schema is een inschatting gemaakt van de potentiële 'aftap' richting de Biobased Economy van de huidige situatie, de toekomstige situatie en de toekomstige situatie op relatief korte termijn. Voor het stadium waarin een raffinagetechniek zich bevindt is de term "Technology Readiness Level" (=TRL) gebruikt. Het geeft een indicatie van de fase waarin een ontwikkelingsproject zich bevindt. Negen fases zijn gedefinieerd die samen het totale ontwikkelingsproces weergeven (<http://www.rte.nl/en/node/281>), waarbij fase 1 de start van het ontwikkelingsproces is (zie ook voorgaande tabel).





1 Inleiding

In opdracht van en gefinancierd door het Biorenewables Business Platform is het project "Efficiëntere benutting van diervoedergrondstoffen" uitgevoerd.

In Nederland is ca. 35.000 kton ds aan voedermiddelen en diervoedergrondstoffen beschikbaar, enerzijds uit eigen productie, anderzijds via import. Ongeveer 25.000 kton ds hiervan wordt in Nederland gebruikt en ca. 10.000 kton is doorvoer naar andere landen. Van de door Nederland geïmporteerde grondstoffen is sojaschroot waarschijnlijk de bekendste. Sojaschroot is een eiwitrijke diervoedergrondstof die we importeren uit gebieden als Latijns Amerika en de Verenigde Staten. De import van sojaproducten uit Latijns-Amerika staat ter discussie, onder meer vanwege ontbossing in bepaalde productiegebieden en bodemuitputting (humus en mineralen) door intensieve teelt. Een ander (ongunstig) aspect van de invoer van sojaschroot en andere diervoedergrondstoffen is dat met de import ook voercomponenten "meekomen" die niet door het dier worden benut en via feces en urine worden uitgescheiden. Het totale buitenlandse areaal benodigd voor sojateelt voor toepassingen in Nederland bedraagt 708.000 ha (Hoste en Bolhuis, 2010). Andere grondstoffen die Nederland importeert zijn kool-/raapzaad, zonnebloemzaad, maïs, palmpitschilfers etc., waardoor het benodigde teeltareaal buiten Nederland nog groter uitvalt.

Vanuit het perspectief van een efficiënt grondstofgebruik (resource use efficiency) lijkt het aantrekkelijk om door bioraffinage "vooraf" voercomponenten te "verwijderen" die het dier niet kan benutten. Dan worden de niet-benutte componenten niet langer via mest en urine uitgescheiden naar het milieu, maar kunnen ze hun weg vinden naar andere toepassingen binnen de Biobased Economy. Voor de Nederlandse Biobased Economy is het aanboren van nieuwe biomassastromen belangrijk. Om verzekerd te zijn van voldoende beschikbare energiebronnen voor de toekomst, en tegelijkertijd de CO₂-footprint te reduceren, zal wereldwijd 30% van de fossiele brand- en grondstoffen vervangen moeten worden door grondstoffen uit biomassa (bijlage 1). Daartoe zal de jaarlijkse toename van de beschikbare biomassa 4% moeten bedragen. Om dit te kunnen realiseren zijn er globaal drie oplossingsrichtingen (bijlage 1):

1. toename van het productie-areaal voor biomassa;
2. productieverhoging per hectare;
3. efficiëntieverhoging van het gebruik van biomassa-grondstoffen.

Momenteel is het gebruik van grondstoffen voor de productie van levensmiddelen en diervoeders geoptimaliseerd vanuit het oogpunt van waardecreatie op één of hooguit enkele toepassingen. Het gaat doorgaans dus om optimalisatie binnen één keten (zoals de diervoederketen). Echter, voor het ontwikkelen van innovatieve waardeconcepten voor nieuwe technologieën en technieken zal optimalisatie van het gebruik van grondstofcomponenten tussen verschillende sectoren de drijvende kracht moeten zijn. Dat betekent dat naar optimaal gebruik van biomassa vanuit de schakels in de huidige waardeketens juist "over ketens heen" gekeken moet worden. Diervoedertoepassingen zullen economisch een heel belangrijke rol spelen om de componenten voor de biobased-toepassingen tegen voldoende lage kosten beschikbaar te maken zodat deze ook voor energiedoelinden zijn in te zetten.

1.1 Doel van de studie

Deze studie brengt in beeld welke potentieel kansrijke mogelijkheden er zijn om de in Nederland beschikbare voedermiddelen en diervoedergrondstoffen (ca. 35.000 kton/jaar) efficiënter te benutten door de inzet van biobased technology. Een hogere efficiëntie kan worden bereikt via bioraffinage waarmee voercomponenten die het dier niet kan benutten tevoren uit het voer worden gehaald. Door op een andere wijze met de omvangrijke stroom aan voeders en grondstoffen om te gaan, kan een geheel nieuwe (reeds beschikbare) biomassastroom voor de Nederlandse Biobased Economy aangeboord worden.

2 Aanpak

In dit project is een literatuurstudie (deskstudie) uitgevoerd en is een stakeholder workshop gehouden met vertegenwoordigers uit agri&food ketens, onderzoekers en beleidsmakers. De uitkomsten van deze beide onderzoeks-elementen zijn samengebracht in dit rapport.

De deskstudie gaat in op de volumes van verschillende voedermiddelen en diervoedergrondstoffen in Nederland (hoofdstuk 3), en op verwachte ontwikkelingen van diervoederstromen in Nederland (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 zijn enkele mogelijkheden beschreven om de economische haalbaarheid van een verandering in grondstofstromen voor de bijbehorende waardeketens te evalueren. Als voorbeeld is met de 'activity based costing methode' inzicht gegeven in de waardeketen van gras met verschillende productstromen en afzetmogelijkheden bij raffinage. In hoofdstuk 6 zijn zes cases uitgewerkt voor een efficiënter gebruik van respectievelijk gras, (snij)mais, fish discards, raapzaad, zonnebloemzaad en aquatische eiwitten. De beschikbare volumes, het huidige gebruik en de mogelijkheden voor efficiënter gebruik worden besproken. Er is aangegeven welke componenten beschikbaar kunnen komen voor de biobased economy en wat mogelijke "winnaars" en "verliezers" in de waardeketen zijn als het gebruik van de grondstof verandert.

Er is een workshop gehouden over kansrijke potentiële Biobased Economy toepassingen op basis van het efficiënter/effectiever benutten van de in Nederland beschikbare diervoedergrondstoffen (hoofdstuk 7). Tenslotte zijn in hoofdstuk 8 aanbevelingen gegeven.

3 Diervoederstromen in Nederland

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de volumes ruwvoer, enkelvoudige droge grondstoffen, vochtige voeders en mengvoeders. Tevens is aangegeven in welke mate verschillende diervoeders en grondstoffen door landbouwhuisdieren kunnen worden benut, en welk deel door de dieren onbenut blijft.

3.1 Volumes

De diersoorten rundvee, schapen, geiten, paarden en pony's verbruikten in 2013 de volgende hoeveelheden ruwvoer (tabel 1).

Tabel 1

Verbruik ruwvoeders in Nederland in 2013 (bron: CBS, 2014)

Ruwvoer (in droge stof)	verbruik (kton)
Graskuil rundvee	6.405
Grashooi	170
Grashooi voor paarden en pony's	114
Snijmaiskuil	3.617
Weidegras	2.501
Weidegras voor paarden en pony's	124

De hoeveelheden enkelvoudige droge grondstoffen los verstrekt aan melkvee, vleesvarkens en fokvarkens zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2

Enkelvoudige droge grondstoffen los verstrekt aan melkvee, vlees- en fokvarkens (bron: LEI-BIN)

Componenten droge voeders	BIN-cijfers over 2012 (kton ds)		
	melkvee	vleesvarkens	fokvarkens
Broodmeel/koekjesmix (gedroogd)		86.4	19.5
Bietenpulp (gedroogde pulp)	37.5		
Tarwe	77.4	60.7	15.7
Tarweglutenvoer	5.7		
Gerst	6.9	54.1	10.5
Haver	0.3		
Rogge	1.2		
Korrelmaïs	4.3	3.8	18.9
Zonnepitschroot	0.7	2.9	
Grasbrok	1.3		
Sojahullen (schillen)	0.4		
Sojaschroot	60.4	47.8	6.2
Raapzaadschroot	22.8		
Luzernemeel	0.8		
Totaal vervoederd	219.7	256.1	70.8

Tabel 2 laat zien dat bij melkvee vooral bietenpulp, tarweproducten, sojaschroot en raapzaadschroot als enkelvoudige grondstoffen opgenomen zijn in het rantsoen. Bij vleesvarkens zijn dat hoofdzakelijk de grondstoffen broodmeel, tarweproducten, gerstproducten en sojaschroot en bij fokvarkens de grondstoffen broodmeel, tarweproducten, gerstproducten en korrelmaïs.

Het verbruik van vochtrijke voeders van verschillende industrieën voor melkvee en varkens is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3

Verbruik vochtrijke voeders van rundvee en varkens (bron: OPNV)

Voeder uit:	verbruik rundvee (in kton ds)	verbruik varkens (in kton ds)
Graanverwerkende industrie	173	183
Aardappelverwerkende industrie	104	118
Suikerindustrie	197	0
Fermentatie-industrie	79	135
Zuivelindustrie	0	57
Diversen	16	49
Totaal	568	543
Op mengvoerbasis (88% droge stof)		618
waarvan		
toegerekend aan vleesvarkens (90%)		556
toegerekend aan fokvarkens (10%)		62

Het rundvee - voornamelijk melkvee – verbruikt de meeste vochtrijke voeders van de graanverwerkende (bierbostel, 126 kton; verse maisgluten, 47 kton) en de suikerindustrie (perspulp, 189 kton). Van de aardappelverwerkende industrie wordt voor rundvee voornamelijk aardappelpersvezel en aardappelsnippers, 89 kton) afgenomen. Tarwegistconcentraat is het belangrijkste voeder dat van de fermentatie-industrie wordt afgenomen (in de zuivelsector zijn er echter beperkingen bij het gebruik van tarwegistconcentraat, o.a. omdat dit voedermiddel wordt geassocieerd met geur en smaakafwijkingen bij de kaasbereiding). Varkens verbruiken de meeste voeders van de graanverwerkende industrie (tarwezetmeel, 158 kton), de aardappelverwerkende industrie (aardappelstoomschillen, 75 kton) en de fermentatie-industrie (tarwegistconcentraat, 133 kton).

Het verbruik van mengvoeders voor de verschillende diersoorten is weergegeven in tabel 4.

Tabel 4

Verbruik mengvoeders (kton) bij rundvee, varkens, pluimvee en vleeskalveren in 2013 en 2014
(bron: Fefac)

Diersoort	2013 kton	2014 (schatting) kton
Rundvee	3.543	3.681
Vleesvee	487	
Melkvee + kalveren (excl. kalvermelk)	3.056	
Varkens	5.360	4.992
Vleesvarkens	3.490	
Fokzeugen + biggen (tot 22 kg)	1.870	
Pluimvee	3.602	3.135
Vleeskuikens	1.585	
Leghennen + vermeerderingssector	2.017	
Vleeskalveren (=melkpoeder)	616*	606
Andere diersoorten	320	424
Totaal	13.441	12.838

*hoofdzakelijk voor vleeskalveren

3.2 Mogelijkheden efficiënter gebruik

Uit de tabellen 1 t/m 4 kan een samenvattende tabel worden gemaakt die een goed inzicht geeft in de voederstromen voor de belangrijkste diersoorten rundvee, varkens en pluimvee en in het aandeel van een voeder ten opzichte van de totale voederstroom in Nederland (tabel 5). Voor mengvoeders zijn de cijfers van 2013 gebruikt uit tabel 4.

Tabel 5

Voederstromen (verbruik in kton ds) van de vijf belangrijkste veehouderijsectoren in Nederland

type voeder	rundvee	Fok- vark.	vlees- vark.	leg- hennen	vlees- kuikens	totaal	voeder in % tot. voeder- verbruik
weidegras	2501					2501	9,8
graskuil	6405					6405	25,6
snijmaiskuil	3617					3617	14,2
hooi	170					170	0,7
Enkelvoud. voeders	220	71	256			547	2,1
vochtrijke voeders	568	54	489			1111	4,4
mengvoeders	3118	1646	3071	1775	1395	11005	43,2
Totaal	16698	1771	3816	1775	1395	25455	
Voederstromen per diersoort in % van totaal grondstof- verbruik.	65,6	7,0	15,0	7,0	5,5		

Opvallend is het hoge verbruiksaandeel van de totale voederstroom in de rundveesector: ruim 65,6% (tabel 5). Van dit aandeel is 76,6% ruwvoer en 18,7% mengvoeder, en de rest enkelvoudige en vochtrijke voeders (4,5%). Bij fokvarkens omvat het rantsoen 92,9% mengvoeder en de rest enkelvoudige en vochtrijke voeders (ruim 7%). Het vleesvarkensrantsoen bevat 80,5% mengvoer. De rantsoenen voor leghennen en vleeskuikens bestaan zelfs uit 100% mengvoer. Verder is in tabel 5 te zien dat 50,3% van het voederverbruik in Nederland uit ruwvoerders bestaat en ruim 43,0% uit mengvoerders. De rest zijn enkelvoudige en vochtrijke voeders.

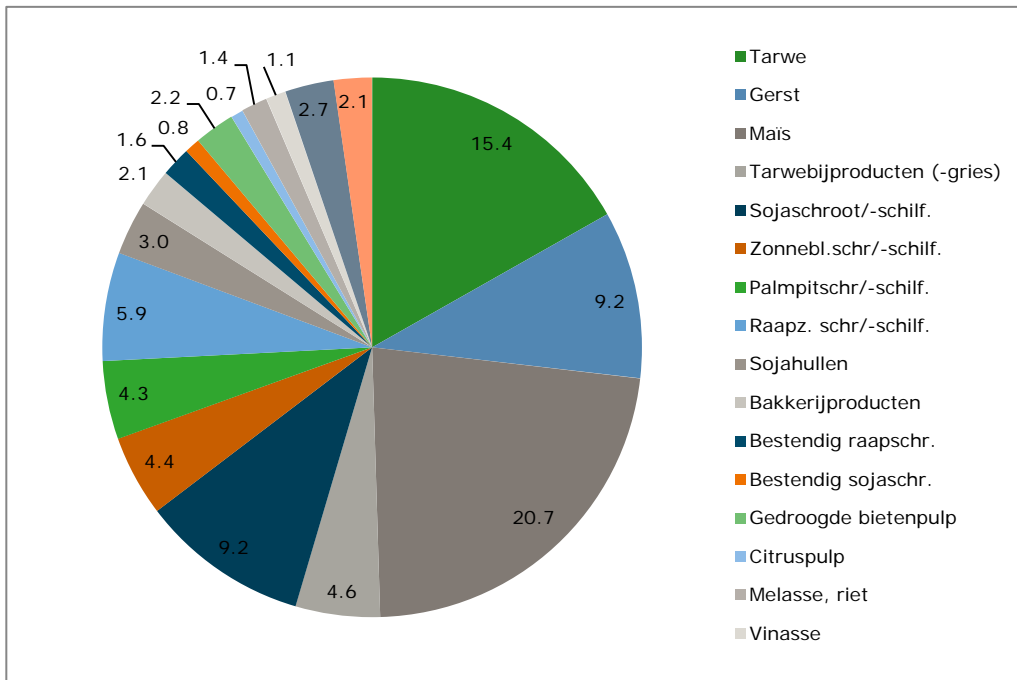
Met data van de mengvoederindustrie uit 2014 is berekend hoeveel mengvoeder is geproduceerd in 2014 en wat het aandeel is van de veehouderijsectoren rundvee, varkens, pluimvee en overig. De totale mengvoederproductie is 13.400 kton (88% ds). Het aandeel van de gebruikte grondstoffen is berekend (Bikker, 2015). De grondstoffen met het grootste aandeel in het totale grondstofverbruik over de diersoorten rundvee, varkens en pluimvee is weergegeven in tabel 6. Het totale aandeel in het grondstofverbruik van deze diersoorten is aangegeven in Bikker (2015).

Tabel 6

Grondstofgebruik in mengvoerders (88% ds) van rundvee, varkens, pluimvee en overige diersoorten (bron: Bikker, 2015)

	percentage	rundvee	varkens	pluimvee	overig
	van totaal	in% totaal	in% totaal	in% totaal	in% totaal
Tarwe	15,4	1,8	4,0	9,4	0,2
Gerst	9,2	0,9	7,9	0,0	0,4
Mais	20,7	3,3	8,6	8,3	0,5
Tarwebijprod.(-gries)	4,6	0,6	3,8	0,1	0,2
Sojaschr./-schilf.	9,2	1,7	2,7	4,8	0,0
Zonnebl.schr./-schilf.	4,4	1,7	0,9	1,8	0,1
Palmpitschr./-schilf.	4,3	3,8	0,2	0,0	0,3
Raapzaadschr./-schilf.	5,9	2,6	2,6	0,5	0,2
Sojahullen	3,0	2,4	0,3	0,0	0,3
Bakkerijproducten	2,1	0,0	2,1	0,0	0,0
Bestendig raapschr.	1,6	1,5	0,0	0,0	0,1
Bestendig sojaschroot	0,8	0,8	0,0	0,0	0,0
Gedroogde bietenpulp	2,2	1,3	0,7	0,0	0,2
Citruspulp	0,7	0,6	0,0	0,0	0,1
Melasse, riet	1,4	0,7	0,7	0,0	0,1
Vinasse	1,1	1,0	0,0	0,0	0,1
Weipoeder/WPC	2,7	0,0	0,0	0,0	2,6
Krijt/kalksteen	2,1	0,3	0,4	1,4	0,0
Subtotaal	91,5	25,1	34,7	26,3	5,3

Tabel 6 laat zien dat 91,5 % van 13.400 kton mengvoeder wordt gerealiseerd door het aandeel van de 18 genoemde grondstoffen in deze tabel. Hierbij is ook het aandeel van elke diersector en de categorie "overig" aangegeven. De granen tarwe, gerst, maïs vertegenwoordigen 49,5% van het totale mengvoederverbruik in Nederland (figuur 1).



Figuur 1 Aandeel van 18 grondstoffen, waarbij het vermelde aandeel per grondstof betrekking heeft op het totale mengvoederverbruik in Nederland

Benutting grondstoffen

De benutting van grondstoffen door het dier is weergegeven in tabel 7. De verteringscoëfficiënt van de organische stof (=VCOS) is een goede parameter voor de benutting. Het geeft aan hoeveel procent van het voedermiddel het dier verteert. Het gaat om de zogenaamde schijnbare verteerbaarheid, dat wil zeggen $100\% * \{[OS \text{ in het voer} - OS \text{ in de mest}] / OS \text{ in het voer}\}$. Hierbij wordt opgemerkt dat de mest ook een kleine hoeveelheid zogenaamde endogene componenten bevat. Dit zijn geen onverteerde voercomponenten maar stoffen die het lichaam uitscheidt zoals lichaamscellen uit het maagdarmkanaal, gal, slijm etc. De schijnbare verteerbaarheid is daardoor altijd een zekere onderschatting van de werkelijke verteerbaarheid.

Tabel 7

Verteringscoëfficiënt van de organische stof (=VCOS) van een aantal grondstoffen bij herkauwers (VCOSh) en varkens (VCOSv). Verteringscoëfficiënt van het ruw eiwit (=VCRE) van een aantal grondstoffen bij herkauwers (VCREh) en varkens (VCREv); bron: CVB, 2011.

Voeder	VCOSh (%)	VCOSv (%)	Voeder	VCREh (%)	VCREv (%)
Tarwestro	42	-	Melasse riet	14	29
Bierbostel	64	55	Tarwestro	23	-
Zonnebloemzaadschroot	65	60	Aardappelpersvezel	36	-
Grashooi	70	-	Snijmaiskuil	45	-
Palmpitschilfers	73	70	Citruspulp	49	34
Tarwegries	74	64	Sojahullen	59	31
Snijmaiskuil	74	-	Grashooi	60	-
Graskuil	76	-	Bietenpulp (droog)	60	45
Palmpitschroot	77	75	Mais	62	74
Raapzaadschroot	78	70	Bietperspulp (vers+kuil)	66	49
Kokosschroot	80	78	Maisglutenvoer (vers+kuil)	72	77
Melasse, riet-	81	87	Kokosschroot	73	67
Lijnzaad	82	70	Palmpitschilfers	74	60
Maisglutenvoer (droog)	82	67	Bierbostel	75	74
Maisglutenvoer (vers+kuil)	83	70	Graskuil	75	-
Sojahullen	84	53	Gerst	75	73
Gras vers	84	-	Tarwe	75	81
Aardappelpersvezel	84	-	Melasse, biet-	75	39
Gerst	85	83	Maisglutenvoer (droog)	77	76
Citruspulp	86	79	Tarwegries	78	71
Bietenpulp (droog)	86	82	Lijnzaad	80	76
Bietperspulp (vers+kuil)	88	85	Gras vers	84	-
Aardappeleiwit	89	92	Raapzaadschroot	85	77
Tarwe	89	89	Vinasse	85	40
Mais	90	91	Zonnebloemzaadschroot	87	80
Vinasse	90	71	Aardappeleiwit	89	93
Melasse, biet-	90	80	Sojaschroot	91	92
Sojaschroot	91	90			
Vet/olie plantaardig	95	95			

Tabel 7 toont in de linkerhelft een reeks van grondstoffen gerangschikt op basis van een oplopende VCOS voor herkauwers (VCOSh). In de rechterhelft van deze tabel zijn diverse grondstoffen gerangschikt op basis van een oplopende VCRE voor herkauwers (VCREh). Een globale blik op deze lijst maakt duidelijk dat ongeveer een kwart van de biomassa in diervoedergrondstoffen door het dier onbenut blijft. Dat wil overigens niet zeggen dat niet-verteerde voercomponenten geen functie vervullen voor het dier. Niet-verteerde voerdeeltjes bestaan onder meer uit celwanden/vezels. Deze vezels vervullen enkele belangrijke functies voor het dier, met name in het verteringsproces. Zo stimuleren de vezels het kauwproces en daarmee de speekselproductie. Bij herkauwers zijn ze bovendien nodig voor een goede herkauwactiviteit en een gezonde penswerking en bij pluimvee vervullen ze een rol in de kropwerking. Verder beïnvloeden vezels de maaglediging, de mate van verzadiging, de passagesnelheid van voer in het maagdarmkanaal, de darmmotiliteit en de microbiota in het maagdarmkanaal. Tot slot zijn er voorbeelden van relaties tussen de voeding van vezels en het diergedrag.

In deze studie is de aanname gedaan dat het onverteerbare aandeel van het voer als maat genomen kan worden voor de maximale potentiële beschikbaarheid van biomassa uit diervoederstromen voor de biobased economy (=BBE). Daarmee kan per diervoedergrondstof uitgerekend worden hoeveel biomassa is vrij te spelen voor biobased toepassingen. Overigens is deze aanname enigszins arbitrair. Enerzijds vervullen onverteerbare voerbestanddelen een biologische functie in de spijsvertering en kunnen ze niet geheel geëlimineerd worden uit het voer (zie vorige bladzijde). Anderzijds is de aard van de nutriënten in het verteerbare deel van het voer nog relevant. Zo kunnen dieren een deel van de aminozuren (bouwstenen van eiwitten) gebruiken als energiebron. Dit betreft de zogenaamde glucogene aminozuren. Daarmee leveren de aminozuren wel energie, maar worden de eiwitten inefficiënt benut. Bovendien zijn er forse verschillen tussen diersoorten en leeftijdsfasen binnen diersoorten. Zo kunnen herkauwers uit een (laagwaardige) stikstofbron, in combinatie met pensfermenteerbare energie zelf microbiëel eiwit vormen in de pens. Daarentegen hebben eenmagige dieren behoefte aan essentiële aminozuren die in het voer zijn opgenomen.

Aanvullend onderzoek is gewenst om nauwkeuriger in kaart te brengen welk deel van een voermiddel of diervoedergrondstof via bioraffinage tevoren verwijderd kan worden zonder dat het ten koste gaat van de gezondheid en de productie van het dier.

Ter illustratie is uitgewerkt hoe voor ingekuuld gras is in te schatten welke hoeveelheid beschikbaar kan worden gemaakt voor de biobased economy. In Nederland is in theorie 11.237 kton droge stof gras potentieel beschikbaar voor graskuil in de rundveehouderij. In dit volume is het verschil in oogstverliezen, conserverings- en bewaarverliezen, uitkuil- en broeiverliezen, en hogere opbrengsten door veredeling van voorgedroogd gras ten opzichte van het volume graskuil (6.405 kton ds) genoemd door CBS (2014) verrekend (zie berekening in paragraaf 6.3). Gemiddeld kan ca. 24% van de organische stof uit graskuil niet door het vee worden benut. Dat betekent dat in potentie $0,24 * 11.237 \text{ kton ds} = 2.697 \text{ kton ds}$ kan worden toegepast in de BBE. Vers weidegras daarentegen blijft noodzakelijk als voermiddel in de melkveehouderij omdat de melkveehouderij en zuivelketen weidegang in Nederland willen behouden. Hoewel het volume vers weidegras als restpost wordt berekend is dit volume wel gerelateerd aan het percentage weidegang in Nederland (Van Bruggen, 2014), waarbij rekening gehouden wordt met alleen overdag weiden of dag en nacht weiden en de lengte van het weideseizoen. Dit betekent dat het huidige volume vers weidegras volledig beschikbaar moet blijven voor weidegang en niet kan worden ingezet voor de BBE.

Ook van snijmais, het andere belangrijke ruwvoeder in de rundveehouderij, kan een inschatting gemaakt worden van het beschikbare deel voor biobased-toepassingen. Snijmais wordt in Nederland voor nagenoeg 100% aan de dieren verstrekt als snijmaiskuil. Het gaat om een volume van 3.600 kton per jaar. Ongeveer 26% van de organische stof uit snijmaiskuil kan niet door het dier benut worden en is daarom een potentiële bron van toepassing voor de BBE. Het betreft een volume van $0,26 * 3600 \text{ kton ds} = 936 \text{ kton ds}$.

Verder zijn niet-verteerde componenten uit mengvoedergrondstoffen een belangrijke potentiële bron voor biobased toepassingen. In tabel 8 zijn grondstoffen vermeld waarvan gemiddeld 30% van de organische stof niet door het dier kan worden benut. Het totaal volume van deze grondstoffen is bijna 3.000 kton product. Hierdoor kan in potentie $0,30 * 3.000 * 0,88 \text{ kton ds} = 792 \text{ kton ds}$ toegepast worden in de BBE. Overigens is het ook denkbaar dat Nederland een grotere hoeveelheid grondstoffen importeert als in Nederland technologie beschikbaar komt om op grote schaal grondstoffen te

bewerken. Er zijn nu omvangrijke volumes grondstoffen beschikbaar op andere continenten die daar niet of nauwelijks tot waarde worden gebracht. Denk bijvoorbeeld aan materieel met een hoog risico op besmetting met schimmels/mycotoxinen. Als dergelijke grondstoffen hier kunnen worden bewerkt en geconverteerd naar veilige grondstoffen, dan kunnen ze hier worden ingezet in de BBE.

Tot slot kunnen uit vochtrijke diervoeders en enkelvoudige voeders componenten bestemd worden voor de BBE. Bij de vochtrijke voeders is bijvoorbeeld van bierbostel 40% niet door het dier benutbaar en bij de overige voeders afkomstig van de graan-, aardappel-, suikerverwerkende- en fermentatie-industrie wordt circa 16% niet benut. Dit betekent dat van bierbostel $0,40 * 126 \text{ kton ds} = 50 \text{ kton ds}$ en van de overige voeders $0,16 * 874 \text{ kton ds} = 140 \text{ kton ds}$ toegepast kan worden in de BBE. Van de enkelvoudige voeders kan berekend worden dat 48 kton ds kan worden vrijgemaakt voor de BBE. Voor de berekening van genoemde grondstoffen in mengvoeders in tabel 8. Deze tabel is berekend uit gegevens van Bikker (2015).

Tabel 8

Procentueel aandeel van grondstoffen in mengvoeders (88% ds) die gemiddeld minder dan 75% benut worden (op basis van VCOS) door varkens, pluimvee, rundvee en overige diersoorten.

	mengvoer in NL	varkens	pluimvee	rundvee	overig
	% totaal (gesommeerd)	in% totaal	in% totaal	in% totaal	in% totaal
tarwegries	4.6	3.8	0.1	0.6	0.2
Zonnebl.schr/-schilf.	4.4	0.9	1.8	1.7	0.1
Palmpitschr/-schilf.	4.3	0.2	0.0	3.8	0.3
Raapz. schr/-schilf.	5.9	2.6	0.5	2.6	0.2
Sojahullen	3.0	0.3	0.0	2.4	0.3
Totaal	22.3	7.8	2.4	11.1	1.1

Indien voor het dier onbenutbare voercomponenten door bioraffinage tevoren uit het voer worden verwijderd, of indien door technologische behandeling van het voer de verteerbaarheid verhoogd kan worden (ontsluiting), neemt de verteringscoëfficiënt van het voer toe. Het voer gaat dan meer op "astronautenvoer" lijken, met een hoge concentratie aan benutbare nutriënten. In het Tabellenboek Veevoeding van het CVB (www.cvbdiervoeding.nl) is voor de verschillende landbouwhuisdieren (en voor verschillende leeftijds-/productiefasen) nauwkeurig aangegeven wat de behoefte van het dier aan benutbare energie, eiwit en andere nutriënten is. De mate waarin in deze energie- en nutriëntenbehoefte wordt voorzien door het voer heeft niet alleen te maken met de concentratie aan benutbare nutriënten in het voer, maar ook met het voeropnameniveau.

3.3 Doorvoer diervoedergrondstoffen

Vanuit Nederland worden diervoedergrondstoffen doorgevoerd naar andere EU-landen. Het gaat hoofdzakelijk om de producten die in tabel 9 zijn vermeld. Deze inventarisatie van diervoedergrondstoffen is niet volledig omdat kleinere grondstofstromen niet in kaart zijn gebracht, waardoor de totale som aan doorvoer van diervoedergrondstoffen (tabel 9) wat te laag is ingeschat.

Tabel 9

Doorvoer van diervoedergrondstoffen (in kton ds) via Nederland naar andere EU-landen.

Grondstof	Volume doorvoer (kton ds)	bron	Geschat % voor BBE	Volume na bewerking voor BBE (kton ds)
Sojabonen, Sojameel en Sojaolie	6.160	Van Gelder & Herder, 2012	20	1.031*
Sojahullen	1.500	Gotink, 2015	20	300
Palmpitschilfers	750	Gotink, 2015	20	150
Zonnepitschroot	500	Gotink, 2015	42,5**	212
Citruspulp	250	Gotink, 2015	20	50
Som	9.160			1.743

* uitgegaan is van 5.155 kton sojaschroot, de rest (1.005 kton is soja-olie en sojabonen; bron: Van Gelder & Herder, 2012)

** dit percentage is berekend in paragraaf 6.2 (tabel 13)

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor de Biobased Economy

Vanuit de doorgevoerde grondstoffen kan door (verdere) bewerking of raffinage in Nederland 1.743 kton ds vrijgemaakt worden voor de BBE (tabel 9). Het percentage van zonnepitschroot dat vrijgemaakt kan worden, is afgeleid uit tabel 13 waarin berekeningen zijn gemaakt voor raffinage van zonnepitschroot. Bij het vrijmaken van componenten voor de BBE uit sojaschroot is uitgegaan van de samenstelling van sojabonen waaruit de olie gehaald is (Mulder et al., 2013). Wanneer de olie eruit geperst is blijft sojameel over met 50% eiwit, 37,5% koolhydraten, 6,25% vezels en 6,25% as. Stel dat 40% van de koolhydraten (als melkzuur) en 50% van de vezels en as vrijgespeeld worden voor de BBE, dan is totaal 20% voor de BBE beschikbaar. Bij de overige grondstoffen in tabel 9 is ervan uitgegaan dat een analoge berekening kan worden toegepast.

3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk is inzicht gegeven in de stromen van ruwvoer, mengvoer, vochtrijke voeders, enkelvoudige droge voeders in Nederland en doorvoer van voeders via Nederland. Daarnaast is een inschatting gemaakt van het aandeel van dit voer dat niet door de dieren benut kan worden en daarmee potentieel toepassing is in de Biobased Economy. Dit is samengevat in tabel 10.

Tabel 10

Volumes van enkele belangrijke categorieën in Nederland beschikbare voedermiddelen (vm) en diervoedergrondstoffen (gr) en geschatte hoeveelheden die hieruit vrijgemaakt kunnen worden voor de Biobased Economy (BBE)

Voedermiddel/grondstof	Volume vm/gr (kton ds)	Geschat % voor BBE	Volume (kton ds) voor BBE
Gras (graskuil)	11.237	24	2.697
Snijmais	3.617	26	936
Vochtrijke voedermiddelen	1.000	19	190
Enkelvoudige droge voeders	430	11	48
Grondstoffen mengvoeders	2.640	30	792
Grondstoffen doorvoer	8.155	21	1.743
tarwe, maïs, gerst	5.350	0*	0
grondstoffen, kleine volumes**	1.241	0*	0
grondstoffen doorvoer NL***	660	0*	0
Som****	34.615		6.406

*deze percentages zijn op nul gesteld, omdat de benuttingspercentages hoog zijn (b.v. granen) of de grondstoffen relatief in kleine volumes voorkomen.

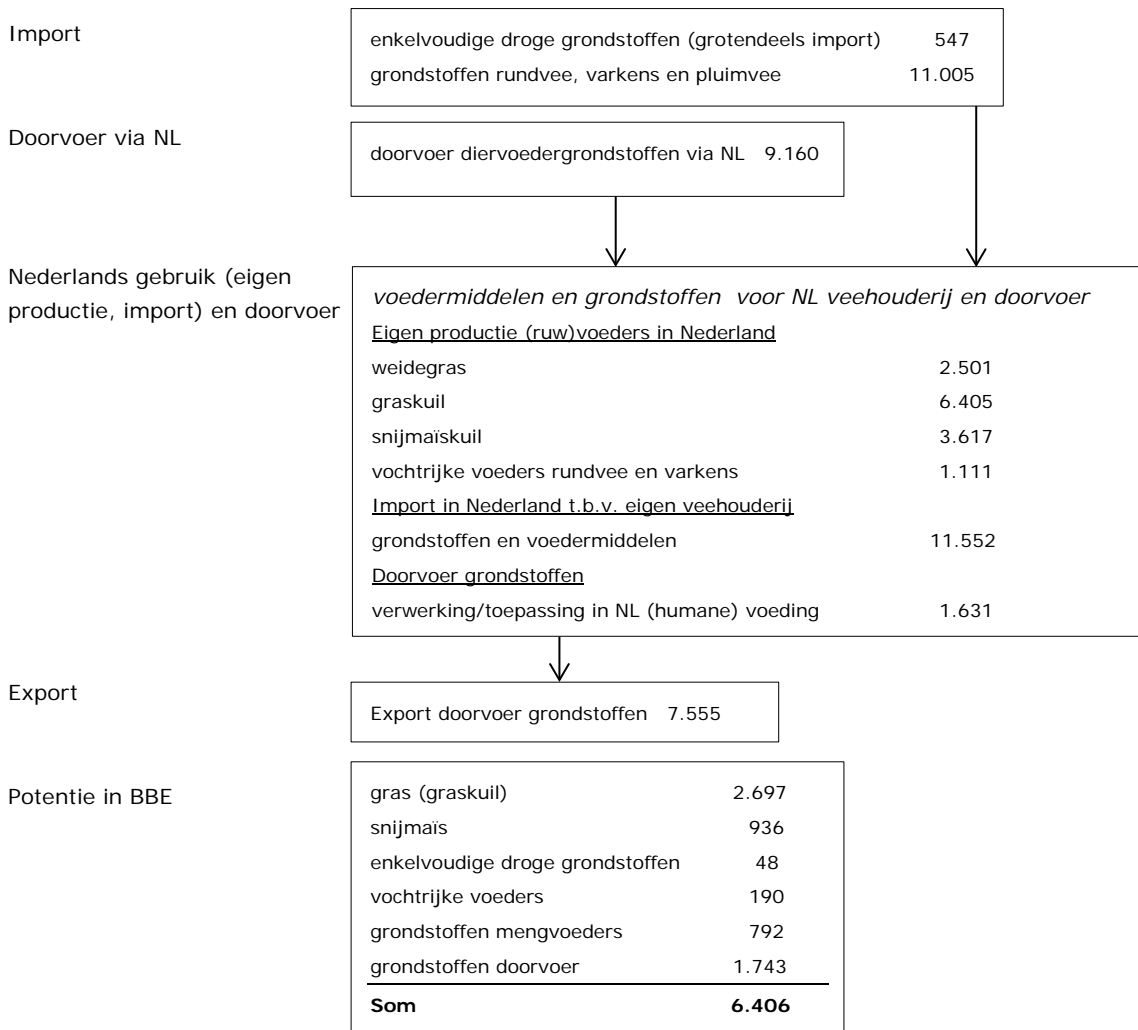
**o.a. gedroogde bietenpulp, citruspulp, melasse, vinasse, weipoeder, krijt, bestendig raapzaadschroot en bestendig sojaschroot.

***deze grondstoffen zijn hoofdzakelijk soja-olie voor gebruik in Nederland.

****dit volume (34.615 kton ds) is de som van de totalen van de tabellen 5 en 9.

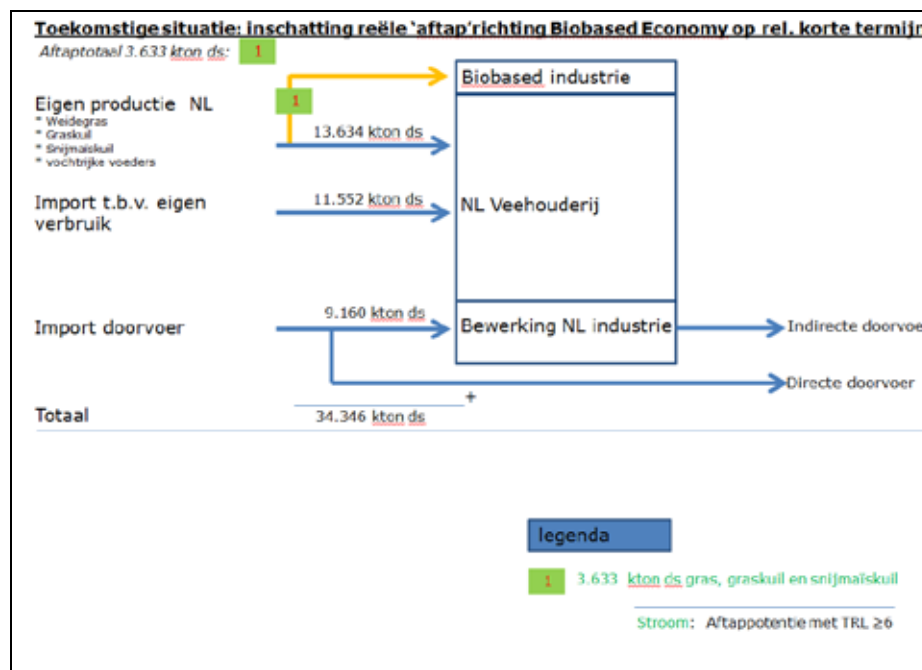
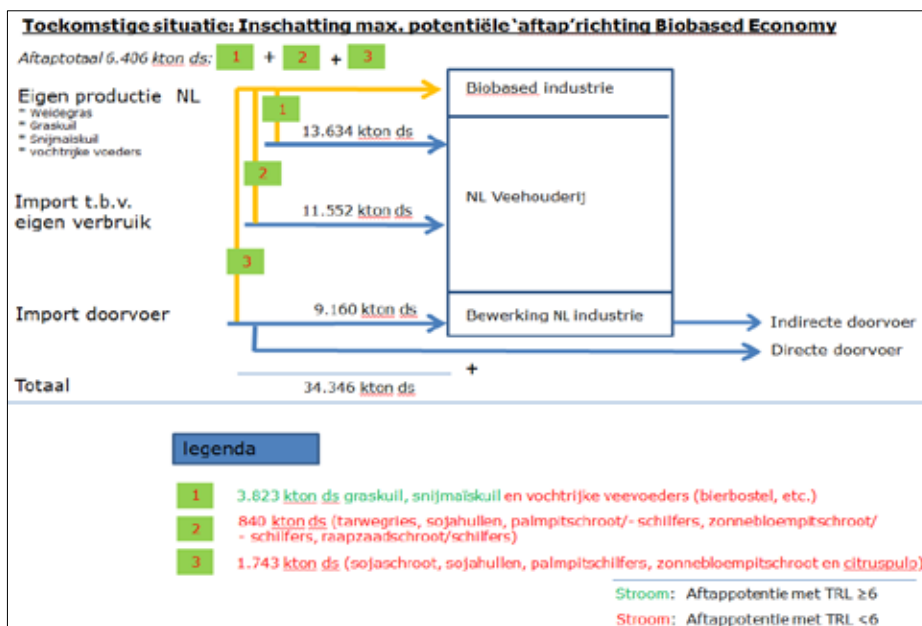
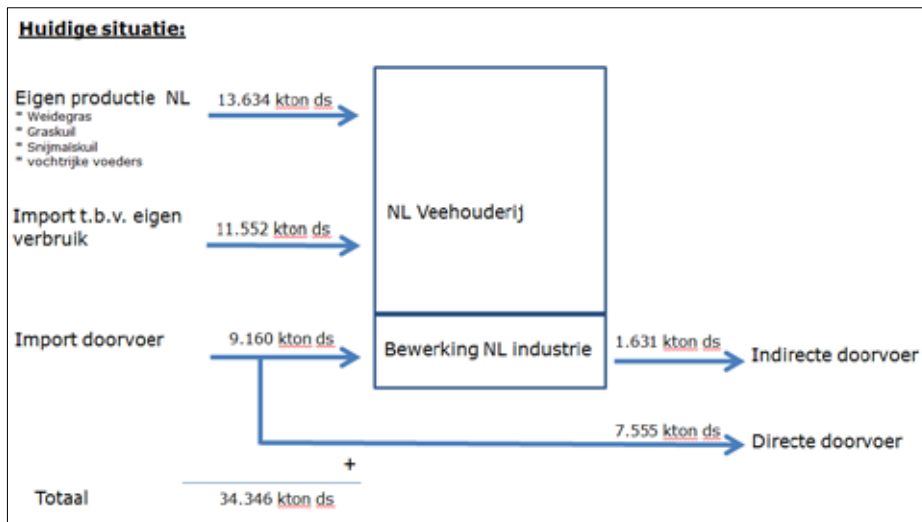
In tabel 10 is de som van het volume voedermiddelen en grondstoffen ruim 34.615 kton ds. Wordt het volume dat potentieel beschikbaar is voor de BBE (uit tabel 10) betrokken op dit totaal beschikbare voedervolume in Nederland, dan is 19,3% potentieel beschikbaar voor de BBE. Grondstoffen met een redelijk aandeel in het totale grondstoffengebruik in Nederland die geen bijdrage leveren aan de BBE zijn tarwe, maïs en gerst met een huidige reeds hoge benutting door het dier van 85-90%, evenals gedroogde bietenpulp, citruspulp, melasse, vinasse, weipoeder, krijt, bestendig raapzaadschroot en bestendig sojaschroot met een totaalvolume van 1.582 kton ds met ook een hoge benutting door het dier (85% of hoger). Het volume van 660 kton ds doorgevoerde grondstoffen dat in tabel 10 is genoemd, levert geen bijdrage aan de BBE omdat het grotendeels soja-olie betreft bedoeld voor humane consumptie.

De import, de doorvoer van grondstoffen (import en export), de eigen productie van (ruw)voeders en de potentie in de Biobased Economy is schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2 Schematisch overzicht van import, doorvoer, eigen productie van grondstoffen en voedermiddelen en potentie in de Biobased Economy

In onderstaand schema (figuur 3) is een inschatting gemaakt van de potentiële 'aftap' richting de Biobased Economy van de huidige situatie, de toekomstige situatie en de toekomstige situatie op relatief korte termijn. Voor het stadium waarin een raffinatetechniek zich bevindt is de term 'Technology Readiness Level' (=TRL) gebruikt. Het geeft een indicatie van de fase waarin een ontwikkelingsproject zich bevindt. Negen fases zijn gedefinieerd die samen het totale ontwikkelingsproces weergeven (<http://www.rte.nl/en/node/281>), waarbij fase 1 de start van het ontwikkelingsproces is.



Figuur 3 Schematisch overzicht met een schatting van de potentiële 'aftap' richting de Biobased Economy van de huidige situatie, de toekomstige situatie en de toekomstige situatie op relatief korte termijn (TRL= Technology Readiness Level)

4 Verwachte ontwikkelingen in diervoederstromen in Nederland

De grondstoffenmarkt is volop in beweging. Zowel op mondiaal, Europees als nationaal niveau zijn er vele ontwikkelingen van invloed op de beschikbaarheid, kwaliteit en prijs van voedermiddelen en diervoedergrondstoffen in Nederland.

4.1 Mondiale ontwikkelingen

Grondstofgebruik in opkomende economieën stijgt sterk

Schattingen van de FAO laten zien dat er in 2050 een ca. 60% hogere voedselbehoefte is ten opzichte van 2015. Een toename van de wereldbevolking naar ongeveer 9 miljard mensen en een stijgend gemiddeld welvaartsniveau zijn de voornaamste oorzaken. De hogere voedselbehoefte leidt tot een stijgende vraag naar grondstoffen, zowel voor “food” als voor “feed”. Daarnaast stijgt de vraag naar hernieuwbare grondstoffen voor zowel biobrandstofproductie als voor de biobased-industrie (chemie, materialen, etc.).

Voor de komende vijf jaar (2016-2020) voorspelt de International Grains Council (IGC, 2014) een toenemende vraag naar tarwe, hoofdzakelijk veroorzaakt door een stijgend gebruik voor “food”, vooral in Azië en Afrika. Ook voor mais houdt IGC rekening met een groeiende vraag, vooral vanuit de “feed” sector en tevens vanwege een geleidelijke toename van de maisbehoefte voor ethanolproductie. Voor soja voorziet IGC een stijgende vraag, vooral vanuit Azië, vanwege een toenemende behoefte aan sojaschroot in de veehouderij en aquacultuur. De toenemende vraag naar grondstoffen zal doorgaans leiden tot stijgende grondstofprijzen en toenemende schaarste aan landbouwgrond en water om aan de grondstofvraag te kunnen voldoen. Dit vergroot de noodzaak om de biobased economy meer circulair te maken en biedt economische aanknopingspunten om door bioraffinage grondstoffen te scheiden in componenten die per component tegen zo hoog mogelijke waarde vermarkt kunnen worden (cascadering; vierkantsverwaarding).

Geopolitieke verhoudingen

In 2014 heeft het Platform Landbouw, Innovatie en samenleving' (Platform LIS, 2014) een rapport uitgebracht over 'Geopolitiek rond grondstoffen voor landbouw en voedsel'. De grote afhankelijkheid van de Europese landbouw van een beperkt aantal niet-Europese grondstofleveranciers is een belangrijk thema in dit rapport. Tevens wijst het Platform op de risico's die zijn gerelateerd aan het beperkte aantal spelers op delen van de grondstoffenmarkt. Sommige grondstoffen worden geproduceerd of gedolven in maar enkele landen en soms zijn er slechts enkele (staats)bedrijven die de markt voor specifieke grondstoffen in handen hebben. Deze opbouw van de mondiale grondstoffenmarkt, in combinatie met onrust op het wereldtoneel (politieke spanningen, handelsconflicten, oorlogen en terreurdreiging) kunnen forse veranderingen teweeg brengen in vraag, aanbod, toegankelijkheid en prijs van grondstoffen. Dit vergroot de noodzaak voor de Nederlandse en Europese regio om de afhankelijkheid van grondstofimporten te verminderen en te streven naar een grotere mate van zelfvoorziening. Het gebruik van bioraffinage om de efficiëntie van ons grondstofgebruik te verhogen past goed in die strategie.

Verschuiving naar vezelrijke grondstoffen

Mondiaal is er groeiende aandacht voor het opzetten van een zogenaamde circulaire bio-economie. In zo'n circulair concept blijven grondstoffen en producten zoveel mogelijk in een gesloten kringloop en zijn er geen of minimale afvalstromen. Dat betekent dat nagedacht moet worden over de vierkantsverwaarding van grondstoffen waarbij alle componenten van een grondstof tegen de hoogst mogelijk (totaal)waarde worden vermarkt met minimaal verlies van “resources”. Ook dierlijke productie heeft een duidelijke rol in een circulaire bio-economie omdat dieren in staat zijn om relatief

laagwaardige grondstoffen om te zetten naar hoogwaardig humaan voedsel. Denk daarbij aan co-producten uit de food en biobrandstofindustrie, gewasresten, ruwvoerders, reststromen uit bioraffinageprocessen en dergelijke. Het is aannemelijk dat in de dierlijke productie er een verschuiving ontstaat waarbij zetmeelrijke grondstoffen zoals granen steeds meer worden vervangen door ruwe celstofrijke (vezelrijke) grondstoffen.

4.2 Europese ontwikkelingen

Streven naar meer eiwitautonomie in Europa

Sojaeiwit is de meest gebruikte eiwitbron in de diervoedersector en wordt op grote schaal geïmporteerd van buiten de EU. De EU importeert ca. 70% van de eiwitrijke grondstoffen van buiten de EU, met name in de vorm van sojaschroot uit Latijns-Amerika. De productie van eiwitrijke mengvoergrondstoffen in de EU, o.a. via de teelt van leguminosen en sojabonen, bedraagt slechts 3% van het areaal Europese landbouwgrond (Euractiv, 2011). In toenemende mate is er bezorgdheid over deze eiwitimporten, hoewel de redenen van bezorgdheid verschillen tussen stakeholders (Visser et al., 2014). Maatschappelijke organisaties zijn met name bezorgd vanwege het verlies van natuurlijke ecosystemen en biodiversiteit, de toenemende water- en bodemvervuiling en het verdrijven van kleine boeren en inheemse bevolking in de producerende landen. Het Europese Parlement is met name bezorgd vanwege de toenemende afhankelijkheid van andere continenten voor de grondstofvoorziening in Europa.

Er is zowel in Europa als in Nederland een toenemende behoefte aan het sluiten van kringlopen en aan meer grondgebonden veehouderij. In Nederland is in het zogenaamde “Verbond van Den Bosch” de doelstelling geformuleerd om in 2020 50% van de eiwitrijke mengvoergrondstoffen in Europa te telen. Daarnaast wordt vanaf 2015 een uitbreiding van de Europese melkveehouderij verwacht als gevolg van de afschaffing van de melkquotering, waarmee de vraag naar diervoeder en voereiwit ook toeneemt. Bevordering van de Europese eiwitproductie geeft akkerbouwers in de EU meer mogelijkheden voor gewasrotatie, waardoor de kans op plantenzieken mogelijk vermindert, met uiteindelijk een grotere mate van economische stabiliteit. Door gewassen in Europa te telen, is er meer gelegenheid om dit op maatschappelijk gewenste wijze te doen. Een voorbeeld hiervan is de teelt van GMO-vrije soja. Echter, de hoeveelheid braakliggende landbouwgrond in Europa die geschikt is voor het telen van eiwitrijke gewassen is beperkt. Daarom wordt er in toenemende mate gezocht naar de productie van eiwitbronnen die per ton een geringere mate van landbeslag hebben. Voorbeelden hiervan zijn de teelt van aquatische eiwitten (algen en zeewier), de productie van single cell proteins en de teelt van insecten op organische reststromen. Uit recente studies (Van Krimpen et al., 2013; Veldkamp et al., 2012) blijkt dat dergelijke Europese eiwitbronnen vanuit het oogpunt van voederwaarde perspectief bieden om (op termijn) verwerkt te worden in diervoeders. Er zijn bij dergelijke “novel proteins” echter forse uitdagingen, onder meer op het gebied van grootschalige productie tegen lage kosten, borging van voedselveiligheid en integrale duurzaamheid.

GMO-vrije ketens

In Europa is er ten opzichte van andere werelddelen meer maatschappelijk aandacht voor GMO-vrije voedselproductie. De Europese Commissie overweegt om aan EU-lidstaten de mogelijkheid te bieden om de teelt en import van genetisch gemodificeerde gewassen te verbieden (een zogenaamde “opt-out”), ook als deze door de EU zijn toegelaten. De discussie gaat vooral om het gebruik van GMO-vrije soja. Wereldwijd is er een beperkte vraag naar dierlijke producten uit productieketens waarin GMO-vrij soja aan de dieren is gevoerd. De Europese belangenbehartigingsorganisatie van het diervoederbedrijfsleven (FEFAC) is van mening dat soja een onmisbare eiwitrijke grondstof is in de diervoeding en dat er niet op grote schaal duurzame alternatieve eiwitbronnen beschikbaar zijn. De GMO-vrije soja is duurder dan de “reguliere” soja en in de Europese dierlijke productieketens is er zorg over de concurrentiepositie van de EU indien EU-lidstaten het gebruik van GMO-vrije soja verplicht stellen. FEFAC (2015) schat in dat het gebruik van GMO-vrije soja leidt tot een stijging in voerkosten van ca. 10%, wat overeenkomt met ca. 2,8 miljard euro per jaar wanneer alle EU-landen het gebruik van GMO-vrije soja verplicht stellen.

Herintroductie dierlijke eiwitten

De Europese Commissie bereidt de herintroductie van verwerkte dierlijke eiwitten (processed animal proteins – PAP's) in diervoeders voor. Het gaat daarbij om het verwerken van dierlijk eiwit afkomstig van varkens in pluimveevoer, en het verwerken van dierlijk eiwit afkomstig van pluimvee in varkensvoer. Sinds 2001 is het binnen EU-lidstaten verboden om diermeel te gebruiken als diervoedergrondstof. Verwerkte dierlijke eiwitten zijn een hoogwaardige alternatieve eiwitbron en kunnen bijdragen aan vermindering van de eiwitimport door de EU. Indien PAP's binnen bepaalde restricties worden toegelaten als diervoedergrondstof, zijn andere (eiwitrijke) diervoedergrondstoffen in minder grote volumes nodig. Deze komen dan beschikbaar voor biobased-toepassingen.

Voedselresten hergebruiken

De Europese aandacht voor het gebruik van voedselresten in de diervoeding neemt toe. Momenteel wordt in de EU ca. 3,5 miljoen ton aan voedselresten gebruikt als diervoeder. Dit volume kan naar verwachting binnen enkele jaren verdubbelen mits er geen belemmerende wet- en regelgeving is (EFFPA, 2015). Hergebruik van voedselresten is een belangrijk uitgangspunt in een circulaire economie. Indien voedselresten binnen bepaalde restricties worden toegelaten als diervoedergrondstof, zijn andere diervoedergrondstoffen in minder grote volumes nodig. Deze komen dan beschikbaar voor biobased-toepassingen.

4.3 Ontwikkelingen binnen Nederland

Biobased Technology

Nederland kan een grootschalige producent en leverancier worden van hernieuwbare grondstoffen voor de productie van chemicaliën, energieproducten, eiwitten voor diervoeders en bioplastics. Enerzijds heeft Nederland een sterke kennisinfrastructuur en technologie met veel aandacht voor innovaties op gebied van bioraffinage en biochemie. Anderzijds is er in meerdere regio's volop biomassa beschikbaar voor biobased-toepassingen. Dat gaat om gewassen die in Nederland worden verbouwd, maar ook om reststromen uit de industrie en de landbouw en om grondstoffen die in Nederlandse havens grootschalig worden aangevoerd vanuit andere landen. Via bioraffinage kan deze biomassa in componenten worden gesplitst die vervolgens tegen de hoogste waarde in verschillende marktsegmenten kunnen worden ingezet. Een voorbeeld is de raffinage van eiwitten uit gras (en ander groen blad). Gras is het gewas in Nederland met het grootste areaal (941.000 hectare in 2014 (CBS, 2015)), en heeft een productiepotentie van 14,9 ton droge stof per hectare – met uitzondering van droogtegevoelige zandgronden – onder NL omstandigheden (Verloop et al., 2014), terwijl in de praktijk gemiddeld 10,2 ton droge stof per ha wordt geproduceerd (Aarts et al., 2009). Bovendien kan het een eiwitgehalte in gras, dat afhankelijk is van de teelt- en oogstcondities, oplopen tot boven de 20% op basis van droge stof. De case grasraffinage is verder uitgewerkt in paragraaf 6.3.

5 Economische haalbaarheid van een verandering voor waardeketens

Om de economische haalbaarheid van een verandering in grondstofstromen voor de bijbehorende waardeketens in kaart te brengen zijn verschillende analyses mogelijk. In deze pilotstudie met beperkte omvang gaat het te ver om deze methodes daadwerkelijk toe te passen op de verschillende waardeketens. We geven hieronder echter wel een globaal overzicht van beschikbare evaluatiemethodes. In eventueel vervolgonderzoek kan hier een keuze uit gemaakt worden en kan een kwantitatieve evaluatie uitgevoerd worden.

Allereerst is een kwalitatieve analyse mogelijk van nieuwe grondstofstromen en de bijbehorende waardeketens, als ook van de reeds bestaande concurrerende grondstoffen. *Value chain mapping* kan dan worden gebruikt om de betreffende waardeketens in kaart te brengen, zoals welke ketenschakels door de verandering worden beïnvloed (dat kan dus tot verschillende schakels verder in de keten zijn), welke bedrijven dat dan betreft, wat de markt en de verticale en horizontale coördinatie tussen die bedrijven is, en welke volumes grondstoffen het betreft. Daarnaast moet voor elke grondstofstroom die ontstaat na de verandering, in kaart worden gebracht wat de perioden van productie (als een grondstof niet jaarrond beschikbaar is), houdbaarheid, verwachte samenstelling, en de mogelijke concurrerende grondstoffen zijn, inclusief de volumes en prijzen daarvan. Hiermee is de economische haalbaarheid nog niet kwantitatief in kaart gebracht, maar is wel een kwalitatief beeld verkregen van de randvoorwaarden voor de nieuwe waardeketens.

Om de economische haalbaarheid kwantitatief in kaart te brengen is een uitgebreidere analyse nodig. Deze kan meer en minder uitgebreid zijn. Een minder uitgebreide analyse maakt gebruik van een *deterministisch rekenmodel* waarin de schakels, die direct betrokken zijn bij de verandering, als een black box worden gemodelleerd en de economische consequenties worden geschat op basis van verwachte gemiddelde investerings- en lopende kosten en verwachte gemiddelde opbrengsten van alle ontstane grondstofstromen. Als dit op jaarbasis wordt gedaan, dan kan met een break-even analyse ingeschat worden welke periode nodig is om voor een nieuwe verwerkingstechnologie of afzetmarkt de geschatte opbrengsten de te maken investerings- en lopende kosten te laten overschrijden. Het voordeel van een minder uitgebreide *break-even analyse* is, dat deze relatief makkelijk en snel uit te voeren is, het nadeel dat er geen inzicht ontstaat in de effecten van onzekerheden en risico's in bijvoorbeeld opbrengstprijzen, kosten en samenstelling van grondstofstromen op de economische haalbaarheid. Het kan namelijk zijn dat bij gemiddelde kosten en prijzen een verandering tot een positief economisch resultaat leidt, maar dat de onzekerheden en risico's rondom kosten en prijzen dusdanig zijn dat de kans op een hoog negatief resultaat groot is en op een hoog positief resultaat klein. Voor een langetermijninvestering is inzicht in dergelijke onzekerheden en risico's zeker wenselijk.

Een uitgebreidere simulatie- of optimalisatieanalyse kan wel inzicht verschaffen in de effecten van onzekerheden en risico's op de economische haalbaarheid van de verandering voor de betrokken ketenorganisaties. Onzekerheden en risico's rondom opbrengstprijzen, kosten, samenstelling en houdbaarheid worden dan gemodelleerd met stochastische verdelingsfuncties van overeenkomende modelvariabelen, waarin elke mogelijke waarde van de variabelen worden gekoppeld aan de kans dat die waarde zal optreden. Bij een dergelijke uitgebreide analyse wordt op detail ingegaan op het productieproces en de activiteiten die met de verandering te maken hebben waar onzekerheid en risico een rol spelen. Een methode om dat consistent weer te geven is "*activity based costing*", waarmee productie-, transport-, verwerkingskosten, baten en productvolumes per activiteit en productstroom binnen de betrokken schakels in kaart worden gebracht. Hierbij moet de som van de massa's van alle grondstoffen die ergens binnenkomen in het deel van de keten, dat gemodelleerd wordt, gelijk zijn aan de som van de massa's van alle uitgaande grondstofstromen. In een

stochastische simulatie worden onzekerheid en risico rondom al deze variabelen meegenomen in de analyse. Hiermee kan de economische haalbaarheid van het gehele concept worden bekeken bij gegeven opbrengstprijzen van de eindproducten. De som van de kosten en de opbrengsten van alle stromen moet onder de streep tot een positief resultaat leiden, i.e. de baten moeten hoger zijn dan de kosten. Betrokken ketenorganisaties kunnen individueel worden onderscheiden binnen de analyse. Als stromen binnen een ketenorganisatie zitten, dan kan een negatief economisch resultaat van de ene stroom worden gecompenseerd door een positief economisch resultaat van een andere stroom. Als stromen bij verschillende ketenorganisaties zitten, dan moeten de stromen elk leiden tot een positief resultaat. Bij schatten van de economische haalbaarheid met een stochastisch simulatiemodel is de opbrengstprijs van de verschillende (eind)producten een belangrijke factor. Zeker als er een groot volume extra op een relatief kleine markt komt, dan kan de opbrengstprijs van het product omlaag gaan. In de analyse wordt daarom de prijselasticiteit van het aanbod meegenomen.

Als er een keten van organisaties betrokken is bij de nieuwe grondstofstromen, dan moeten de totale kosten en baten verdeeld worden over deze organisaties. Hierbij moeten voor elke organisatie de baten hoger zijn dan de kosten. Alhoewel dit grotendeels een punt van onderhandeling van bij de verandering betrokken organisaties is, kan onderzoek hier een bijdrage aan geven door inzicht in de effecten van verschillende verdeelmodellen, zoals verdeling op basis van omzet, kosten, risico.

Voorbeeld: grasraffinage

Als voorbeeld werken we de waardeketen grasraffinage op basis van het concept *Grassa!* kwalitatief uit. *Grassa!* richt zich op het verwaarden van weidegras door middel van bio-raffinage. Met een mobiele raffinagemachine verwerkt *Grassa!* vers gras direct vanaf de weide. Vers gras wordt gekneusd en vermalen, waarbij grassap en grasvezel vrijkomen. Met verhitten worden eiwitten uit het grassap gehaald, die vervolgens kunnen worden gebruikt als grondstof voor veevoer. Van de grasvezel kan, met enkele toevoegingen, volwaardig ruwvoer voor koeien worden gemaakt of via verdere verwerking karton of bio-composiet. Naast deze zijn er ook andere toepassingen mogelijk, zoals de extractie van mineralen uit het grassap en beperkte afzet van eiwitten in humane voeding.

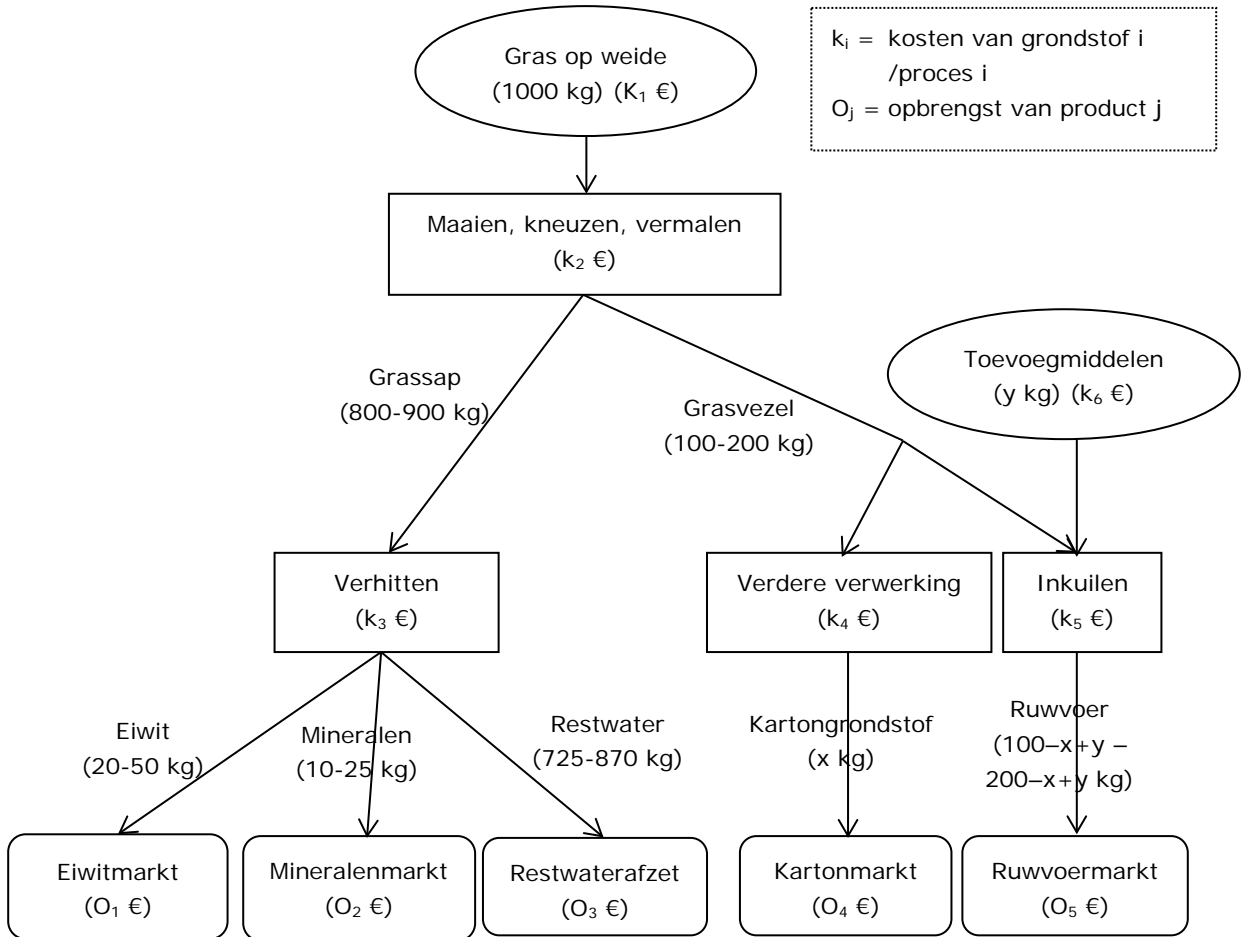
Met de informatie beschikbaar via de website van *Grassa!* (<http://grassa.nl/>) hebben we een schematisch overzicht van de waardeketen van *Grassa!* gemaakt met verschillende mogelijke productstromen in onderlinge relatie gebaseerd op de "activity based costing-methode" (Figuur 4). Dit overzicht is bedoeld ter verduidelijking en geeft dan ook slechts een deel van de mogelijkheden weer. De ingaande grondstofstromen gras op weide en toevoegmiddelen bij inkuilen (in ovalen) worden via verschillende activiteiten (rechthoeken) en tussenproducten (geen kader) omgezet naar eindproducten (geen kader) voor specifieke afzetmarkten (rechthoek met afgeronde hoeken). De massa van alle uitgaande grondstofstromen, i.e. eiwit, mineralen, restwater, kartongrondstof en ruwvoer, is gelijk aan de massa van alle ingaande productstromen, i.e. 1000 kg gras en y kg toevoegmiddelen voor kuilen, zodat de massabalans sluit. Wil het concept financieel haalbaar zijn, dan zullen de kosten van de grondstoffen weidegras (K_1) en toevoegmiddelen bij inkuilen (K_6) plus de kosten van de verschillende processen (maaien/kneuzen/vermalen gras K_2 , verhitten K_3 , verdere verwerking K_4 , en inkuilen K_5) lager moeten zijn dan de som van de opbrengsten van alle eindproducten, i.e. eiwit (O_1), mineralen (O_2), restwater (O_3), kartongrondstof (O_4) en ruwvoer (O_5):

$$\sum_{i=1}^6 K_i < \sum_{j=1}^5 O_j$$

Omdat de massa van ingaande grondstoffen gelijk moet zijn aan die van de uitgaande grondstoffen, kan bijvoorbeeld de stroom van restwater na raffinage niet vergeten worden. Voor eindproducten kunnen ook opbrengstprijzen van nul euro gelden of zelfs negatieve, bijvoorbeeld als er kosten moeten worden gemaakt voor het afzetten van het eindproduct. Er kan ook geanalyseerd worden wat de maximale kosten van een nieuwe verwerkingsstap mogen zijn, wil het totale systeem nog tot voldoende opbrengst leiden.

In een berekening kan rekening worden gehouden met risico en onzekerheid in kosten $K_1 - K_6$, opbrengsten $O_1 - O_5$ en samenstelling van elke ontstane grondstof (als de opbrengst afhangt van de samenstelling) door deze stochastisch te maken. Dat betekent dat er bijvoorbeeld niet met een vaste opbrengstprijs van eiwit gerekend wordt, maar met een range aan opbrengstprijzen. Deze range bestaat als er onzekerheid is omtrent de uiteindelijke waarde van de opbrengstprijs, die ergens tussen

een maximum en minimum ligt. Dit kan ook voor de andere variabelen - relevant voor de economische haalbaarheid - worden gedaan, zoals kosten en samenstelling van grondstofstromen. Met stochastische simulatie worden dergelijk onzekerheden en risico's in wiskundige functies gemodelleerd waarmee vervolgens ingeschat kan worden wat de verwachte gemiddelde waarden en de betrouwbaarheidsintervallen van totale kosten en opbrengsten zijn. Op deze manier kan ingeschat worden met welke zekerheid het system tot een positief resultaat zal komen.



Figuur 4 Schematisch overzicht van de waardeketen van weidegras met verschillende productstromen en afzetmogelijkheden bij bio-raffinage

6 Casestudies

In dit hoofdstuk zijn zes cases beschreven waarbij het aannemelijk is de benutting van het betreffende diervoeder verhoogd kan worden door gebruikmaking van bioraffinage:

- Raapzaad (paragraaf 6.1)
- Zonnebloemzaad (paragraaf 6.2)
- Gras (paragraaf 6.3)
- Mais (paragraaf 6.4)
- Fish discards (paragraaf 6.5)
- Aquatische eiwitten (paragraaf 6.6)

Hoewel raffinage van sojaschroot als optie is meegenomen bij doorvoer van sojaproducten (paragraaf 3.3), is raffinage van geïmporteerd sojaschroot t.b.v. de NL veehouderij als case in dit hoofdstuk niet meegenomen. Het huidige verbruik is namelijk al zeer efficiënt (zeer hoge verteringscoëfficiënten van de organische stof (91%) en het ruw eiwit (91%)) en de raffinagetechniek is nog in ontwikkeling.

6.1 Case raapzaad

Inleiding

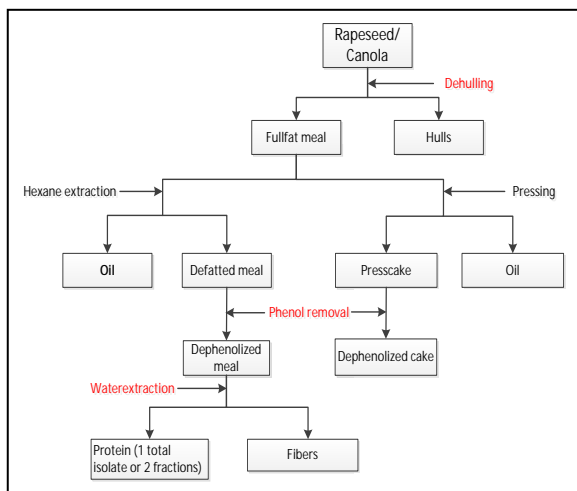
Raapzaad (en het sterk verwante koolzaad) wordt geteeld voor oliewinning. Na het verwijderen van de vliezen komt door persen en het extraheren met hexaan olie vrij. Het overblijvende raapzaadschroot wordt gebruikt in de diervoedersector.

Volume

In Nederland wordt 789,2 kton raapzaadschroot en -schilfers gebruikt in de diervoedersector als grondstof voor mengvoeder. Het verbruik per diersoort is eerder gegeven in paragraaf 3.2 (tabel 6).

Mogelijkheden voor efficiënter gebruik

Door verwijdering van de vliezen en van fenolische verbindingen kan de voederwaarde van raapzaadschroot en –schilfers verhoogd worden. Door eiwitextractie is de waarde verder te verhogen. Raapzaad bevat namelijk twee typen eiwitten, albuminen en globulinen, die aantrekkelijk zijn voor toepassing in het hoogste segment van humane en medische voeding. Winning van o.a. olie moet daarom zorgvuldig gebeuren om geen schade aan deze hoogwaardige eiwitten te veroorzaken. Persen lijkt daardoor minder geschikt door denaturatie van eiwit, hexaanextractie lijkt wel een geschikt procedé (zie figuur 5).



Figuur 5 Schema van het fractioneren van raapzaad (bron: Vereijken et al., 2013)

Raapzaadschilfers/-schroten

Raapzaadschilfers/-schroten kunnen slechts in beperkte mate toegepast worden in varkens- en pluimveevoeders. Dit komt door de grote hoeveelheid anti-nutritionele factoren, met name glucosinolaten, in raapzaadproducten. De glucosinolaten veroorzaken darmschade en remmen daardoor de dierprestaties. Er zijn diverse routes denkbaar voor het onschadelijk maken van deze glucosinolaten. Meer onderzoek is nodig om de haalbaarheid van deze routes nader te verkennen. Als het lukt om deze glucosinolaten onschadelijk te maken, kan het aandeel raapzaadproducten in het voer verhoogd worden, zonder schadelijke effecten op het dier. Hiermee kunnen raapzaadproducten een belangrijker plaats innemen als eiwitbron voor varkens en pluimvee.

Diverse onderzoekers, o.a. Schöne et al. (1993) en Palanivel et al. (2012) hebben aangetoond, dat de hoeveelheid glucosinolaten substantieel (ca. 30-40%) vermindert als de raapzaadproducten vochtig gemaakt worden. In vochtig milieu wordt het enzym myrosinase actief. Het enzym behaalt een maximale activiteit bij een vochtgehalte tussen de 15 en 40%. In de literatuur zijn de meeste proeven uitgevoerd met een water/voer verhouding die varieerde van 1:10 tot 1:3. Het toevoegen van koper of het enzym myrosinase aan het water resulteert in een vrijwel volledige reductie (ca. 90%) van de aanwezige glucosinolaten (Schone et al., 1993). Dit wil overigens niet zeggen dat er na deze omzetting voor de dieren geen risico's meer zijn. De groei-prestaties van vleeskuikens die het met koper of myrosinase behandelde voer kregen verbeterde niet t.o.v. van de niet-behandelde raapzaadschroot, terwijl de kuikens die het met myrosinase behandelde voer kregen wel een zwaardere lever en schildklier hadden. Dit komt omdat de glucosinolaten omgezet worden in andere schadelijke stoffen, zoals hydroxybutenylnitrile (gevoelig voor warmte) en vinyloxazolidinethionine (hittestabiel). Bij toepassing van koper ontstaat vooral hydroxybutenylnitrile. Het meest perspectiefvol lijkt daarom behandeling van raapproducten met vocht en koper en het daarna te verhitten.

Uit onderzoek van Eklund et al. (2015) bleek dat de glucosinolaten uit raapzaadschroot efficiënt onschadelijk gemaakt konden worden door het schroot minimaal 48 minuten te verhitten door middel van toasten (een combinatie van directe warmte uit stoom en indirecte warmte). Dit ging echter gepaard met een verlaging van de niveaus aan verteerbare aminozuren. Deze verlaging was groter naarmate de tijdsduur van verhitten langer was. In het onderzoek waren naast de tijdsduur van 48 minuten ook 64, 76 en 93 minuten getest.

Scheiding in vezelarme en vezelrijke fractie

Een andere interessante wijze van processing is onderzocht door Zhou et al. (2013). In deze studie werd raapzaadschroot met behulp van een windzifter gesplitst in een lichte (vezelarme) fractie (0.3% ruwe celstof) en een zware (vezelrijke) fractie (8.7% ruwe celstof). Hoewel beide fracties gelijke hoeveelheden glucosinolaten bevatten, bleek in een studie met gespeende biggen dat de lichte fractie aantoonbaar beter verteerbaar was dan de zware fractie en dat de biggen hierdoor een verbeterde voederconversie en een tendens tot hogere groei hadden. Door deze wijze van processing van raapzaadproducten ontstaan er dus deelstromen. Door de lichte fractie te verstrekken aan jonge dieren kan het aandeel raap in het voer van deze categorieën wellicht omhoog. De vezelrijke fracties kunnen wellicht het beste aan oudere vleesvarkens of aan melkkoeien verstrekt worden.

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

In deze paragraaf wordt berekend welk aandeel van de raapzaadschroot benut kan worden voor de BBE. Raapzaadschroot wordt in een volume van ca. 800 kton (88% ds) gebruikt in mengvoeders (Bikker, 2015). In het recente verleden is raffinage van raapschroot en zonnebloemschilfers onderzocht (Sanders, 2015). Het onderzoek leverde de volgende componenten op (tabel 11).

Tabel 11

Aandeel componenten na raffinage van raapzaadschroot (in de droge stof); bron: Sanders, 2015; Teekens et al., 2015

componenten	% van de droge stof	bestemming	hoeveelheid (kton)
eiwitconcentraat	40	diervoeder varken/pluimvee	280
ligno-cellulose	30	BBE	210
hoogwaardig diervoeder*	25	50% diervoeder/50% BBE	87,5/87,5
mineralen (o.a. fosfaat, K)	5	bemesting	35
Totaal	100		700

*hoofdzakelijk melkzuur

Globaal wordt er uit raffinage van 700 kton droge stof raapzaadschroot bijna 300 kton droge stof voor de BBE vrijgemaakt. Het eiwitconcentraat van dit volume raapzaadschroot is nodig voor het huidige diervoedergebruik in Nederland. Hierbij is aan te merken dat het eiwitpercentage van het geraffineerde raapzaadschroot hoger is dan in het ongeraffineerde raapzaadschroot (40% versus 34%; Corré et al., 2015). Door de genoemde raffinagemethode zijn de (hemi)cellulose suikers van het raapzaadschroot hoofdzakelijk omgezet in melkzuur dat beter verteerbaar is voor eenmagigen (figuur 6).

Vervanging sojaschroot door raapzaadschroot

Een volume van 1 kg ds raapzaadschroot (34% eiwit in ds) kan 0,596 kg ds sojaschroot (48% eiwit in ds) plus 0,152 kg ds tarwe (12% eiwit in ds) vervangen (Corré et al., 2015). Stel dat door het hogere eiwitgehalte van geraffineerd raapzaadschroot (40% eiwit in ds) en de betere verteerbaarheid van het eiwit 0,75 kg ds raapzaadschroot overeenkomt met 0,596 kg ds sojaschroot en 0,152 kg ds tarwe. Hieruit volgt dan dat 1 kg sojaschroot plus 0,25 kg ds tarwe is te vervangen door 1,25 kg ds geraffineerd raapzaadschroot.

De drie aspecten – het hogere eiwitgehalte, de hogere benutting van het melkzuur t.o.v. (hemi) cellulose en het ontdoen van de ligno-cellulosefractie, glucosinolaten, fosfaat en kalium – zullen leiden tot een betere benutting door het dier, waardoor naar verwachting 25% minder raapzaadschroot nodig is voor de voeding van rundvee, varkens en pluimvee (Bon et al., 2013; Teekens et al., 2015).

Daardoor kan 25% van de nu geïmporteerde hoeveelheid en geraffineerde raapzaadschroot dienen tot bijvoorbeeld vervanging van sojaschroot. De berekening toont dat de overblijvende 175 kton ds raapzaadschroot 140 kton ds sojaschroot kan vervangen. Bovendien hoeft 35 kton ds tarwe minder te worden geïmporteerd. Dit geeft – bij een tarweprijs van € 0,16/kg – een besparing van $0,16 * 41,2$ kton tarwe (85% ds) met een totale waarde van 6,6 miljoen euro.

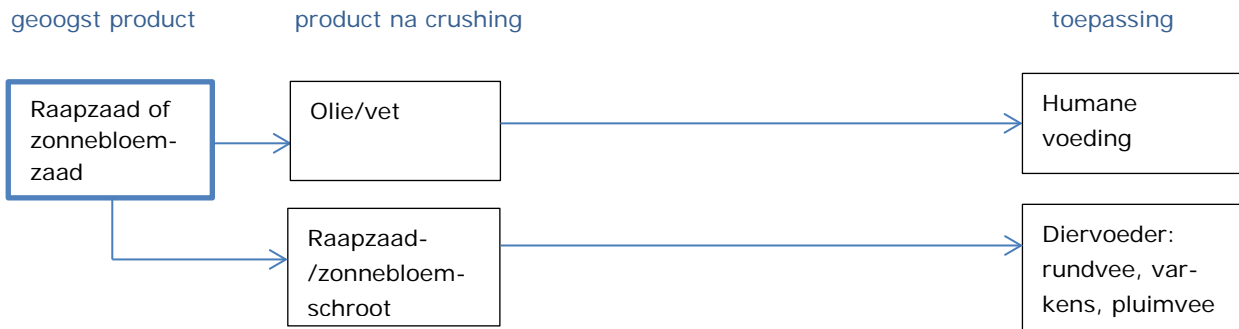
Verliezers en winnaars bij vervanging sojaschroot door raapzaadschroot

Bij vervanging van (een deel van) het volume sojaschroot en tarwe door raapzaadschroot zullen de bedrijven met crush-technieken op korte termijn een deel van hun werk verliezen. De bedrijven die de olie van raapzaad verwerken tot biodiesel zullen op korte termijn meer werk krijgen. Dit geldt ook voor de bedrijven die raapzaadschroot zullen gaan raffineren.

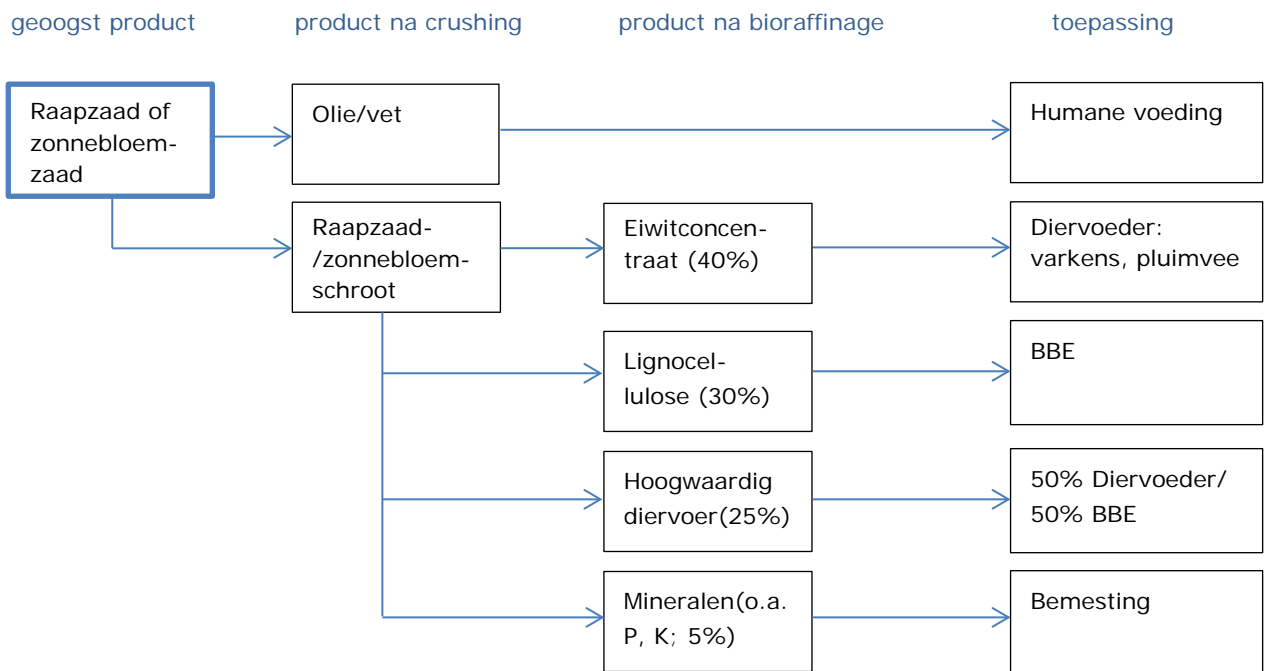
De overige voordelen van de vervanging van sojaschroot door raapzaadschroot, zoals teelt in EU en kortere transportafstanden kunnen uitgedrukt worden in reducties van broeikasgasemissies, die overigens geen onderwerp van deze studie zijn. Een eerste aanzet hiervoor is te vinden in recent gerapporteerd onderzoek van Corré et al. (2015), waarbij vooral ingegaan wordt op de broeikasgasemissies van de keten van teelt tot verwaarding van palmpitzaad, raapzaad en sojabonen.

Verwerking raapzaad en zonnebloemzaad voor en na bioraffinage

Oude situatie: alleen crushen



Nieuwe situatie: crushen en bioraffinage



Figuur 6 Verwerking van raapzaad en zonnebloemzaad voor en na bioraffinage

6.2 Case zonnebloemzaad

Inleiding

Zonnebloemzaad kan met hetzelfde procedé worden behandeld als raapzaad voor het winnen van olie. Ook de overige zaken voor opwaarderen van de nutritionele waardes door het verwijderen van vezels en fenolische verbindingen – zoals beschreven in paragraaf 6.1 – zijn ook van toepassing op zonnebloemschroot/-schilfers.

Een ander toepassingsgebied van zonnebloemzaad is de biologische legpluimveehouderij. De grootste nutritionele uitdaging voor deze pluimveehouderijsector in Europa is om te voldoen aan de eiwitbehoefte en wel in het bijzonder aan de methioninebehoefte van de hennen. Het eiwit van zonnebloemen bevat in vergelijking met andere plantaardige bronnen relatief veel methionine. Hierdoor is zonnebloemeiwit een aantrekkelijke grondstof voor biologisch legvoer. Zonnebloemzaad bevat 140 g ruw eiwit (RE) per kg voer. Nadat de olie uit de zaden is geperst, bedraagt het eiwitgehalte van de resterende schilfers 214 tot 383 g RE/kg. Deze variatie wordt veroorzaakt door de mate waarin de kafjes van de zaden weer toegevoegd worden aan de schilfers. Er is echter behoefte aan nog geconcentreerder zonnebloemeiwit met een eiwitgehalte van minimaal 450 g/kg.

Volume

In Nederland wordt 594,9 kton zonnebloemschroot en -schilfers gebruikt in de diervoedersector als grondstof voor mengvoeder. De verdeling van zonnebloemzaad over mengvoerders voor diersoorten is eerder genoemd in paragraaf 3.2.

Mogelijkheden voor efficiënter gebruik

Efficiënter gebruik van zonnebloemschroot en -schilfers kan op verschillende manieren gebeuren. Denk aan verwijdering van vliezen (o.a. vezels) en fenolische verbindingen en extractie van het eiwit. Dit geeft goede kansen voor toepassing in de hogere segmenten van humane voeding. Zonnebloemzaad kan op deze wijze hoogwaardiger benut worden (zoals ook beschreven voor raapzaad in paragraaf 6.1).

Zoals hierboven genoemd is er interesse voor het gebruik van zonnebloemzaadschilfers als eiwitbron in de biologische legpluimveehouderij, zeker als het eiwitgehalte verder verhoogd kan worden door een groter deel van de doppen te verwijderen. Het ruwe celstofgehalte van bestaande gedeeltelijk ontdopte zonnebloemzaadschilfers bedraagt 167 g/kg (tabel 12). Deze tabel geeft echter ook aan welke gehalten theoretisch haalbaar zijn op het moment dat we erin zouden slagen het ruwe celstofgehalte van de zonnebloemschilfers met ca. 100 g te reduceren tot 64 g/kg. In dat geval zou het eiwitgehalte stijgen tot 453 g/kg en het verteerbaar methioninegehalte tot 8.6 g/kg. Een dergelijk product rekent zeer goed in biologische legpluimveevoeders en wellicht ook in biologische voeders voor andere diercategorieën. Uit eigen voeroptimalisaties bleek dat deze hoog-eiwit zonnebloemzaadschilfers voor ruim 10% zou worden opgenomen in een 100% biologisch legvoer.

Tabel 12

Berekende nutriëntgehalten (g/kg) ontdopte zonnebloemzaadschilfers (CVB, 2011) en hoog eiwit zonnebloemschilfers op basis van een theoretische verdere verlaging van het ruwe celstofgehalte.

	Gedeeltelijk Ontdopt	Verder ontdopt/ Laag ruwe celstof ¹
As	54	64
Ruw eiwit	383	453
Ruw vet	71	84
Ruwe celstof	167	64
Zetmeel	38	45
Suiker	59	70
Verteerbaar lysine	10.4	12.3
Verteerbaar methionine	7.2	8.6
Verteerbaar cysteine	5.1	6.0
Verteerbaar methionine +cysteine	12.3	14.6
Verteerbaar threonine	11.5	13.6
Verteerbaar tryptofaan	3.7	4.3

¹) door het verder verlagen van het ruwe celstofgehalte stijgt het gehalte aan ruw eiwit en verteerbare aminozuren. Theoretisch zal het verteerbaar methioninegehalte 8.6 g/kg bedragen op het moment dat het ruwe celstofgehalte verlaagd is tot 64 g/kg

Door grondstoffen te bewerken is het mogelijk het eiwitgehalte en het verteerbaar methioninegehalte verder te concentreren. Een voorbeeld hiervan is de relatief eenvoudige techniek van windziften, waarbij op basis van verschillen in soortelijk gewicht een scheiding aangebracht kan worden in onder andere zetmeel en eiwit. Door toepassing van deze techniek is het mogelijk om het eiwitgehalte van leguminosen, zoals erwten, lupinen en veldbonen, te verhogen naar tenminste 50%. Zhou et al. (2013) splitsten raapzaadschroot met behulp van een windzifter in een lichte (vezelarme) fractie (0.3% ruwe celstof) en een zware (vezelrijke) fractie (8.7% ruwe celstof). Het ruw eiwitgehalte was in de vezelarme fractie iets hoger dan in de vezelrijke fractie. In vergelijking met zonnebloemzaadschilfers bevatten de onderzochte raapzaadschilfers echter relatief weinig ruwe celstof (3 – 4%), zodat de effecten van windziften op het eiwitgehalte bij zonnebloemzaadschilfers vermoedelijk veel groter zijn. Een dergelijke vorm van processing is voor zover bekend tot nu toe echter nog niet bij zonnebloemzaadschilfers toegepast. De vezelarme raapzaadschrootfractie leverde in de studie van Zhou et al. (2013) bij jonge biggen een hogere energieverteerbaarheid op dan de vezelrijke fractie.

Er zijn ook meer complexere processingstechnieken. Met behulp van windziften is het mogelijk om eiwitconcentraten (ca. 50% - 60% ruw eiwit) te maken. Het is echter ook mogelijk om via uitgebreidere processingstechnieken te komen tot producten met een ruw eiwitgehalte tot 70%. Dit proces, zoals beschreven door Van Krimpen et al. (2013), start met geschoonde gemalen zaden. Allereerst worden de kafjes (doppen) gescheiden van de zaden. Vervolgens worden de zaden geconditioneerd met stoom en daarna gewalst om het oppervlak te vergroten. De gewalste zaden worden vervolgens geperst, zodat een groot deel van de olie uit het zaad verwijderd wordt. De resterende schilfers worden getoast. Bij dit proces vindt stoomtoevoeging plaats. Hierbij komen de schilfers in een omgeving van hoge druk en vochtigheid, wat leidt tot eiwitdenaturatie, maar ook tot inactivatie van eiwitachtige anti-nutritionele factoren (ANF's), trypsineremmers en lectinen. De mate van eiwitdenaturatie hangt af van de procesparameters. De schilfers, die minder dan 50% ruw eiwit bevatten, kunnen verder geconcentreerd worden in eiwitgehalte door verwijdering van de niet-eiwit componenten, zoals de oplosbare koolhydraten, waarbij een product overblijft dat hoofdzakelijk eiwit en grotere celwandfracties bevat. De niet-eiwit componenten worden verwijderd door de volgende processtappen:

- De schilfers oplossen in water;
- Het water aanzuren tot het iso-elektrische punt (pH 4.5);
- De schilfers spoelen met ethanol of isopropanol bij een temperatuur van 60-70 °C;
- Hierbij slaat het eiwitrijke materiaal neer, waarna het gescheiden kan worden van de rest van de vloeistof.

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

In deze paragraaf wordt berekend welk aandeel van de zonnebloemzaadschilfers benut kan worden voor de BBE. Zonnebloemschroot/-schilfers worden jaarlijks in een volume van ca. 600 kton (88% ds) in Nederland gebruikt in mengvoeders. Het raffinageproces van zonnebloemschroot/-schilfers is niet onderzocht maar kan in dit project gelijk gesteld worden aan die van raapzaadschroot. Het onderzoek leverde de volgende componenten op (tabel 13).

Tabel 13

Aandeel componenten na raffinage van zonnebloemschroot/-schilfers (in de droge stof);

bron: Sanders, 2015; Teekens et al., 2015

componenten	% van de droge stof	bestemming	hoeveelheid (kton)
eiwitconcentraat	40	diervoeder varken/pluimvee	210
ligno-cellulose	30	BBE	158
hoogwaardig diervoeder*	25	50% diervoeder/50% BBE	66/66
mineralen (o.a. fosfaat, K)	5	bemesting	25
Totaal	100		525

*hoofdzakelijk melkzuur

Globaal wordt er uit raffinage van 525 kton droge stof raapzaadschroot bijna 224 (158 + 50% hoogwaardig diervoeder) kton droge stof voor de BBE vrijgemaakt. Het eiwitconcentraat van dit volume zonnebloemschroot/-schilfers is nodig voor het huidige diervoedergebruik in Nederland. Hierbij is aan te merken dat het eiwitpercentage van het geraffineerde zonnebloemschroot/-schilfers hoger is dan in het ongeraffineerde zonnebloemzaadschilfers (40% versus 34%; CVB, 2011). Door raffinage is het zetmeel van het zonnebloemschroot/-schilfers hoofdzakelijk omgezet in melkzuur dat beter verteerbaar is voor eenmagigen (figuur 6).

Vervanging sojaschroot door zonnebloemschroot/-schilfers

Zonnebloemschroot/-schilfers hebben tot op zekere hoogte een vergelijkbare samenstelling als raapzaadschroot. Daarom is voor de vervanging van sojaschroot door zonnebloemschroot/-schilfers van eenzelfde berekeningswijze uitgegaan als bij vervanging van sojaschroot door raapzaadschroot. Een volume van 1 kg ds zonnebloemschroot/-schilfers (34% eiwit in ds) kan 0,596 kg ds sojaschroot (48% eiwit in ds) plus 0,152 kg ds tarwe (12% eiwit in ds) vervangen (Corré et al., 2015). Stel dat door het hogere eiwitgehalte van geraffineerd zonnebloemschroot/-schilfers (40% eiwit in ds) en de betere verteerbaarheid van het eiwit 0,75 kg ds zonnebloemschroot/-schilfers overeenkomt met 0,596 kg ds sojaschroot en 0,152 kg ds tarwe. Hieruit volgt dan dat 1 kg sojaschroot plus 0,25 kg ds tarwe is te vervangen door 1,25 kg ds zonnebloemschroot/-schilfers.

De drie aspecten – het hogere eiwitgehalte, de hogere benutting van het melkzuur t.o.v. (hemi) cellulose en het ontdoen van de lignocellulosefractie, fenolische verbindingen (o.a. chlorogeenzuur), fosfaat en kalium – zullen leiden tot een betere benutting door het dier waardoor naar verwachting 25% minder zonnebloemschroot/-schilfers nodig is voor de voeding van rundvee, varkens en pluimvee (Bon et al., 2013; Teekens et al., 2015). Daardoor kan 25% van de nu geïmporteerde hoeveelheid zonnebloemschroot/-schilfers, dat tevens geraffineerd is, dienen tot bijvoorbeeld vervanging van sojaschroot. Met deze berekening kan met de overblijvende 131 kton ds zonnebloemschroot/-schilfers 105 kton ds sojaschroot vervangen worden. Bovendien hoeft 26,5 kton ds tarwe minder te worden geïmporteerd. Dit geeft – bij een tarweprijs van € 0,16/kg - een besparing van $0,16 * 31,17$ kton tarwe (85% ds) met een totale waarde van 10 miljoen euro.

Verliezers en winnaars bij vervanging sojaschroot door zonnebloemzaadschilfers

Bij vervanging van (een deel van) het volume sojaschroot en tarwe door zonnebloemzaadschilfers zullen de bedrijven met crush-technieken op korter termijn een deel van hun werk verliezen. De bedrijven die de olie van zonnebloemzaad verwerken tot biodiesel zullen op korte termijn meer werk krijgen. De bedrijven die zonnebloemschroot/-schilfers zullen gaan raffineren hebben in de nabije toekomst ook meer werk en kunnen wellicht een deel van hun werk financieren met de besparing op de import van tarwe.

De overige voordelen van de vervanging van sojaschroot door zonnebloemschroot/-schilfers, zoals teelt in EU en kortere transportafstanden kunnen uitgedrukt worden in reducties van broeikasgas-emissies, die overigens geen onderwerp van deze studie zijn. Een eerste aanzet hiervoor is te vinden in recent gerapporteerd onderzoek van Corré et al. (2015), waarbij vooral ingegaan wordt op de broeikasgasemissies van de keten van teelt tot verwaarding van palmpitzaad, raapzaad en sojabonen.

6.3 Case gras

Volume

In Nederland is veel productiegasland aanwezig (CBS, 2014). Het betreft 941.000 ha, ongeveer 50% van het gehele productieareaal aan blijvend en tijdelijk grasland en akkerbouw. In 2014 werd in Nederland 2.760.000 ha productiegasland gemaaid. Dit betekent dat elk perceel productiegasland gemiddeld 2,9 keer werd gemaaid. Volumes aan weidegras, kuilgras, hooi, natuur- en bermgras zijn weergegeven in tabel 14.

Tabel 14*Hoeveelheden (in kton droge stof) weidegras, kuilgras, hooi, natuurgras en bermgras in Nederland*

voeder	kton ds	bron
weidegras	2.501	CBS, 2014
kuilgras	6.405	CBS, 2014
hooi	170	CBS, 2014
natuurgras	1.080	Koppejan et.al, 2009
bermgras	640	Koppejan et.al, 2009

Huidig en toekomstig gebruik

Uit tabel 14 is te berekenen dat 7 ton ds/ha aan kuilvoer en hooi wordt geproduceerd in ongeveer drie snedes per ha/jaar. De gemiddelde netto grasproductie (gedefinieerd als de opname als weidegras - in de bek van de koe - plus de afvoer als silage (over de perceelsdam) is 10,2 ton ds/ha/jaar (Aarts et al., 2009). Dit betekent dat 3,3 ton ds/ha als vers gras wordt vervoederd (beweiden en zomerstalvoeding). De verwachting is dat de toekomstige grasproductie per hectare zal toenemen door veredeling en beter graslandmanagement. Door de groei van de melkveestapel in Nederland vanaf 2015 – als gevolg van de afschaffing van met melkquotum – zal de vraag naar zowel vers gras als geconserveerde grasproducten (graskuil, hooi en overige producten) toenemen. In 2020 zal van natuurgrassen maximaal 378 kton droge stof en van bermgrassen maximaal 512 kton droge stof verbruikt kunnen worden voor warmte- en elektriciteitsproductie (Koppejan et al., 2009).

Melkvee stelt in vergelijking met andere diersoorten hogere eisen aan energiewaarde (VEM/kg ds) en eiwitgehalte. Bijmengen van natuurgras uit natuurgebieden is veelal wel mogelijk, maar naarmate de kwaliteit minder wordt (vooral < 700 VEM/kg ds) wordt de mogelijkheid hiervoor beperkt. Natuurgras kan tot zekere hoogte (ca. 25% van het kuilgrasrantsoen) op verantwoorde manier worden bijgemengd met regulier voer voor melkvee (Remmelink et al., 2007). Verder wordt natuur- en bermgras in co-vergisters bijgevoegd vanwege de lage prijs van het co-product. De volumes zijn echter gering vanwege problemen met het mengen in de vergister en de slechtere mate van vergisten door het hoge ligninegehalte van het gras. Het gras zal voorbereid en geschoond moeten worden, hetgeen kostenverhogend werkt.

Mogelijkheden efficiënter gebruik

Productie- of weidegras kan efficiënter benut worden door het toepassen van veredeling en het verlagen van veldverliezen. Veredeling is dan gericht op kwaliteitsverhoging, b.v. geen roestvorming in herfst, vorstbestendiger, beter bestand tegen betreding en maaien van gras. Bij veldverliezen kan gedacht worden aan verliezen doordat het gemaaid gras te lang op het veld ligt of machines verkeerd zijn afgesteld (te kort maaien, te diep harken, etc.). Ook kan gedacht worden aan weideverliezen door het weiden van melkvee. Het graslandmanagement in relatie tot de grondsoort en grondwaterniveau is hierbij essentieel (omweiden, standweiden, rantsoenbeweiding strip-grazing).

De toepassingsmogelijkheden van natuur- en bermmaaisel zijn recent onderzocht en gerapporteerd (Spijker et al., 2013). Gekeken is naar het niet maaien (niets doen), maaisel laten liggen, natuurlijke begrazing, veevoer, onbewerkt onderwerken als bodemverbeteraar, composteren, veenvervanger, thermische conversie, vergisten, bioraffinage, bed- en strooiselmateriaal. Vijf ketens zijn hieruit geselecteerd: veevoer, compost, veenvervanger, (natte en droge) vergisting en bioraffinage van vezels. De grootste kennisbehoefte van deze ketens ligt bij veenvervanger, (natte en droge) vergisting en bioraffinage voor vezels.

Beschikbare componenten en economie

Weide-, natuur- en bermgras zijn uitstekende grondstoffen voor de biobased economy. Ze bevatten goed beschikbare componenten: eiwitten, vezels, polysacchariden zoals cellulose, fermenteerbare suikers en lignine. Weidegras lijkt het meest geschikt voor bioraffinage, omdat in dit gewas relatief meer eiwit kan worden gewonnen dan uit natuur- en bermgras.

Momenteel zijn er enkele demo's/initiatieven, in de EU en ook in Nederland (zie ook tabel 15):

- Grassa! heeft een verplaatsbare unit en produceert eiwit, aminozuren, vezels en mineralen; wil naar een grascombine (maaïen en fractioneren in één machine) toe,
- Mandl in Oostenrijk produceert vooral aminozuren uit het eiwit,
- Newfoss gaat uit van bermgras voor de productie van vezels en houdt een bijproduct van aminozuren over, een eerste fabriek is in aanbouw in Heerenveen,
- Biowert heeft een proeffabriek in Duitsland.

Tabel 15

Demo's en andere initiatieven van bioraffinage-technieken voor gras in Nederland en andere Europese landen (bron: Broens et al., 2014; Verhoeckx et al., 2015)

Toepassingsketen	Omschrijving en afbakening
1. Begrazen	State of the art: grazende koeien in de wei
2a. Decentraal persen tot eiwit voor varkens, vezel voor karton, aminozuren (Grassa!)	Gestart in 2008. Verhogen van de beschikbaarheid uit weilandgras van eiwit, aminozuren en suikers en bovendien verkrijgen van vezels voor karton. Verder: het terugwinnen van fosfaat in reststromen. Hiermee wordt de melkveehouder ontlast op het gebied van fosfaat, NH ₃ -emissie nu in pilotfase. Samenwerking met kringloopwijzer en Natura 2000-gebieden. In 2016 zal eerste commerciële proceslijn worden voorbereid. In Uganda zal in eerste kwartaal 2016 met bestaand prototype worden gewerkt.
2b. Als 2a, centrale fabriek (AVEBE)	Als 2a, echter met fors logistieke uitdaging om gras binnen 8 uur na maaïen verwerkt te hebben in centrale fabriek alsmede hoge kosten voor recyclen van mineralen; onderzoek bij demo-installatie is beëindigd.
2. Decentraal persen tot eiwit voor rundvee, overige biogas (HarvestaGG)	Eiwit uit weilandgras (eigenlijk akkerbouwmatig geteeld gras) krijgt hoge waarde als in 2a, maar andere componenten worden als grondstof voor elektriciteit (biogas) ingezet. Recyclen van mineralen is door grootschaligheid geen sinecure; uitwerken van plannen voor eerste fabriek in Ter Apel.
3. (Bermgras) brandstof (Van Boekel/ Danvos/ Newfoss)	Gestart in 2012. Laagwaardig gras wordt ingezet voor winning vezels voor papier of elektriciteit. Hiervoor is al een keten ontwikkeld met afzet naar kartonindustrie. Aminozuren komen ter beschikking van voeder en chemie; twee ketens grondstoffen zijn in bedrijf, heeft momenteel (eind 2015) een sluitende business case. Eerste fabriek wordt gestart in Uden.
4. Kuilen, persen tot aminozuren en melkzuur (Mandl, Oostenrijk)	Hoogwaardig gras van alpenweiden wordt gebruikt om melkzuur uit suikers en aminozuren uit eiwit te verkrijgen. Kosten zijn relatief te hoog voor Nederlandse situatie.
5. Persen, vezels als isolatiemateriaal, overige biogas (Biowert, Dld)	Relatief goedkoop proces levert vezelgrondstoffen als isolatiemateriaal voor huizen. Vraag is of kwaliteit hoog genoeg is voor vochtige omstandigheden. Hier wordt in de regel uitgegaan van weinig bemeste grasteelt of natuurgas.

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

Het bedrijf Grassa is één van de bedrijven waarbij eiwitrijk cultuurgras wordt geraffineerd. De demo-installatie van Grassa wijst uit dat 16% van de droge stof van kwalitatief goed weidegras hoogwaardig eiwit bevat dat vergelijkbaar is met sojaeiwit (www.grassa.nl). Van dit eiwit wordt 90% benut (40% komt in de perskoek en 50% in het eiwitconcentraat). Onderzoek naar de perskoek toonde dat melkvee bij een maximale opname van 4 kg ingekuilde graskoek (= voorbereekte grasvezel) per dag in het rantsoen een gelijke melkproductie realiseerde als op een rantsoen met niet-geraffineerde grassilage (Klop et al., 2015). Uitgaande van het Grassa-concept kan de droge stof uit gras als volgt worden ingezet: ca. 6,4% eiwit voor de graskoek of perskoek, de overige 8% eiwit voor andere diervoeders (varkens, pluimvee, jongveevoeding), mineralen 5%, ongeveer 22% voor de BBE-sector chemie (hoogwaardig eiwit, suikers, aminozuren, melkzuur). Voor de Nederlandse situatie betekent dit dat bij grasraffinage maximaal 8.900 kton ds (tabel 1) weidegras en kuilgras kan worden geraffineerd. Echter, in Nederland zal beweide blijven worden. De hoeveelheid weidegras van ca. 2501 kton ds (tabel

1) kan dus niet gebruikt worden voor raffinage. Daarom blijft alleen het volume van de graskuil – 6405 kton ds – over voor raffinage. Bij een goed management van inkuilen zijn de drogestofverliezen de som van de drogestofverliezen op het veld (10%), tijdens conservering en bewaring (8%), tijdens het uithalen en het voeren van de kuil (5%), en bij broei (5%) (Van Schooten, 2010). Hierbij moet opgeteld worden de niet goed verteerbare cellen door het dier ten opzichte van raffineren (10%) en de verhoging van de drogestofproductie met 10% door veredeling in de nabije toekomst. Wanneer uitgegaan wordt van drogestofverliezen bij grasraffinage van 5% (<http://grassa.nl/gras>) kan berekend worden dat voor grasraffinage ten opzichte van voederwinning van gras een hoger netto grasvolume beschikbaar is, namelijk $(100+43)/(143-0,43*143) * 6405$ kton ds = 11.237 kton ds. Met het Grassa-concept is te berekenen dat $14,4\% * 11.237$ kton ds = 1.618 kton ds hoogwaardig eiwit wordt gevormd, waarvan $8\% * 11.237$ kton ds = 899 kton ds beschikbaar komt voor varkens-, pluimvee- en jongveediervoerders. Het restvolume eiwit (619 kton ds) komt in de perskoek beschikbaar voor melkvee (figuur 7). Van de 11.237 kton ds is op korte termijn ca. 0% (De Haan, 2016) en op langere termijn maximaal 30% ofwel 3.371 kton ds aan suikers, aminozuren en mineralen (o.a. fosfaten) beschikbaar voor de BBE (<http://grassa.nl/gras>).

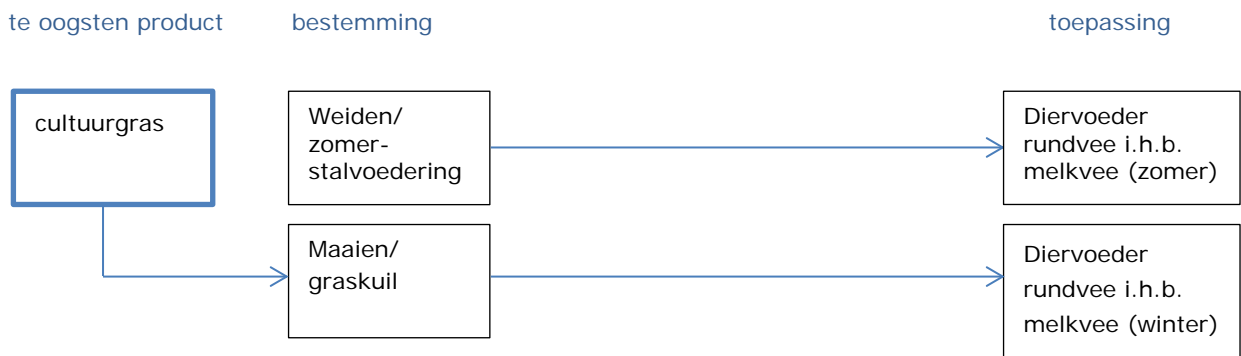
Winnaars en verliezers bij gebruik van graseiwit als vervanging sojaschroot

Het hoogwaardige graseiwit is bestemd voor varkens-, pluimvee- en jongveediervoerders en is vergelijkbaar met sojaschrooteiwit. In Nederland wordt ca. 1.236 kton aan sojaschroot gebruikt voor diervoeder (Bikker, 2015). Een deel van dit volume wordt rechtstreeks geïmporteerd en de rest komt vrij bij crushing in Nederland. Het hoogwaardige eiwit kan in theorie $899/(0,88 * 1236) * 100\% = 82,6\%$ van het jaarlijkse verbruik van sojaschroot vervangen. Het hoogwaardige eiwit in de perskoek kan vervangen worden door laagwaardiger eiwit uit bijvoorbeeld maïs. Dit graseiwit zal dan uit de grascellen gehaald moeten worden, waarvan verwacht wordt dat dit duur is. Het laagwaardiger maïseiwit uit snijmaïs is bovendien niet beschikbaar, omdat snijmaïskuil als geheel al als ruwvoeder in de melk- en vleesveehouderij in Nederland wordt gebruikt.

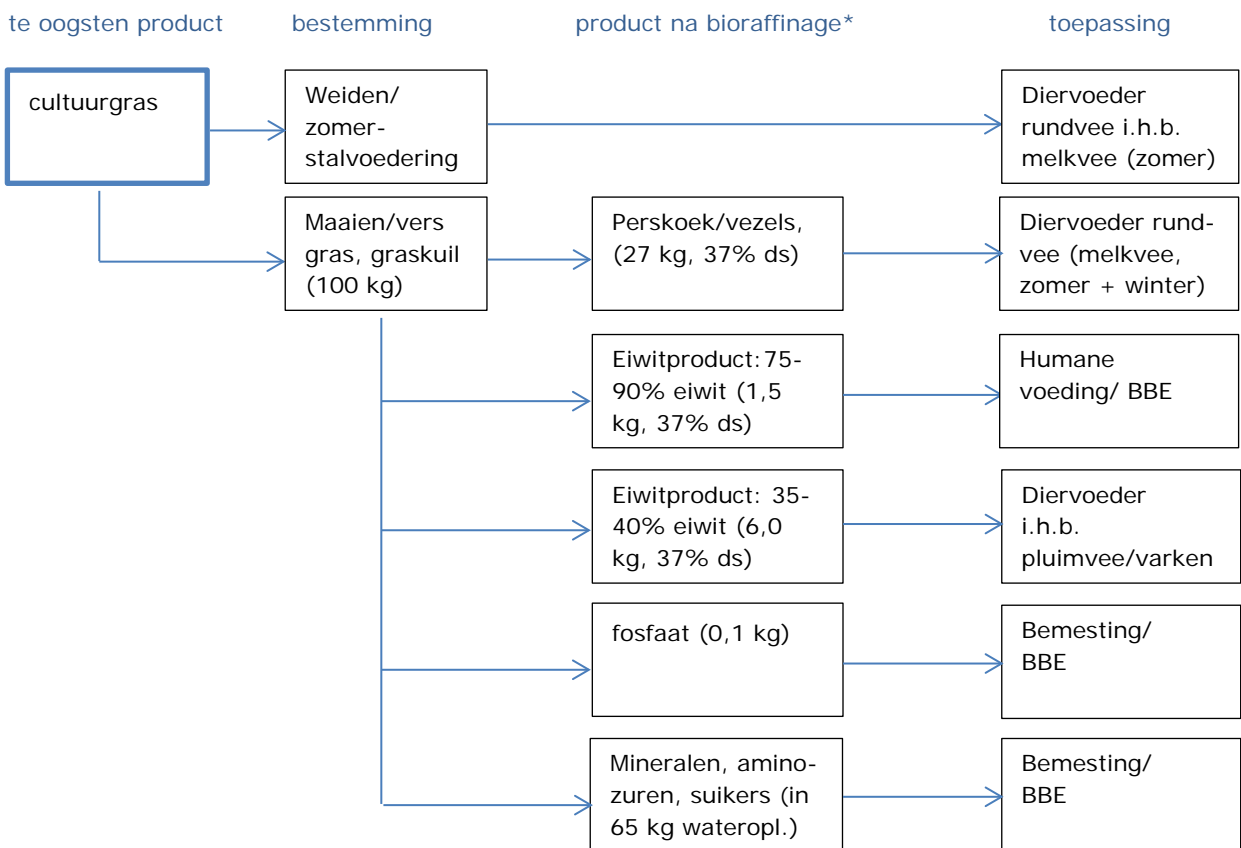
De grasraffinagebedrijven en de melkveehouders met voldoende grasproductie en van voldoende kwaliteit zijn de potentiële winnaars bij totstandkoming van een nieuwe waardeketen op basis van grasraffinage. De potentiële verliezers zijn de bedrijven met crush-technologie.

Verwerking cultuurgras zonder en met bioraffinage

Oude situatie: weiden, maaien, inkuilen, toepassing



Nieuwe situatie: weiden, maaien, inkuilen, bioraffinage, toepassing



* Bron: www.grassa.nl

Figuur 7 Verwerking cultuurgras zonder en met bioraffinage

6.4 Case maïs

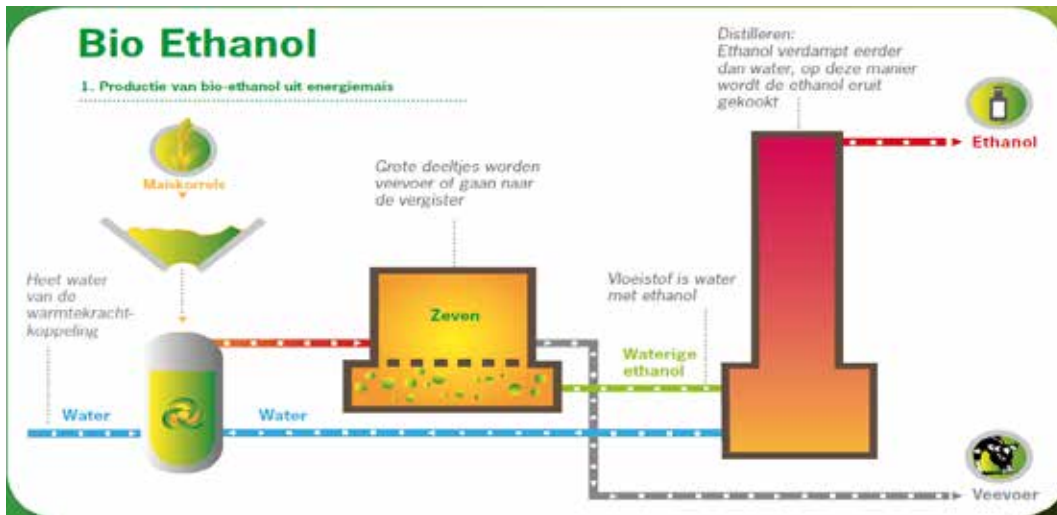
Inleiding

In Nederland wordt hoofdzakelijk snijmaïs geteeld voor melkvee en rundvee. De jaarlijkse productie is 3.617 ton droge stof snijmaïskuil, zoals eerder genoemd in paragraaf 3.1. Snijmaïskuil is afkomstig van 230.000 ha (CBS, 2013). Bovenop het snijmaïsareaal wordt in Nederland ca. 21.000 ha geteeld voor maïskolvensilage (MKS) en Corn cob mix (CCM) en korrelmaïs (Handboek Snijmaïs, 2014). MKS is een gehakseld product van de gehele kolf met enkele schutbladeren dat wordt ingekuuld en vervoerd aan melkvee, bij CCM wordt een deel van de kolf met een deel van de spil geogst, vervolgens gemalen en ingekuuld. Het wordt gevoerd aan varkens (25-50% spil) en rundvee (100% spil). De mengvoerindustrie gebruikt CCM ook wel als grondstof voor varkensvoer en met name voor biggen. Korrelmaïs wordt geteeld voor de droge korrel en is bedoeld als grondstof voor de mengvoederindustrie (pluimveevoer). Na dorsen blijft de rest van de plant achter op het land. Bij ongunstig weer tijdens het oogsten kunnen de droogkosten aanzienlijk zijn.

Ethanolproductie uit maïskorrels

Sinds 2010 is bij ACRRES (Application Centre for Renewable RESources, onderdeel van Wageningen UR) te Lelystad met Byosis onderzoek gedaan naar de ethanolproductie van het zetmeel en de valorisatie van de eiwit- en de restfractie uit maïskorrels in een decentrale opzet waarbij een 60% ethanoloplossing plus een eiwitrijk restproduct worden gemaakt (Figuur 8). In deze opzet wordt bij de oogst de korrel apart geogst van de rest van de plant. De korrels werden ingekuuld en konden ongeveer 1 jaar bewaard worden. De rest van de plant kan vergist worden en warmte (en elektriciteit) opleveren voor de energievoorziening van de raffinage. De gedachte achter het genoemde raffinageproces was dat snijmaïs per ha circa 0,9 ton eiwit kan produceren. Indien dit eiwit sojaschroot in bepaalde mate zou kunnen vervangen, zou de raffinage wellicht een positief totaaleffect geven wanneer de andere producten ook aantrekkelijk tot waarde gebracht kunnen worden. Hierbij wordt wel opgemerkt dat de aminozuursamenstelling van maïseiwit minder goed aansluit bij de behoefte van landbouwhuisdieren dan de aminozuursamenstelling van soja-eiwit. Aanvulling van de diervoeding met synthetische aminozuren kan dan nodig zijn.

Nadat de testen de economische parameters hadden opgeleverd voor de businesscase, is uitgerekend in welke mate dit proces rendabel kan zijn. Hierbij is uitgegaan van een prijs voor de korrels van € 0,14 per kg vers, een prijs voor een 60% ethanoloplossing van € 0,24 (overeen komend met een 100% ethanolprijs van € 0,60 per liter) en een prijs van het eiwitrijke restproduct € 0,17 (vastgesteld in onderzoek van Bikker et al., 2014). Deze prijsniveaus zorgen samen met de verwerkingskosten voor een negatieve businesscase. Pas bij een ethanolprijs van € 0,90 (100% ethanol) worden de financiële opbrengsten hoger dan de kosten. Om de businesscase te verbeteren is onderzoek gedaan naar de isolatie van het eiwit zeïne dat ongeveer 50% uitmaakt van het totaal maïseiwit. De raffinage hiervan vraagt echter nog veel ontwikkeltijd omdat het rendement nog erg laag is. Gelet op deze resultaten, is gekeken naar de waarde van gewelde en beperkt gefermenteerde maïskorrels als grondstof voor veevoeding. Dit als eerste stap naar verhoogde valorisatie. Deze business case draagt bij aan meer lokale productie van veevoerders.



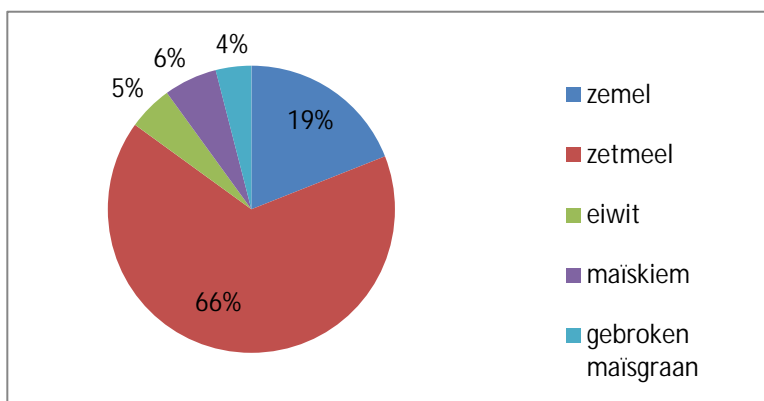
Figuur 8 Processchema van de bioethanolproductie bij ACRRES in Lelystad. Ethanolproductie uit maïskorrels met restproducten (bron: ACRRES)

Behandelingen aan maïskorrels

In het onderzoek van Bikker et al. (2014) is behalve naar de veevoederwaarde van het eiwitrijke restproduct ook gekeken naar de waarde van alleen gewelde maïs. Als referentiegrondstoffen zijn in deze studie sojaschroot (eiwitrijk) en kuilgras (vezelrijk) meegenomen. Verder is in deze studie de in vivo verteerbaarheid van het maïsproduct bij varkens onderzocht. De resultaten lieten zien dat de in vitro organische stofverteerbaarheid van maïs na wellen vergelijkbaar is met die van sojaschroot, terwijl die van maïsproduct vergelijkbaar is met die van kuilgras. De in vitro N-verteerbaarheid van maïs na wellen en van de eiwitrijke maïsresten is iets hoger tot vergelijkbaar met die van sojaschroot en duidelijk beter dan die van kuilgras.

Korrelmaïs en toepassingen

In Europa groeit het areaal korrelmaïs nog steeds. De afgelopen 10 jaar is het areaal met 37% uitgebreid. In 2012 werd 24,1 miljoen hectare maïs geteeld. De belangrijkste productielanden zijn Oekraïne, Frankrijk en Duitsland. In Roemenië en Polen maar ook Rusland is de groei van areaal sterk (Lassche, 2013). De samenstelling van korrelmaïs is weergegeven in figuur 9.



Figuur 9 Aandeel van inhoudsstoffen van een maïskorrel (bron: VanDamme Group)

Korrelmaïs wordt grotendeels verwerkt in grote bedrijven met een bedrijfstak voor zetmeelverwerking, b.v. Cargill (Gotink, 2015). Bij dit bedrijf wordt naast zetmeel het belangrijke bijproduct maïsglutenvoer geproduceerd (zie ook paragraaf 3.1, tabel 3). Een ander belangrijk bijproduct is maïskiem dat door speciale bedrijven als VanDamme Edible Oils NV te Deinze (België) verwerkt wordt tot maïsolie. De olie is hoogwaardiger dan gewone zaadoliën. Het bevat hoge gehalten aan essentiële vetzuren (56%; o.a. omega-3 en omega-6 vetzuren), vitaminen E, fytoosterolen en bepaalde co-enzymen. Toepassingen zijn er op het gebied van gezondheid - fytoosterolen werken positief (een

dalend effect) op het cholesterolgehalte - industriële toepassingen, voedselbereiding babyvoeding en cosmetica.

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

Bij de raffinage van maïskorrels van de snijmaïsteelt op ACRRES zijn de volgende producten gevormd: zetmeel, melkzuur en een eiwitrijk maïsbijsproduct. In eerste instantie zijn deze drie producten niet gescheiden vanwege het kostenaspect. Het eiwitrijke maïsbijsproduct kan sojaschroot qua kwaliteit vervangen, maar wel met de kanttekening dat er synthetische aminozuren toegevoegd moeten worden (vooral voor lysine en tryptofaan) vanwege nogal lagere gehalten van deze aminozuren per 100 g eiwit ten opzichte van sojaschroot (CVB, 2011). Dit brengt kosten met zich mee. Deze kosten en het werken op boerderijschaal (lees: kleine schaal) maken dat met dit raffinageconcept geen rendabele business case is te bereiken. Er is dan ook gestopt met dit project wat betreft raffinage van maïskorrels (Van den Broek, 2015).

6.5 Case aquatische eiwitten

Aquatische eiwitten vinden we onder andere in zeewier en algen. In eerste instantie is onderzoek naar de teelt en oogst van deze 'gewassen' gestart. De laatste jaren wordt ook meer bekend over het nut van inhoudsstoffen voor voeding, gezondheid en andere toepassingen.

6.5.1 Zeewier

Inleiding

Wereldwijd heeft zeewier grote mogelijkheden om een belangrijke teelt te worden. Het kan een bijdrage leveren aan humane voeding, diervoeding en aan de Bio Based Economy (=BBE), zoals biobrandstoffen, bio-composieten en hoogwaardige chemische producten. Momenteel vindt 95% procent van de productie plaats in het Oost-Azië met China als belangrijkste producent. De totale wereldproductie bedraagt 11,4 miljoen ton als vers product op jaarbasis (Anonymus). Dit is bij 20% droge stof 2,28 miljoen ton droge stof per jaar. Ook wordt voorzien dat in Nederland de teelt opgang kan maken. Een voordeel is dat productie van zeewier als grondstof voor voeding en BBE geen beslag legt op de productiefactor 'grond' van de reguliere landbouwproductie, maar in het Nederlandse deel van de Noordzee kan gebeuren. Bovendien heeft Nederland hoogontwikkelde potentiële ketenpartners met een innovatieve en exportgerichte landbouw en voedingsindustrie. Een duurzame teelwijze - geen bestrijdingsmiddelen en precisiebemesting - en een belangrijke eiwitbron zijn andere voordelen. Zeewieren bevatten veel eiwitten, tot 25% van de droge stof. Ze hebben een goede verhouding aan essentiële aminozuren voor toepassing in de humane voeding. Een betere functionaliteit van de eiwitten vraagt minder eiwit om aan dezelfde behoefte te voldoen. Een ander voordeel van zeewieren is dat zij weinig lignocelluloseachtig materiaal bevatten. De bruikbare inhoudsstoffen zijn daarom makkelijker 'toegankelijk'. In Zuidoost-Azië wordt al eeuwenlang kleinschalig zeewier geteeld voor de voedselbereiding (o.a. voor sushi's). In sommige landen gebruiken akkerbouwers het fosfaatrijke zeewier om het land mee te bemesten. Ook wordt het gebruikt als leverancier van vitamines, mineralen (jodium), antioxidanten en werkzame stoffen voor biociden. Op dit moment wordt zeewier hoofdzakelijk toegepast als bron van geleermiddelen zoals agar, alginaten en carrageen (Anonymus).

Bioactieve componenten voor toepassing in (dier)voeding

Zeewier in complete vorm kan als residu van bioprocessing worden gebruikt in diervoeding of als bron van bioactieve componenten. Vooral bij jonge biggen zijn positieve effecten van zeewiercomponenten waargenomen op sommige immunologische parameters, darmmorfologie en darmgezondheid. Zeewier, vooral cultivars van bruinwieren, bevat betrekkelijk grote hoeveelheden polysacchariden en heeft gunstige anti-oxidatieve eigenschappen en toepassingsmogelijkheden voor medische doeleinden (Holdt en Kraan, 2011).

Bepaalde soorten zeewier bevatten bioactieve lectinen, een groep koolhydraatbindende eiwitten die aanwezig zijn in veel organismen. Vanwege eiwit-koolhydraat interacties met oplosbare en membraan-gebonden glycoconjugaten, zijn lectinen betrokken bij de gastheer-pathogeen interacties, inductie van

apoptose (= geprogrammeerde celdood), agglutinatie van bloedcellen, antibiotische effecten, mitogene en cytotoxische effecten van het immuunsysteem, etc. Een aantal van deze effecten is beschreven voor geïsoleerde lectinen uit zeewier (Kawakubo et al., 1999; Hori et al., 2000).

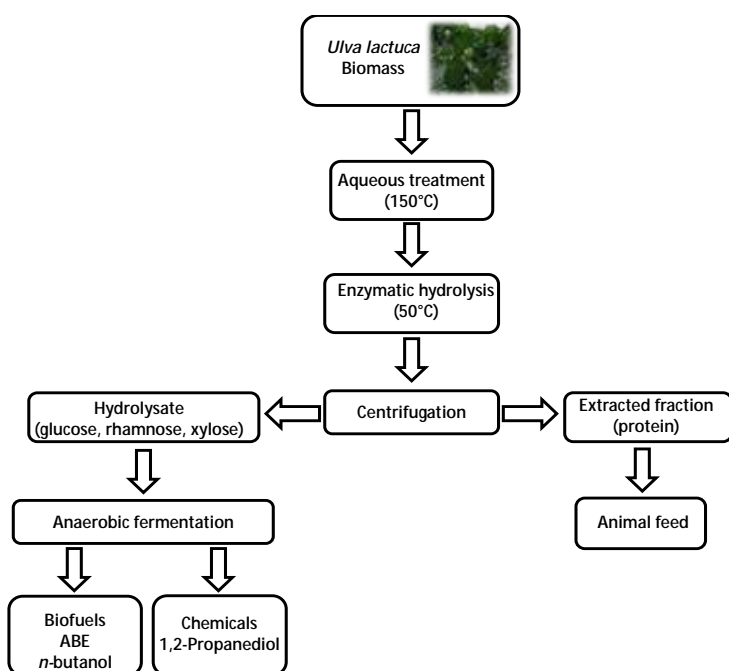
Een aantal specifieke peptiden is geïsoleerd uit zeewiercultivars waaronder depsipeptide (Kalahide F) met specifieke werking tegen kanker en tumoren, hexapeptide (SECMA 1) met effecten op celvermeerdering en andere peptiden met specifieke effecten op fysiologische processen. Daarnaast kunnen specifieke zeewiersoorten dienen als bron van arginine, taurine en andere zeldzame aminozuren die onderzocht zijn op hun therapeutische eigenschappen (Fleurence, 1999; Holdt en Kraan, 2011). In tegenstelling tot andere planten bevatten zeewieren kleine hoeveelheden omega-3 vetzuren, waarvan wordt verondersteld dat het het immuunsysteem beïnvloedt.

Van intact zeewier en zeewierextracten wordt verondersteld dat het modulerende eigenschappen heeft op het immuunsysteem, waardoor de weerstand tegen ziekten wordt vergroot. Sommige studies leveren bewijs voor deze hypothese. Toevoeging van zeewier (10%) door het vervangen van vismeel bij voeding van Atlantische zalm veroorzaakte belangrijke immuno-modulerende effecten, zoals blijkt uit veranderingen in de expressie van genen die betrokken zijn bij antigene verwerking en presentatie (Palstra et al., 2015).

Leonard et al. (2012) onderzochten het effect op immuunsysteemfuncties en microflora van zogende biggen. Hierbij werd het rantsoen bij zeugen aangevuld met zeewierextract voor de periode van 107 dagen dracht van de zeug tot het spenen van de biggen (dag 26). Het zeewierextract (10 g/zeug/dag) bevatte laminarine (1,0 g), fucoidan (0,8 g) en as (8,2 g) en werd geëxtraheerd uit een *Laminaria* spp. Het lichaamsgewicht van de biggen bij de geboorte en het spenen werd niet beïnvloed evenals de morfologie van de dunne darm. Echter, toevoeging van zeewierextract aan zogende zeugen toonde een belangrijke immuno-modulerende rol gekenmerkt door verbeterde colostrale IgA en IgG concentraties, hogere gehalten IgG concentraties in het bloed van biggen op dag 14 van de lactatie en verhoogde TNF-alfa mRNA expressie in het ileum na stimulatie met bacterieel lipopolysaccharide (LPS). Meer onderzoek is echter nodig om het werkingsmechanisme van zeewier of zeewiercomponenten op het immuunsysteem van dieren te ontrafelen.

Bioraffinage naar eiwitten, biobrandstoffen en chemicaliën

Bikker et al. (in progress) pasten een raffinageprocédé toe op groene algen (zeesla). Dit resulteerde in de productie van biobrandstoffen, chemicaliën en eiwitten voor toepassing in diervoeders. Het toegepaste raffinageprocédé wordt getoond in figuur 10.



Figuur 10 Cascading biorefinery for the green seaweed *U. lactuca*

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

Zeewieren bevatten een groot aantal biologisch actieve componenten, die deze grondstof interessant voor de toepassing van bioraffinageprocessen maakt. Bovendien bevat zeewier componenten die kunnen worden omgezet in biobrandstoffen en chemicaliën, terwijl een eiwitrijke fractie resteert. Echter, de kosten van dergelijke processen moeten hierbij in beschouwing worden genomen en zijn nog niet onderzocht

Conclusie

- Wereldwijd is de zeewierproductie 2,3 miljoen ton droge stof per jaar.
- Onderzoek is gestart met de teelt en raffinage van zeewieren. Raffinage biedt kansen voor het op hoog niveau verwaarden van inhoudsstoffen en de resterende fractie in diervoeders.
 - Opname van eiwit uit zeewieren in diervoeders op bedrijfsschaal zal op korte/middellange termijn niet in Nederland gebeuren vanwege de betrekkelijke geringe ervaring met de teelt en de raffinage. Teelt- en raffinagemethoden moeten nog (verder) worden ontwikkeld en kostentechnisch worden beproefd.

6.5.2 Algen

Inleiding

Hoewel al eeuwen lang algen worden gebruikt, is de teelt van algen nog betrekkelijk jong: slechts enkele decennia oud. Van de 30.000 soorten algen die er naar verwachting zijn, zijn de groene algen het meest interessant. Ze worden in hoofdzaak gebruikt als voedingssupplementen voor de mens en als additieven in diervoeders (Spruijt et al., 2014). De productielanden liggen in Azië: China, India, VS, Myanmar, Japan, Taiwan, Israël. Het enige Europese land is Duitsland. Verder wordt Australië ook genoemd (Kovač et al. 2013).

In Nederland zijn bedrijven en onderzoekinstellingen sinds 15 jaar actief met de teelt, oogst, selectie en optimalisatie van algenketens. De eerste grote Nederlandse algenkweker was Ingrepro B.V. te Borculo, in 2001 opgericht en in 2013 failliet verklaard. De nu nog opererende locaties zijn ACRRES (Lelystad), melkveehouderij Kelstein in Hallum en vleeskalverhouderij Kroes te Uddel.

Daarnaast is AlgaePARC Innovation Center van Food & Biobased Research van Wageningen UR - wereldwijd koploper in het onderzoek naar algen. Ze is met 20 bedrijven bezig met een efficiëntere kweek en bio-raffinage van algen. De vetzuren - onder meer omega-3-vetzuren - , eiwitten, suikers, zuren en pigmenten, worden door de bedrijven uit chemie en de voedingsindustrie gebruikt voor additieven in voeders, gezondheidsbevorderende componenten maar ook als bio-based producten zoals verf en biobrandstof. De kosten zijn in Nederland bij 100 ha productieveld ca. € 2,25/kg (Didde, 2014). Er wordt echter niet bij verteld wanneer deze kostprijs bereikt wordt en ook niet waar zo'n proefveld gerealiseerd zou kunnen worden. De opbrengsten variëren van 30 eurocent per kilo als de algen alleen biokerosine of biodiesel produceren. Het levert al 2,3 euro op als er verf, coatings of smeermiddelen van worden gemaakt. De topopbrengst was in 2014 becijferd op 8,8 euro per kilo als de algen ook nog worden ingezet voor voedseltoepassingen als anti-oxidanten, pigmenten en onverzadigde vetzuren en ze bovendien cosmetica produceren (Didde, 2014). Bij al deze genoemde opbrengstprijzen wordt niets gezegd over welke volumes daarbij horen. Dit i.v.m. met het effect van schaal op de kostprijs.

Een ander project is BioSolar Cells. Eén van de doelen is om in 2016 een alg of bacterie ontwikkeld te hebben die 5% van de energie uit zonlicht omzet in biobrandstof. Er wordt gewerkt aan de productie van biobrandstof en aan vetzuur-producerende algen met verbeterde groei-eigenschappen. De restproducten bevatten onder meer eiwitten, die we kunnen gebruiken in de productie van veevoer. Ten slotte heeft TNO in september 2014 een mobiele proeffabriek (de Valorie in Lelystad) geopend voor de raffinage van algen, waarbij waardevolle ingrediënten worden gewonnen. Dit gebeurt samen met de bedrijven Algae Food & Fuel, Sabic, De Wit Oils, Van Wijhe Verf en Royal HaskoningDHV.

Volume

Wereldwijd wordt ca. 7.000 ton algen als product – d.i. 420 ton droge stof (drogestofpercentage: 6%) – geproduceerd en 250 ton algenolie. Hiervan wordt 30% gebruikt in diervoeders. In Nederland wordt tot nu toe geen noemenswaardige productie geleverd.

Mogelijkheden voor efficiënter gebruik

Algen kunnen een goede vervanger zijn voor eiwitten, koolhydraten en vetten uit de bekende voeders maïs, tarwe en sojabonen. De samenstelling aan nutriënten is vergelijkbaar of beter dan genoemde voeders (Lum et al., 2013). Het koolhydraatgehalte is niet direct belangrijk, omdat algen vooral voor het eiwit en vet (olie) geteeld zullen worden.

Eiwit

De voedingskwaliteit van onderzochte algen is gelijk of zelfs beter dan van andere conventionele plantaardige eiwitten (Becker, 2013). Algeneiwit is een goed alternatief voor sojaschroot. Sommige essentiële aminozuren van een aantal algen tonen lagere gehalten (g/g eiwit), en andere essentiële aminozuren juist hogere gehalten dan die van sojabonen.

Vetten

Het vetgehalte varieert sterk; van 1% tot ca. 40% met uitschieters tot 85% van de droge stof. Het hoge gehalte aan omega-3 vetzuren in sojaschroot levert hierbij een gezonder dierlijk eindproduct met een hogere toegevoegde waarde (Gatrell et al., 2014). Binnen de omega-3 vetzuren hebben bioactieve EPA- en DHA-vetzuren de belangrijkste voedingswaarde. Aangetoond is met huidig onderzoek dat omega-3 vetzuren (met lange ketens) een natuurlijk geneesmiddel zijn tegen ernstige ziekten (Becker, 2013).

Vitaminen

De algensoort *Spirulina* bevat meer dan tienmaal zoveel β -caroteen als enig ander voedsel, zoals wortelen en meer vitamine B12 in vergelijking met welke verse plantaardige of dierlijke voedselbron dan ook. Vergeleken met groene algen, spinazie en de lever vertegenwoordigt *Spirulina* de rijkste bron van vitamine E, thiamine, cobalamine, biotine en inositol (Becker, 2013). Verschillende microalgensoorten produceren α -toco-pherol (α -T, de biologisch actieve vorm van vitamine E) in zeer hoge concentraties. De microalg *Euglena gracilis* bereikte na 120 uur groei een productie van $3,7 \pm 0,2$ mg/g α -tocoferol, wat in vergelijking met zonnebloemolie, sojaolie, olijfolie en maïs respectievelijk ongeveer een 13, 18, 95 en 56 keer hogere productiviteit betekent (Rodriguez Zavala et al., 2010).

Mineralen, as en nucleïne-zuren

De asgehalten van de algensoorten zijn nogal lager dan die bij wieren en ligt tussen de 7 en 14%. Het nucleïnezuurgehalte van de algen is hoger dan die van wieren en ligt rond de 5% (Batista et al., 2013). Dit wordt behalve door de soort ook beïnvloed door de groeiomstandigheden (Marrez et al., 2014).

Gezondheidsbevorderende aspecten

Microalgen tonen een grote variatie aan biologische activiteit. Ze bezitten een groot aantal nieuwe verbindingen die unieke structuren en functies hebben. In de literatuur (Spruijt, 2014) worden cytotoxische, antitumor, antibiotica, antimicrobiële (antibacteriële, antifungale, antiprotozoa), antivirale (bijvoorbeeld anti-HIV) activiteiten genoemd, maar ook immunosuppressieve en anti-inflammatoire effecten. De cytotoxische activiteit is van belang voor de ontwikkeling van geneesmiddelen tegen kanker.

Zeer kleine hoeveelheden biomassa van microalgen kunnen de fysiologie van dieren positief beïnvloeden door verbeterde immuunrespons. Dit resulteert in groeiverbetering, ziekteresistentie, antivirale en antibacteriële werking, verbeterde darmwerking en prebiotische werking. Ook uit dit zich in verbeterde voederconversie, reproductievermogen en gewichtsbeheersing. De geschiktheid van algen als biomassa is al in een groot aantal voedings- en toxicologische evaluaties aangetoond als waardevol (Gouveia et al., 2008).

Eiwitvervanger in diervoeders

Onderzoek bij verschillende diergroepen met bepaalde soorten algen leverde de volgende resultaten bij pluimvee, varkens, melkvee, kalveren en lammeren.

Pluimvee

In het pluimveerantsoen kan ongeveer 5-10% algen worden gebruikt als gedeeltelijke vervanging van conventionele eiwitbronnen. Hogere concentraties veroorzaken op de langere termijn een meer ongunstige voederconversie en een afnemende effectiviteit van eiwit en energie (Becker, 2013). Bij leghennen die 12% microalg *Chlorella* kregen werden geen verschillen gevonden in eiproduktie, eikwaliteit en voederconversie ten opzichte van de controlegroep (Gouveia et al., 2008). Kalkoenen gevoerd met een dieet van 1-10 g *Spirulina* per kg groeiden aanzienlijk beter (Becker, 2013).

Varkens

Biomassa van microalgen is een veevoedingsbestanddeel met een goede nutritionele kwaliteit en zeer geschikt voor de varkenshouderij. Het kan eiwitten uit bijv. sojaschroot of vismeel vervangen en er zijn bij varkens geen problemen met voeropname van algen gerapporteerd. Onderzoek heeft aangetoond dat 25% tot 33% biomassa van microalgen in het rantsoen wordt aanbevolen (Gouveia et al., 2008).

Melkvee

In een experiment van 90 dagen, waarbij dagelijks 200 g algen - *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) biomassa - werd toegediend aan melkvee in het begin van de lactatie gaf een betere lichamelijke conditie (8.5–11% vetter) en meer melk (1,6 kg melk/dier/dag) dan de controlegroep.

Kalveren

Dagelijkse algentoediening van 2, 6 en 25 g aan het rantsoen van kalveren bij een 57 dagen durend experiment in Iran toonde geen significant effect op eindgewicht, dagelijkse groei, dagelijkse voedselopname, voerefficiëntie en verteringscoëfficiënt, terwijl verhoging van de *Spirulina*-toevoeging tot 25 g een daling gaf van de verteerbaarheid van de droge stof, ruw eiwit, vezels (NDF) en organisch materiaal. Een significante vermindering van de plasma-cholesterolconcentratie werd waargenomen bij de met 25 g *Spirulina* gevoederde dieren ten opzichte van de controlegroepen (Becker, 2013).

Lammeren

Toediening van *Spirulina* bij lammeren gaf – evenals bij melkvee – ook een hogere groei (10-20% hoger) dan de controlegroep. Drachtige oaien die ad libitum gevoerd werden met voederpellets die 2 g *Spirulina* bevatten, gaven lammeren met hogere geboortegewichten en een hogere dagelijkse groei dan die van de oaien met de controlevoeding (Holman & Malau-Aduli, 2013).

Economie

Op basis van de chemische samenstelling en de *in vitro* verteerbaarheid is een inschatting gemaakt van de voederwaarde van gedroogde algen, waarna voeroptimalisaties met deze algen in een vleesvarkensvoer zijn uitgevoerd (Van Krimpen et al., 2014). Hieruit blijkt dat de algen tot een kostprijs van € 0,30 per kg goed kunnen concurreren met andere veevoergrondstoffen. Bij dit prijsniveau wordt ca. 5% gedroogde algen opgenomen in het voer. De minimale kostprijs bij grootschalige algenproductie bedraagt echter nog € 5 per kg (Spruijt et al., 2014).

Algen zullen moeten concurreren met sojaschroot dat naar Nederland - voornamelijk uit Argentinië en Brazilië - geïmporteerd wordt. Omdat sojaschroot een veelzijdig product is met zeer goede eigenschappen, zullen sojavervangers alleen een kans maken als ze qua voedingssamenstelling minstens zo goed zijn en prijstechnisch interessant zijn. De productiekosten voor algen kunnen echter verlaagd worden een efficiënter nutriëntengebruik, een verbeterde groei en verdere innovatie in teelt-, oogst- en droogmethoden. Bovendien neemt onderzoek naar afzetmethoden en de invloed hiervan op de productkwaliteit toe, waardoor er meer inzicht ontstaat in de praktische aspecten van o.a. veelbelovende *Spirulina*-toepassingen.

Conclusie

Algen zouden als eiwitvervangers kunnen dienen in het rantsoen van varkens, pluimvee en melkvee. Echter, inzet van algen als eiwitbestanddeel in veevoeders in Nederland is op korte termijn niet te verwachten. De volgende redenen kunnen hiervoor worden genoemd:

- Wereldwijd wordt maar 420 ton droge stof algen op jaarbasis geproduceerd. De algenproductie in Nederland is zeer gering;
- Gehele vervanging van de zeer goede eigenschappen van sojaschroot is nog niet mogelijk;
- De minimale kostprijs bij grootschalige algenproductie bedraagt € 5 per kg ds. Dit is niet concurrerend met een kostprijs van gemiddeld € 0,30 voor andere veevoergrondstoffen.

Verliezers en winnaars bij vervanging sojaschroot door aquatische eiwitten

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor de Biobased Economy

Wereldwijd is de zeewierproductie 2,3 miljoen ton droge stof per jaar. In Nederland is onderzoek naar de teelt gestart. Raffinage biedt kansen voor het op hoog niveau verwaarden van inhoudsstoffen en de resterende fractie in diervoeders. Teelt- en raffinagemethoden moeten nog (verder) worden ontwikkeld en kostentechnisch beproefd.

Wereldwijd wordt maar 420 ton droge stof algen op jaarbasis geproduceerd. De algenproductie in Nederland is zeer gering. Uit onderzoek blijkt dat kwalitatief gezien gedeeltelijke vervanging van sojaschroot door bepaalde algensoorten mogelijk is. Echter, de kosten van algeneiwit in diervoeders zijn (nog) zodanig hoog dat eerst moet worden gewerkt aan verlaging van teeltkosten van algen.

6.6 Case fish discards

Inleiding

Per 1 januari 2015 is het voor de pelagische (= niet-bodemgebonden) zeevisserij in de Europese wateren verplicht om alle gevangen vissoorten met een vangstquotum aan land te brengen. Hierbij is het niet meer toegestaan niet-marktwaardige vis (ook wel discards genoemd) overboord te zetten. De sector wordt dus uitgedaagd om een afzetmarkt te vinden voor de niet-marktwaardige vis.

Dit is de eerste realisatie van een reeks aanlandverplichtingen van vis in het kader van het Europese Gemeenschappelijke Visserijbeleid (Goudswaard, 2015).

Per 1 januari 2016 volgen aanlandverplichtingen voor de demersale (= bodemberoerende) visserij voor tong, schol, kabeljauw en Noorse kreeftjes van de Noordzee alsook voor tong in de Golf van Biskaje. Helaas is er op dit moment nog veel onduidelijkheid over wanneer de aanlandplicht gaat gelden voor elke soort. Per 1 januari 2019 moet de invoering van de aanlandplicht voltooid zijn voor alle gequoteerde soorten (Goudswaard et al., 2015).

De zoektocht naar mogelijke afzetmarkten, voor zowel de van pelagische als de van demersale visserij afkomstige discards, loopt momenteel nog. De eerste stap, het maken van schattingen van de verwachte hoeveelheid aanvoer van niet-marktwaardige vis heeft reeds plaatsgevonden. Het verbod om discards overboord te zetten betekent in de praktijk de verplichting tot aanlanding van een - tot op heden - laagwaardig product. Echter, het betreft een nieuwe eiwitrijke grondstof die potentieel hoogwaardig ingezet kan worden in zowel de diervoeding als de Biobased Economy. Om deze reden is deze case in het rapport opgenomen.

De (verwachte) volumes voor de discards binnen de pelagische visserij zijn geschat en weergegeven in tabel 16.

Tabel 16

Verwachte vers- en drooggewichten van pelagische en demersale visserij in Nederland.

type visserij	verwacht volume (ton vers gewicht) na 2015	drogestofpercentage (%)	verwacht volume (ton droge stof) na 2015
pelagisch	9.058	24	2.174
demersaal	49.233	19	9.354

Huidig gebruik discards

Vanaf 2015 is de markt in beweging. Een deel van de pelagische discards wordt ingezet als nertsenvoer, aquacultuur voeding (tonijnen worden vaak nog gevoerd met "verse" vis), als ingrediënt voor de petfood-industrie en er gaat een deel naar de vismeelproductie. De pelagische industrie is uniek, omdat alle vis bevroren wordt aangeland. De kwaliteit van de grondstof is daarom relatief hoog. Discards met bestemming vismeel brengen rond de 100 euro per ton op. Echter, de kosten voor het invriezen zijn ca. 200 euro per ton. Dit kost de reders dus geld. Fish discards die geleverd worden aan de tonijnkwekerijen leveren 500 euro per ton op. Voor menselijke consumptie liggen de prijzen rond de 800-1000 euro per ton. De inschatting is dat het mogelijk moet zijn ca. 700-800 euro per ton te betalen voor de grondstof (discards).

De demersale visserij kent nog geen discards die vermarkt worden. De vissers verwachten ca. 500 euro per ton discards nodig te hebben om de kosten voor aanvoer te kunnen dekken (Poelman et al., 2015). De verwerkende industrie schat in maximaal 150-200 euro per ton te kunnen betalen. De break-even prijs voor het produceren van halffabricaten aan boord is sterk afhankelijk van de benodigde investeringen en het type halffabricaat dat wordt aangeland.

Silage

In Noorwegen wordt momenteel een groot gedeelte van de bijproducten (inclusief discards) verwerkt tot vismeel of silage. Het Nederlandse bedrijfsleven voor de verwerking van bijproducten volgt de verwerking tot silage met belangstelling. Van de meer dan 800.000 ton bijproducten per jaar in Noorwegen wordt \pm 77% gebruikt en de rest weggegooid. Ruim 33% van de bijproducten wordt gesileerd en, na concentratie of drogen, voornamelijk gebruikt als veevoer. Het nadeel van het silageproces als diervoer is het verlies van zuurgevoelige aminozuren (tryptofaan, glutamine, asparagine en de zwavelhoudende aminozuren). Daarnaast bevat de olie die vrijkomt tijdens het silageproces een hoge concentratie aan vrije vetzuren en radicalen. Echter, de kansen voor gebruik van silage in diervoeders zijn groot, juist door de aanvullingen van essentiële aminozuren t.o.v. andere voedingrediënten. Daarnaast biedt silage kansen voor de ontwikkeling van "natte" voeders. Deze keten wordt momenteel ook voor Nederland verkend.

Biogasproductie

Het bedrijf Van de Groep te Bunschoten-Spakenburg (www.avandegroep.nl) behandelt visafval (nog geen fish discards) uit de verwerkingsindustrie in een biovergister. De biovergister verwerkt naast visafval ook overige reststromen (met uitzondering van mest). De vergistingsinstallatie heeft een volume van 3.000 m³, met een jaarlijkse verwerkingscapaciteit van 33.000 m³ substraat per jaar.

Productie eiwit en olie

Op basis van de inschattingen die gemaakt zijn van de drie verschillende scenario's is berekend hoeveel eiwit en olie er maximaal beschikbaar kan komen. Dit is per visserijmethode (tabellen 17 en 18) en per vissoort uitgesplitst, aangezien de samenstelling en beschikbaarheid per seizoen en per vissoort verschillen.

Tabel 17

Maximale hoeveelheid te verkrijgen eiwit en olie in ton droge stof per soort, per scenario (nu en 2015) en totaal per jaar bij pelagische visserij

Vissoort	Max. beschikbaar nu (in ton ds per jaar)		Max. beschikbaar 2015 (in ton ds per jaar)	
	Eiwit	Olie	Eiwit	Olie
<i>Haring</i>	518	512	317	314
<i>Makreel</i>	1603	1474	916	842
<i>Horsmakreel</i>	183	110	111	67
<i>Blauwe wijting</i>	237	61	136	35
Totaal	2541	2157	1480	1258

Tabel 18

Maximale hoeveelheid te verkrijgen eiwit en olie in ton droge stof per soort, per scenario (nu en 2015) en totaal per jaar bij demersale visserij

Vissoort	Max. beschikbaar nu (in ton ds per jaar)		Max. beschikbaar 2015 (in ton ds per jaar)	
	Eiwit	Olie	Eiwit	Olie
<i>Schol</i>	4445	959	3600	777
<i>Schar</i>	3405	275	2755	222
<i>Tong</i>	302	6	417	9
<i>Wijting</i>	163	8	252	13
Totaal	8315	1248	7024	1021

Mogelijkheden voor efficiënter gebruik discards

Discards zijn uitstekende bronnen van dierlijke eiwitten en vetten, die bij voorkeur ingezet worden in de hoogste segmenten van de waardepiramide. Momenteel worden discards verwaard naar bulkproductie voor vismeel en visolie (dierlijk eiwit en vet), dierlijke bijproducten en biogasproductie. Deze relatief laagwaardige toepassingen beperken de terugverdienkansen voor de visserij en hiermee de internationale concurrentiepositie. Bovendien worden de kansen om een waardevolle grondstof op een nieuwe wijze met toegevoegde waarde in de markt te zetten niet maximaal benut.

Bij het efficiënter verwaarden van discards speelt de gedachte om ze in te zetten als hoogwaardige eiwitten (isolaten) en eiwitfracties (hydrolysaten en bioactieve peptiden). Dit wordt bereikt door de 'best practices' in de verwerking van bijproducten te combineren met nieuwe processen en optimalisatie hiervan. Hierdoor wordt een unieke keten ontwikkeld met kwalitatief hoogwaardige producten. De producten die geïdentificeerd worden zullen zich vooral richten op farmaceutische, cosmetische en functionele toepassingen van hoogwaardige eiwitten, zoals bioactieve peptiden, supplementen in ziekenhuis-, sport- en kindervoeding en functionele eiwitten voor de voedingsmiddelenindustrie. De waardepiramide speelt hierbij een essentiële rol.

Conclusie

Fish discards bevatten goede dierlijke eiwitten en vetten. Er is een beschikbaarheid van maximaal 8.500 ton droge stof aan eiwit en 2.300 ton droge stof aan olie per jaar. Deze relatief kleine hoeveelheden zullen naar verwachting worden benut in de hogere niveaus van de waardepiramide, bijvoorbeeld in farmaceutische, cosmetische en functionele toepassingen.

Vrijkomende hoeveelheid beschikbaar voor Biobased Economy

De producten van fish discards na bioraffinage zijn op jaarbasis maximaal 8.500 ton droge stof eiwit en 2.300 ton droge stof olie. De volumes eiwit en olie kunnen verder verwerkt worden in ketens voor hoogwaardige producten. Hierbij ontstaan mogelijk restproducten die van nut kunnen zijn voor de diervoedersector.

Verliezers en winnaars bij vervanging sojaschroot door fish discards

De pelagische visserij is goed uitgerust met trawlers voor het conserveren (invriezen) van discards en heeft al een goede vermarkting van hun discards. Zij zullen profiteren van de reeds ingevoerde discards ban. De demersale visserij zal door invoering van de discards ban op de korte termijn als verliezer uit de bus komen. Ze hebben weinig mogelijkheden voor het conserveren van de discards op hun kleine vissersboten. Investeren in betere conserveringsmethoden (b.v. invriezen) houdt vaak ook in dat ze een andere (grotere) vissersboot zullen moeten aanschaffen.

6.7 Overzicht cases

Tabel 19 geeft een overzicht van de kansrijke en minder kansrijke cases, waarbij +, 0 en – respectievelijk aangeven dat voor de betreffende case de beschikbaarheid/markt goed, neutraal of negatief is.

Tabel 19

Overzicht van de kansrijke en minder kansrijke cases, waarbij voor de betreffende cases wordt aangegeven wat de status is van beschikbaarheid, stand het ontwikkelingsproces, marktintroductie en wie de verliezers en winnaars zijn; de status wordt aangegeven met +, 0 en – (= respectievelijk goed, neutraal of slecht)

Case	Beschikbaar volume voor BBE (kton/Jaar) in NL	TRL*	Marktintroductie	Verliezers**	Winnaars***
Raapzaad	0/+	Fase 4	0	Soja-importeurs en crush-bedrijven soja	Biodieselbedr./ akkerbouwers/crushers raapzaad zonnebloemzaad
Zonnebloemzaad	0/+	Fase 4	0	Soja-importeurs en crush-bedrijven soja	Biodieselbedr./ akkerbouwers/crushers raapzaad zonnebloemzaad
Gras	+	Fasen 6/7	0/+	Crush-bedrijven soja	Bioraffinagebedr./ melkveehouders
Snijmais	-	Fasen 6/7	-	n.v.t.	n.v.t.
Aquatiscie eiwitten	-	Fase 3	-	n.v.t.	n.v.t.
Fish discards	-	Fase 3	-	n.v.t.	n.v.t.

*Technology Readiness Level: geeft een indicatie van de fase waarin een ontwikkelingsproject zich bevindt. Negen fases zijn gedefinieerd die samen het totale ontwikkelingsproces weergeven (<http://www.rte.nl/en/node/281>), waarbij fase 1 de start van het ontwikkelingsproces is.

**De crush-bedrijven zullen minder omzet draaien met het crushen van sojabonen, waardoor o.a. sojaschroot ontstaat. Bij de cases raapzaad/zonnebloemzaad zouden de bedrijven kunnen overgaan op meer import van raapzaad/zonnebloemzaad en hun crush-apparatuur gebruiken voor raapzaad/zonnebloemzaad crushen en raapzaad-/zonnebloemschroot fractioneren. Bij de case gras valt het werk van de soja-importeurs en soja-crushers weg.

***De biodiesel-, bioraffinage- en veehouderijbedrijven zullen meer omzet draaien omdat het benodigde eiwit voor varkens en pluimvee (deels) uit raapzaad(schroot) en zonnebloemzaad(schroot/-schilfers) en gras vrijgemaakt kan worden.

Tabel 19 geeft aan dat er goede vooruitzichten zijn voor de beschikbaarheid, de raffinagetechnieken en marktkansen van gras en van raap- en zonnebloemzaad en voor de schroten/schilfers van deze grondstoffen in Nederland. Voor snijmais zijn de vooruitzichten op korte en korte termijn minder gunstig. Toepassingen (pharma, etc.) voor componenten uit aquatische eiwitten en fish discards hebben lange doorlooptijden en zullen dus niet op korte of middellange termijn kunnen worden ingezet. Op korte termijn zijn grootschalige teelten van algen, zeewier en fish discards geen optie als grondstof voor de biobased economy in Nederland.

7 Workshop 29 oktober 2015

Op 29 oktober 2015 is een workshop gehouden met 15 deelnemers afkomstig uit de agri&food en biobased technology sector (zowel bedrijfsleven als onderzoek). Er is een inventarisatie gehouden met betrekking tot grondstoffen waarvan de deelnemers vinden dat een efficiënter gebruik mogelijk is. Daarna zijn de grondstoffen geprioriteerd. De vier grondstoffen met de hoogste prioriteit (d.w.z. een hoge potentie voor efficiënter gebruik) zijn: weide-/bermgras, snijmaïs/korrelmaïs, kool-/raapzaadschroot en palmpit-/zonnepitschroot (tabel 20). Deze top-4 is verder uitgediept tijdens de workshop.

Opgemerkt moet worden dat een aantal zeer relevante stakeholders (o.a. grote diervoederbedrijven) wel waren uitgenodigd, maar niet hebben deelgenomen aan de workshop. Het is daarom niet duidelijk welke mening deze bedrijven hebben over het efficiënter benutten van bepaalde biomassastromen.

Tabel 20

Inventarisatie en prioritering grondstoffen tijdens workshop

	grondstof	prioriteit (hoe hoger de score hoe hoger de prioriteit)
1	weidegras	6
2	bermgras	4
3	koolzaadschroot	8
4	suikerbietenblad	
5	algen (olie & eiwit)	4
6	snijmaïs	6
7	palmpitschroot	7
8	zonnepitschroot	7
9	soja	5
10	hullen van peulvruchten	2
11	groenten & fruit	2
12	maïskorrel, inclusief stengel	
13	tarwe/gistconcentraten	1
14	insecten	4

Bij deze vier grondstoffen werden vijf factoren gedefinieerd die van invloed kunnen zijn op het efficiënter/effectiever benutten van de in Nederland beschikbare diervoedergrondstoffen. Het zijn: techniek, markt, samenwerking, infrastructuur, normen en waarden. In de tabellen 21 t/m 24 is voor elke grondstof uitgewerkt hoe effectief de vijf factoren zijn in het efficiënt benutten van deze grondstof.

Tabel 21

Efficiëntere benutting weidegras/bermgras

Factor	waarom wel?	waarom niet?
Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - graseiwit is van hoge kwaliteit; vergelijkbaar met eiwit van sojaschroot - sapfractie verder raffineren om fosfaat eruit te halen. - 25% minder fosfaat in rantsoen mogelijk. - mobiele techniek beschikbaar 	<ul style="list-style-type: none"> - huidige techniek geeft nog suboptimale producten - eiwit in vloeibare fase er kwetsbaar (amiden, NH₃) - Eco-footprint kan negatief beïnvloed worden door drogen en transport; drogen geeft risico op verliezen/ schadelijke stoffen.
Markt	<ul style="list-style-type: none"> - business case wordt steeds beter - graseiwit geeft niet alleen oplossing voor soja-eiwit, maar ook veel deeloplossingen - meerdere fracties – naast eiwit – geven meerwaarde 	<ul style="list-style-type: none"> - opslag natte producten moeilijk
Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> - keten in Nederland niet rond - loonwerkers belangrijke schakel - samenwerken met raffinage-bedrijven - keten oppakken zoals zuivelbedrijf in Denemarken doet? 	<ul style="list-style-type: none"> - Individuele veehouders komen niet in actie - Andere schakel in keten moet het doen
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - bio-raffinage regionaal aanpakken, b.v. in straal < 5 km met mobiele techniek - herfstgras veenweiden bevat 25% ruw eiwit - logistiek is op regionale aanpak berekend 	<ul style="list-style-type: none"> - nadeel: gras is volumineus
Normen/waarden	<ul style="list-style-type: none"> - P in gras concentreren. Positief voor P-recycling en P-terugwinning. 	<ul style="list-style-type: none"> - strijdt 'Koe in de wei' niet met bio-raffinage? - Gezondheidsaspect: gehele grondstoffen zijn gezonder dan 'samengestelde grondstoffen'

Tabel 22

Efficiëntere benutting snijmais/korrelmais

Factor	waarom wel?	waarom niet?
Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - Korrel omzetten in ethanol, bijproduct is DDGS. 1 ton graan levert 380 l ethanol (30% ds) en 310 kg DDGS. - DDGS kan gebruikt worden voor diervoeders, rest voor humane voeding - Stro kan vergist worden → biogas en digestaat - Voorbehandeling stro → diervoeder 	<ul style="list-style-type: none"> - Techniek in Nederland nog onvoldoende ontwikkeld, zowel regionaal als centraal - Kosten voorbehandeling zijn knelpunt - Koe heeft structuur nodig in pens; ontbreekt bij vergisten maïsstengel
Markt	<ul style="list-style-type: none"> - Productie eiwit diervoeder in Europa betekent dat wellicht meer korrelmais dan snijmais geteeld kan worden. - keten 'korrelmais, zetmeelverwerking, maïsgluten, kiemolie' interessant - wellicht andere waardevolle componenten dan diervoer zijn drivers van nieuwe ketens 	<ul style="list-style-type: none"> - Dierfysiologie bepaalt welk minimale hoeveelheid vezel/"prik" melkkoe nodig heeft; daarom snijmais nodig. - Biotransportbrandstoffen ligt politiek gevoelig - Snijmais wellicht niet interessant, maar ander gewas - Aminozuursamenstelling maïs voor varkens en pluimvee minder goed dan die bij gras
Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> - Beter samenwerken in ketens Nederland - Samenwerken op Europees niveau met grote bedrijven (Cargill, etc.) 	-
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - Beter samenwerken (Cargill en sojaschroot) - Meer regionaal samenwerken, b.v. met natte voeders voor varkens i.v.m. transportkosten en bewaarbaarheid. 	-
Normen en waarden	<ul style="list-style-type: none"> - Footprint voor Nederland is belangrijk. We zijn intensief producerend land (6 miljoen ha landbouwgrond nodig terwijl we maar op 2 miljoen ha landbouwgrond leven) - Belangrijk om technologie te ontwikkelen om regionaal te kunnen verwerken en mogelijk centraal op te werken tot eindproduct 	-
Conclusie	<ul style="list-style-type: none"> - raffinage van maïs lijkt (nog) niet zo interessant als grasraffinage 	-

Tabel 23

Efficiëntere benutting kool-/raapzaadschroot

Factor	waarom wel?	waarom niet?
Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - vezel eruit halen via bio-raffinage - technisch haalbaar - geen residu -100% verwaardbaar - efficiëntere P-benutting noodzakelijk 	<ul style="list-style-type: none"> - gebruik van hexaan bij extractie is strijdig met gebruik van water om eiwitten op te lossen - nodig: concept/proof of concept/proof of business. Dit is een cruciale stap, omdat deze kapitaalintensief is.
Markt	<ul style="list-style-type: none"> - vezel à papierindustrie - organisch deel à biogas - mineralen à substraatproducenten (tuinbouw) - aminozuren à feed 	<ul style="list-style-type: none"> - bij schroten is er een bestaande afzetmarkt; bij waterige stromen is nog geen keten georganiseerd. - eerst gezonde business case aantonen - welke drivers willen nieuwe keten starten?
Samenwerking	<ul style="list-style-type: none"> - nieuwe ketens nodig; terug naar volledig zaad à kijken naar verwaarding van componenten en van daaruit keten inrichten - samenwerking tussen nieuwe ketens nodig, waarbij geleerd kan worden van andere sectoren 	-
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - Ondernemers en/of nieuwkomers zijn nodig 	<ul style="list-style-type: none"> - De bestaande infrastructuur belemmert - Soms kleinschalige raffinage en lokale infrastructuur nodig (processen bij boer) - Behoeft aan renderende voorbeelden
Normen en waarden	<ul style="list-style-type: none"> - Maatschappelijke acceptatie neemt toe als je grondstoffen zo hoog mogelijk in de waardepiramide inzet 	<ul style="list-style-type: none"> - Diervoedersector is conservatief - Regelgeving op gebied van veiligheid kan productontwikkeling remmen - "ontbreken van geloof"

Tabel 24

Efficiëntere benutting palmpit-/zonnebloemschroot

Factor	waarom wel?	waarom niet?
- Techniek	<ul style="list-style-type: none"> - Bij huidige techniek komt teveel fosfor in diervoeder voor dan het dier nodig heeft - Techniek ontwikkelen die meer fosfor eruit haalt, omdat hieraan behoefte is 	-
- Markt	<ul style="list-style-type: none"> - Is goedkope grondstof, maar neemt veel ballast mee voor de diervoedersector 	<ul style="list-style-type: none"> - Bij zeugen is vezelfractie wel aantrekkelijk
- Samenwerking	-	-
- Infrastructuur	-	<ul style="list-style-type: none"> - Palmpit wordt primair geproduceerd voor de olie; het schroot omvat slechts 3% van de vrucht. - Bij soja is bijvoorbeeld de business case vooral gebaseerd op het eiwit
- Normen en waarden	-	<ul style="list-style-type: none"> - Per definitie maatschappelijke zorg voor palmpitproductie (round table overleg)

Uit de discussie tijdens de workshops kwam naar voren dat weidegras, maar ook kool-/raapzaadschroot en palmpit-/zonnebloemschroot meer fosfor bevat dan het dier nodig heeft. Dat hoge fosforgehalte zou door biobased-technologie verlaagd kunnen worden. Tegelijkertijd zou dit een positief effect hebben op de stikstofkringloop en daarmee een positieve bijdrage leveren aan de factor 'normen en waarden'. Door het raffineren van de grondstoffen zijn nieuwe ketens nodig. Samenwerking en infrastructuur zijn hierbij van essentieel belang. Wellicht is het kijken naar andere sectoren en het kijken over onze Nederlandse grenzen zinvol. Verder valt op dat er in Nederland initiatieven naast elkaar lopen, bijvoorbeeld op het gebied van grasraffinage, die elk hun eigen technologiespoor volgen, zonder dat ze elkaar in hun ontwikkeling steunen. Op het gebied van maïsraffinage zijn de initiatieven nog gering en dus ook de samenwerking. Voor de schroten van koolzaad en palmpitzaad kunnen nog stappen voorwaarts worden gezet wat betreft de ballast aan componenten die het dier opneemt en daarmee ook de verteerbaarheid. Vraag is wel hoe dit te organiseren. Is dat bij binnenkomst in Nederland (b.v. Rotterdamse haven) of centraal of decentraal in Nederland.

8 Aanbevelingen

De belangrijkste vraag uit dit project is of er grondstoffen voor de biobased economy kunnen worden 'vrijgespeeld' door efficiëntere benutting van grondstoffen van diervoeders. Hierbij is essentieel om andere waardeketens te zoeken dan de gebruikelijke. In dit project zijn ketens verkend om grondstoffen efficiënter in te zetten. Het is bijvoorbeeld mogelijk om met innovatieve raffinagetechnieken (die overigens doorgaans nog onvoldoende onderzocht zijn) hoogwaardiger eiwit te isoleren dat in te zetten is bij andere diergroepen (b.v. varkens, pluimvee of jonge dieren) dan tot nu toe gebruikelijk was (b.v. melkvee). Verder is aan de orde gekomen hoeveel en welke soorten componenten kunnen worden vrijgemaakt voor de Biobased Economy.

Met het oog op het vrijmaken van deze biomassa is in dit project specifiek gekeken naar grondstoffen bestemd voor doorvoer via Nederland en naar zes cases van potentieel interessante voedermiddelen/grondstoffen die hoogwaardiger en/of efficiënter ingezet kunnen worden: raapzaadschroot, zonnebloemschroot/-schilfers, gras, snijmaïs/korrelmaïs, aquatische eiwitten en fish discards.

Het onderzoek leidt tot de volgende aanbevelingen:

- Bij de grondstoffen bestemd voor doorvoer is een inschatting gemaakt dat ca. 20%, te weten 1.743 kton ds vrijgemaakt kan worden voor de BBE. Het gaat enerzijds om de lignocellulose fractie en anderzijds om hemicellulose dat in melkzuur omgezet kan worden. Een deel van dit melkzuur kan hoog verwaard worden in de BBE. Het is aan te bevelen om deze case verder te onderzoeken en te concretiseren. Overleg met de producenten van raapzaadschroot, zonnebloemschroot/-schilfers is gewenst.
- Verder verkennen en concretiseren van de bioraffinage van raapzaadschroot en zonnebloemschroot/-schilfers. Wanneer uitgegaan wordt van het niet-verteerbare deel van raapzaadschroot en zonnebloemschroot/-schilfers dan kunnen hoeveelheden van respectievelijk $0,26 * 700$ kton ds = 182 kton ds en $0,32 * 525$ kton ds = 168 kton ds worden vrijgemaakt voor de BBE. Bij de bioraffinagemethode (Sanders, 2015) die in ontwikkeling is, is de verwachting dat van beide grondstoffen 42,5% van de genoemde volumes (dus: $0,425 * 1225$ kton ds = 520 kton ds) kan worden vrijgemaakt voor de BBE. Bij de methode Sanders wordt daarbij ook ingestoken op hoogwaardige verwaarding van melkzuur. Raapzaadschroot en zonnebloemschroot/-schilfers lijken beide goede grondstoffen waarmee nieuwe ketens ontwikkeld kunnen worden. Voor de BBE zijn dat de lignocellulosefractie en een deel van het (substraat voor) melkzuur, het hoge eiwitgehalte dat opgesplitst kan worden in goede kwaliteit (voor eenmagigen) en hoogwaardige kwaliteit (jonge dieren en wellicht humane voeding), en de mineralenfractie dat bestemd kan worden voor bemesting. Het is aan te bevelen om een economische analyse van de robuustheid van bioraffinage ten aanzien van kwaliteit- en marktrisico's uit te voeren. Aansluitend bij het recent gepubliceerde onderzoek van Corré et al. (2015) is aan te bevelen om niet alleen zicht te krijgen op de carbon footprint die samenhangt met het hoofdproduct (de oliefractie van raapzaad en zonnebloemzaad), maar ook op die van de co-producten (schroten/schilfers), waardoor het mogelijk is een totale carbon footprint van gewassen als raapzaad, zonnebloemzaad en soja te berekenen. De raffinagemethoden van raapzaadschroot en zonnebloemschroot lijken op korte termijn perspectiefvol zowel voor de te leveren volumes voor de BBE als voor het vervangen van een deel van de import van sojaschroot in Nederland.
- De volumes gras die potentieel toegepast kunnen worden in de BBE zijn in theorie zeer substantieel (2.697 kton ds). Gras is een grondstof met potentie voor hoogwaardige ketens. Door raffinage van gras kan ruwvoer voor melkkoeien (de zogenaamde perskoek) worden gemaakt, maar er ontstaan ook hoogwaardige eiwitten voor varkens-, pluimvee- en jongveevoeders. De hoogwaardige graseiwitten vormen een bruikbaar alternatief voor soja-eiwit.
- Het is aan te bevelen opschaling tot een bedrijfsmatige installatie voor grasraffinage te stimuleren, waarbij verder onderzoek onontbeerlijk is. Hierbij is te denken aan het optimaliseren

van de raffinagetechniek in bedrijfsverband ofwel boerderijniveau, waarbij meer aspecten zijn betrokken, zoals economische analyse van de haalbaarheid en robuustheid, afstemming van de perskoek op het rantsoen van herkauwers, kringlopen sluiten (minder fosfor, reductie ammoniakemissie) en het raffinageproces opschalen qua verwerkingssnelheid. Daarnaast vraagt het grasraffinageproces met als output verschillende hoogwaardige diervoederproducten veel onderzoek, niet alleen in de producten zelf maar ook op dierniveau. Bovendien neemt bij grootschalig gebruik van relatief hoogwaardige graseiwitten voor andere doeleinden dan de voeding van herkauwers, de behoefte aan stikstofbronnen of laagwaardige eiwitten voor herkauwers toe. Ook hier is aanvullend onderzoek nodig om dergelijke laagwaardige eiwitten voor herkauwers te identificeren en toepasbaar te maken.

- De maïs case is onderverdeeld in snijmaïs en korrelmaïs. In Nederland is de gebruikelijke keten van snijmaïs hoofdzakelijk verbonden met het verstrekken van ruwvoer aan melkvee en vleesvee. Decentraal onderzoek naar ethanol uit snijmaïskorrels bleek niet rendabel te zijn evenals het wellen van snijmaïskorrels. De korrelmaïsketen wordt beheerst door grote bedrijven die zetmeel verwerken waarbij maïsgluten ontstaat en de resten (o.a. maïskiem) tot waarde kunnen worden gebracht. Vernieuwend onderzoek zal daarbij vanuit het bedrijfsleven moeten komen. Op korte termijn is het vrijspelen van maïscomponenten voor de BBE niet interessant.
- Wat betreft de aquatische eiwitten is onderzoek gestart met de teelt en raffinage van zeewieren en aanbevolen wordt om in publiek-private samenwerking te werken aan verdere verkenning en concretisering van deze case. Raffinage van zeewier biedt namelijk kansen voor het op hoog niveau verwaarden van inhoudsstoffen en de resterende fractie in diervoeders, zonder extra landgebruik en zonder verandering van landgebruik. Substantiële opname van eiwit uit zeewieren in diervoeders op bedrijfsschaal in Nederland zal op korte/middellange termijn niet gebeuren vanwege de betrekkelijke geringe ervaring met de teelt en de raffinage. De algenproductie in Nederland is zeer gering. Uit onderzoek blijkt dat kwalitatief gezien gedeeltelijke vervanging van sojaschroot door bepaalde algensoorten mogelijk is. Echter, de kosten van algeneiwit in diervoeders zijn (nog) zodanig hoog dat eerst moet worden gewerkt aan verlaging van teeltkosten van algen. Aquatische eiwitten hebben met name een groot langetermijnperspectief en daardoor is op korte termijn inzet van deze grondstoffen voor de BBE niet interessant.
- Fish discards bevatten hoogwaardige dierlijke eiwitten en vetten. In Nederland zijn de producten van fish discards na bioraffinage op jaarbasis maximaal 8.500 ton droge stof eiwit en 2.300 ton droge stof olie. De volumes eiwit en olie kunnen verder verwerkt worden in ketens voor hoogwaardige producten. Hierbij ontstaan mogelijk restproducten die van nut kunnen zijn voor de diervoedersector. Echter de genoemde volumes zijn zodanig klein en de doorlooptijd lang waardoor toepassingen pas op langere termijn te verwachten zijn.
- Aanvullend onderzoek is gewenst om nauwkeuriger in kaart te brengen welk deel van een voedermiddel of diervoedergrondstof via bioraffinage tevoren verwijderd kan worden zonder dat het ten koste gaat van de gezondheid en de productie van het dier.
- De discussie tijdens de workshop heeft suggesties opgeleverd om bij (het optimaliseren van) raffinagetechnieken rekening te houden met het (te) hoge aanbod aan fosfor in weidegras, raapzaadschroot en zonnebloemschroot/-schilfers in relatie tot de behoefte van het dier. Wanneer het mogelijk is fosfor te verwijderen, dan draagt dat bij aan een efficiënter fosforgebruik en vermindering van fosforverliezen. Dit is een belangrijk aspect aangezien de mondiale benutbare fosforvoorraden eindig zijn.
- In deze oriënterende studie is ingeschat dat jaarlijks potentieel bijna 6.500 kton ds voedermiddelen/ diervoedergrondstoffen door biobased-technologie vrijgemaakt kan worden en vervolgens efficiënter kan worden gebruikt in de biobased economy. Gezien de impact die deze ontwikkeling kan hebben voor de agri&food en biobased-sectoren in Nederland en voor verduurzaming van het grondstofgebruik (resource use efficiency) is het aan te bevelen om initiatieven op dit terrein in het bedrijfsleven en in het onderzoek te stimuleren en te ondersteunen. De kansen liggen specifiek bij verdere raffinage van raapzaadschroot, zonnebloemschroot/-schilfers en raffinage van gras.
- In algemene zin is extra aandacht nodig in het onderzoek, het bedrijfsleven en bij beleidsmakers voor innovaties om laagwaardige producten (waaronder reststromen) geschikt te maken voor hoogwaardige toepassingen. Via inzet van innovatieve technologieën zoals bijvoorbeeld

bioraffinage, enzymen, micro-organismen, schimmels en insecten is nog veel vooruitgang mogelijk op het gebied van resource use efficiency en het ontwikkelen van een circulaire bio-economy. Hierbij dient beleid ontwikkeld te worden waarin is aangegeven wat wel en niet wenselijk is en binnen welke randvoorwaarden (denk bijvoorbeeld aan economische haalbaarheid en robuustheid, ecologische footprints en volksgezondheidsaspecten).

De essentie van de biobased economy is het zo hoog mogelijk verwaarden van alle componenten uit een gewas of een grondstof. Daarvoor dienen toepassingen in samenhang ontwikkeld en geëvalueerd te worden. Enerzijds is vierkantsverwaarding van belang omdat in een circulaire economie geen onbenutbare reststromen mogen ontstaan, anderzijds dient technologie ingezet te worden die rekening houdt met de kwaliteitseisen die de afnemers/verwerkers van de verschillende componenten stellen aan de biomassa die zij afnemen. De juiste scheidings- en zuiveringsprocessen dienen te worden ontwikkeld zodat nieuwe componenten die voorheen niet werden geïsoleerd (of te isoleren waren) in de toekomst wel kunnen worden vrijgemaakt en toegepast. Doel is om daarmee de totale opbrengst te verhogen en hernieuwbare grondstoffen ter beschikking te krijgen als alternatief voor fossiele en minerale grondstoffen. Dit betekent dat bedrijven uit verschillende bedrijfstakken en ketens moeten gaan samenwerken wil een dergelijke transitie kans van slagen hebben. Een integraal beleid, over ketens heen, is derhalve cruciaal (zie ook bijlage 1). Ex-ante economische evaluatie van potentiële beleidsopties kan bijdragen aan de ontwikkeling van efficiënt én effectief beleid.

Literatuur

- Anonymus. Zeewierteelt heeft de toekomst, 5 pp.
- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar en G. Holshof, 2009. Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmais op melkveebedrijven. Koeien & Kansen Rapport 50, Lelystad, 112 p.
- Batista, A.P., L. Gouveia, N.M. Bandarra, J.M. Franco, A. Raymundo, 2013. Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research* 2, 164–173.
- Becker, E.W. Microalgae for Human and Animal Nutrition. *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*, Chapter 25. 2013.
- Bikker, P., M.M. van Krimpen, R.A. Dekker, P.G. van Wikselaar, J.T.M. van Diepen, 2014. De in vitro verteerbaarheid van gewelde maïs en maïsbijsproduct en de in vivo verteerbaarheid van maïsbijsproduct gemeten bij vleesvarkens. Rapport 788, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 27 pp.
- Bikker, P., 2015. Grondstofgebruik in mengvoeder in 2014 van de diersoorten rundvee, varkens en pluimvee. Excel-tabel.
- Bikker, P., M. M. Van Krimpen, B. Houweling-Tan, W. J. J. Huijgen, N. Scaccia, P. Van Wikselaar, J. W. Van Hal, and A. M. López-Contreras, 2015. Submitted for publication. Biorefinery of the green seaweed *Ulva lactuca* to produce chemicals, biofuels and animal feed.
- Bon, J.J.C.F., K.P.H. Meesters en M.M. van Krimpen, 2013. Productie van fosfaatarme veevoedergrondstoffen. Technische en economische evaluatie van zure extractie van fosfaat uit tarwegries. Rapport 1291, Wageningen UR Food & Biobased Research, Wageningen, 45 pp.
- Broens, D-F., V. Ingram, 2014. Verkenning beslisbomen voor biomassa op basis van hoogwaardigheid, efficiëntie, duurzaamheid en investeerbaarheid. LEI-nota14-010, LEI Wageningen UR, Den Haag, 42 pp.
- CBS, 2014. Grasland, oppervlakte en opbrengst.
- CBS, 2015. Aantal varkens en rundveestapel 1970-2015.
- CBS, 2015. <http://statline.cbs.nl/>. Centraal Bureau voor de Statistiek. CBS StatLine.
- Corré, W.J., J.G. Conijn, K.P.H. Meesters, H.L. Bos, 2015. Accounting for co-products in energy use, greenhouse gas emission savings and land use of biodiesel production from vegetable oils. *Industrial Crops and Products* 80 (2016), 220–227.
- CVB, 2011. Veevoedertabel 2011, centraal veevoederbureau. Lelystad, The Netherlands. Uitgave augustus 2010.
- Didde, 2014. Biobrandstof, voedsel, cosmetica, verf: algen zijn overal goed voor. *De Volkskrant*, 5 juni 2014.
- EFFPA, 2015. European Former Foodstuff Processors Association. <http://www.fffpa.eu/former-foodstuffs-part-of-food-waste-reduction/>
- Euractiv, 2011. MEPs want to end 'protein deficit' for EU livestock. <http://www.euractiv.com/cap/eu-parliament-questions-eu-us-blair-house-agreement-news-502925>
- FEFAC, 2015. Economic impact assessment on the European GM authorisation “opt-out” proposal. Coceral, Fedial, FEFAC. <http://www.fefac.eu/file.pdf?FileID=64108&CacheMode=Fresh>. 12 p.
- Fleurence, J. 1999. Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends Food Sci. Technol.* 10(1):25-28.
- Gatrell, S.K., M.L. Manor and X.G. Lei, 2014. Developing omega-3 fatty acids-enriched animal products by feeding defatted microalgal biomass from biofuel production. C.U. Department of Animal Science ed. 2014.
- Gotink, A., 2015. Cargill, persoonlijke mededeling.
- Goudswaard, P.C., 2015. Van Discards naar Bijvangst in de Pelagische Visvangst. Deelrapport 1 project valorisatie discards in de pelagische visserij Rapport C067/15.
- Goudswaard, P.C., K.J. van der Reijden, R. Verkempynck en M. Poelman, 2015. Van Discards naar Bijvangst in de demersale visserij. Deelrapport 1 project valorisatie discards in de demersale visserij. Rapport C100/15.
- Gouveia, L., A.P. Batista, I. Sousa, A. Raymundo and N.M. Bandarra, 2008. Microalgae in Novel Food Products. *Food Chemistry Research Developments*, 37 pp.

- Haan, G. de, 2016. Grassa, persoonlijke mededeling.
- Holdt, S. L. and S. Kraan, 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* 23(3), 543-597.
- Holman, B.W.B. and A.E.O. Malau-Aduli, 2013. Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97: 615–623.
- Hori, K., K. Matsubara and K. Miyazawa, 2000. Primary structures of two hemagglutinins from the marine red alga, *hypnea japonica*. *Biochim. Biophys. Acta-Gen. Subj.* 1474(2):226-236.
- Hoste, R. en Bolhuis, 2010. IGC (2014). Five-year global supply and demand projections. International Grain Council. 72 p.
- Kawakubo, A., H. Makino, J. Ohnishi, H. Hirohara and K. Hori, 1999. Occurrence of highly yielded lectins homologous within the genus *eucheuma*. *Journal of Applied Phycology* 11(2):149-156.
- Klop, A., D. Durks, J. Zonderland en B. Koopmans, 2015. Grasraffinage en gebruik van grasvezel in de rundveevoeding. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Nederland, Rapport 709, 27 pp.
- Koppejan, J., W. Elbersen, M. Meeusen and P. Bindraban, 2009. Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020. Rapportage in opdracht van SenterNovem, projectnummer 200809, 99 pp.
- Kovač, D.J., J.B. Simeunović, O.B. Babić, A.C. Mišan and I.L. Milovanović, 2013. Algae in Food and Feed. *Food and Feed Research* 40 (1), 21-31.
- Kulpys, J., E. Paulauskas, V. Pilipavicius and R. Stankevicius, 2009. Influence of cyanobacteria *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* biomass additive towards the body condition of lactation cows and biochemical milk indexes. *Agron. Res.*, 7: 823-835.
- Lassche, A., 2013. De Maïsteler, Het tijdschrift voor de maïsteler, jaargang 11 (32), 20 pp.
- Leonard, S.G., T. Sweeney, B. Bahar and J.V. O'Doherty, 2012. Effect of maternal seaweed extract supplementation on suckling piglet growth, humoral immunity, selected microflora, and immune response after an ex vivo lipopolysaccharide challenge. *Journal of Animal Science* 90(2):505-514.
- Lum, K.K., J. Kim and X.G. Lei, 2013. Dual potential of microalgae as a sustainable biofuel feedstock and animal feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4:53
- Marrez, D.A., M.M. Naguib, Y.Y. Sultan, Z.Y. Daw and A.M. Higazy, 2014. Evaluation of chemical composition for *Spirulina platensis* in different Culture Media, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and chemical sciences*, 5(4): 1161-1171.
- Mulder, W., B. van den Broek, J.P.M. Sanders, M. Bruins, E. Scott, 2013. Biobased Economy: de Potentie van Eiwitten voor Technische Toepassingen. Wageningen UR Food & Biobased Research, Wageningen, Rapport 1311, 52 pp.
- Palstra, A.P., J. Kals, A. Blanco Garcia, R.P. Dirks and M. Poelman. 2015. Immunomodulatory effects of dietary seaweeds in *Ips* challenged atlantic salmon *salmo salar* as determined by deep rna sequencing of the head kidney transcriptome. *Aquaculture Europe*, October 20-23, Rotterdam (the Netherlands).
- Poelman, M., J. Kals, B. van Marlen, A. van Amerongen, H. van den Bosch. VIP Valorisatie Reststromen Vis (VRV). IMARES Wageningen UR, 2015 (Rapport / IMARES C005/15) IJmuiden – 67 pp.
- Platform Landbouw, Innovatie en Samenleving (2014). Geopolitiek rond grondstoffen voor landbouw en voedsel. Deel A: Advies aan de staatssecretaris van Economische Zaken en aan de Europese Commissie. Deel B Analyse: Van der Weijden, W.J., E. Hees, T. Bastein & H.A. Udo de Haes (2014). Culemborg. 115 p.
- Rommelink, G.J., G. Andre, E.J.B. Bleumer, K.M. van Houwelingen en H.A. van Schooten, 2007. Voeding van natuurgras aan melkvee met een zelfsturend voeradvies. Animal Sciences Group van Wageningen UR. Rapport 76, 24 pp.
- Rodríguez-Zavala, J.S., M.A. Ortiz-Cruz, G. Mendoza-Hernández and R. Moreno-Sánchez, 2010. Increased synthesis of α -tocopherol, paramylon and tyrosine by *Euglena gracilis* under conditions of high biomass production, *Journal of Applied Microbiology* 109 (6): 2160–2172.
- Sanders, J.P.M., 2015. FBR, persoonlijke mededeling.
- Soetaert, M., A. Decostere, H. Polet, B. Verschueren and K. Chiers, 2015. Electrotrawling: A promising alternative fishing technique warranting further exploration. *Fish and Fisheries* 16:104-124.
- Spijker, J.H., R.R.C. Bakker, P.A.I. Ehlert, H.W. Elbersen, J.J. de Jong en K. Zwart, 2013. Toepassingsmogelijkheden voor natuur- en bermmaaisel. Stand van zaken en voorstel voor een onderzoeksagenda, *Alterra-rapport* 2418, 74 pp.

-
- Spruijt, J., R. van der Weide, M. van Krimpen, 2014. Kansen voor micro-algen als grondstofstroom in diervoeders. Application Centre for Renewable Resources, ACRRES-Wageningen UR, PPO nr 619, 51 pp.
- Teekens, A.M., M.E. Bruins, J.M.N. van Kasteren, W.H. Hendriks, J.P.M. Sanders, 2015. Synergy between bio-based industry and food & feed industry through biorefinery. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (accepted).
- Van Bruggen, C., 2014. Dierlijke mest en mineralen 2013. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen, 42 pp.
- Van den Broek, J., 2015. Byosis, persoonlijke mededeling.
- Van Gelder, J.W., A. Herder, 2012. Soja Barometer 2012. Een onderzoeksrapport voor de Nederlandse sojacoalitie. Profundo Economisch onderzoek, Naritaweg 10 Amsterdam, 77 pp.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., G.P. Binnendijk en J.T.M. Van Diepen, 2011a. Raapzaadeiwitconcentraat en erwtenewitconcentraat in biologisch biggenvoer. Rapport 527, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., G.P. Binnendijk en J.T.M. Van Diepen, 2011b. Verteerbaarheid en voederwaarde van eiwitrijke grondstoffen bij biologische biggen. Rapport 437, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands.
- Van Krimpen, M.M., P. Bikker, I.M. van der Meer, C.M.C. van der Peet-Schwering and J.M. Vereijken. 2013. Cultivation, processing and nutritional aspects for pigs and poultry of European protein sources as alternatives for imported soybean products. Report 662, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands, p 1-48.
- Van Krimpen, M.M., P.G. van Wikselaar en P. Bikker, 2014. De in vitro verteerbaarheid van gedroogde algen. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands.
- Van Marlen, B., J.A.M. Wiegerinck, E. van Os-Koomen and E. van Barneveld, 2014. Catch comparison of flatfish pulse trawls and a tickler chain beam trawl. *Fisheries research* 151: 57-69.
- Van Overzee, H.M.J., A.T.M. van Helmond, J. Ulleweit and K. Panten, 2013. Discard sampling of the Dutch and German pelagic freezer fishery operating in European waters in 2011 and 2012 CVO report: 13.013.
- Veldkamp, T., G. van Duinkerken, A. van Huis, C.M.M. Lakemond, E. Ottevanger, G. Bosch and M.J.A.S. van Boekel, 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Report 638, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands.
- Vereijken, J.M., P. Bikker, G. van Duinkerken en M. Minor, 2013. Opwaardering van oliehoudende zaden. WUR Food & Biobased Research en WUR Livestock Research, 2 pp.
- Verhoeckx, M. en A. Hoogendoorn, 2015. Inventarisatie van plantaardige bioraffinage-initiatieven in Europa. Centre of Expertise Biobased Economy, Avans Hogeschool, Breda, 29 pp.
- Verloop, K. et al., 2014. Niet gepubliceerde data. Wageningen UR – Plant Research International.
- Visser, C.L.M. de, R. Schreuder and F. Stoddard, 2014. The EU's dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives, OCL 2014, 21(4) D407.
- Zhou, X., M.A. Oryschak, R.T. Zijlstra and E. Beltranena, 2013. Effects of feeding high- and low-fibre fractions of air-classified, solvent-extracted canola meal on diet nutrient digestibility and growth performance of weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 179(1-4): 112-120.

Bijlage 1 Position paper Efficient Biomass

Position paper on Efficient Biomass and Soil Use is Key to Meet Future Food and Non-food Demands

August 2014

Johan Sanders¹, Wouter Hendriks², Gert van Duinkerken², Erik van Seventer¹, Jacques Neeteson³, John Cone², Ben Langelaan¹, Luc Bonten⁴
Wageningen UR: Agrotechnology and Food Sciences Group¹, Animal Sciences Group², Plant Sciences Group³, Environmental Sciences Group⁴

Trends towards 2050 predict an increased demand for animal-derived protein sources for human foods (and indirectly, therefore, animal feeds) due to the combined effects of human population increase and increasing standards of living in developing countries. As a result, a sharp increase in the demand for food and feed raw materials is expected. In addition, in order to reduce CO₂ emissions and secure sufficient availability of energy sources in the future, approximately 30% of the fossil fuels are targeted for replacement by the use of biomass raw materials.

Currently the use of plant-based raw materials for food and non-food applications is estimated to be approximately 10,000 M ton dw. For the realisation of the above-mentioned targets an additional 20-25,000 M ton of plant-based raw materials are required, corresponding to an annual increase of production of ca 4%. In the past, our increased yield of crops on existing agricultural lands (ca 2% annual increase) has kept pace with the increased demand for food (see Figure 1).

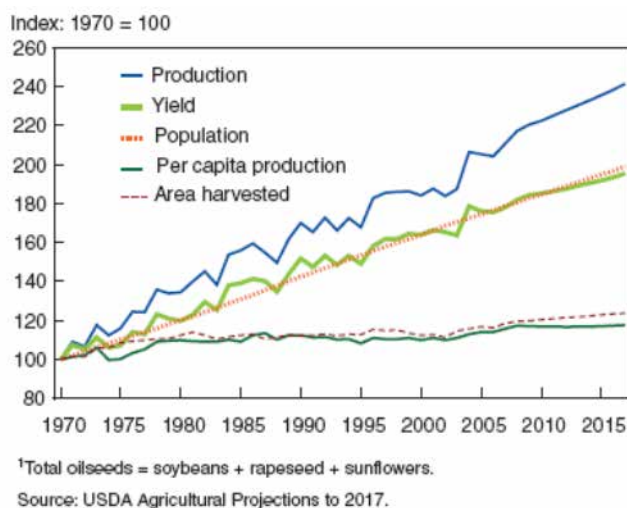


Figure 1

If in addition to the traditional demand of raw materials as food and feed which will show an annual growth of 2%, these same raw materials are to be used in large quantities for biobased-approaches (e.g. fuels, fine chemicals), it is unlikely that increased yield will be able to keep pace with the future demands for raw materials without radical innovative solutions.

Shortage of biomass will undoubtedly increase future food and feed prices, which may be good for farmers, but can have dramatic consequences for the growing number of urban citizens.

Increasing the agricultural area to produce more biomass/raw materials is one of the solutions to the above-mentioned problem but this option is highly limited due to the fact that much of the productive area is already used. A second solution is to increase field yield on existing agricultural land in the developed world as well as the developing world. A third solution would be the increase in efficiency of use of raw materials/biomass. The current use of biomass materials for the production of food and feed has been optimised by value creation on one or a few applications, and not on striving for the best efficient use of all inputs. Optimisation of biomass component utilisation of many different raw material sources across industries should be the driving force to develop innovative valorisation concepts, new processes and technologies. Through biorefinery as the concept of enabling technologies to separate the individual plant components each fraction can obtain its best application, either in food or non-food areas.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijssystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

