

# Kennisbasisthema 3.

## Groene Grondstoffen voor de Biobased Economy (GGBbE)

Thematrekker: Erik van Seventer

### 1. Inleiding

In een sterk globaliserende wereld is het noodzakelijk om te innoveren en daarmee onze concurrentiepositie en welvaart te versterken. Voor het vergroten van onze welvaart levert de ontwikkeling van de biobased economy goede kansen. In onze economische omgeving spelen in toenemende mate ecologische ontwikkelingen en de beschikbaarheid van grondstoffen en energie een belangrijke rol: dreigende schaarste aan fossiele energie, de klimaat effecten van de toename van de CO<sub>2</sub>concentratie in de dampkring. In de ontwikkeling van de biobased economy worden vergroening / verduurzaming gecombineerd met economische groei door innovatie.

De Biobased Economy is een economie waarin chemicaliën, materialen, transportbrandstoffen, elektriciteit en warmte op een economische én duurzame wijze worden vervaardigd uit groene grondstoffen. Groene grondstoffen kunnen afkomstig zijn uit reststromen van land- en tuinbouw, voedselproductie, bosbouw, veehouderij en organische reststromen van decentrale menselijke activiteit (o.a. GFT uit stedelijk gebied) of afkomstig van gerichte teelt van land- en tuinbouwgewassen. In de nieuw te ontwikkelen biomassa ketens maakt nieuwe technologie zoals bioraffinage het mogelijk om biomassa optimaal te benutten voor zowel voeding als biobased producten. De overgang naar een biobased economie vraagt een complexe systeeminnovatie op mondiaal niveau. Daarbij is er een onderlinge relatie tussen de energie, chemische, agro- en logistieke sector en bestaan er belangrijke interacties met klimaatverandering-problematiek, competing claims en duurzaamheidsvragen. De biobased economie zal integraal, optimaal en duurzaam moeten worden ontwikkeld. Een optimaal en duurzaam gebruik van biomassa voor voedsel, veevoer en biobased producten vraagt kennis en kunde op vele gebieden. Omdat het gaat om een transitie met veel technologische ontwikkelingen, nieuwe organisatievormen, nieuwe ketens en nieuwe biobased producten is een intensieve samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen essentieel. Bij deze systeeminnovaties is een voortdurende interactie met de burger een vereiste. Enerzijds om het enthousiasme en de kansen van de ontwikkeling van de biobased economie breed te delen en te vertalen. Anderzijds om mogelijke vragen en zorgen vroegtijdig te onderkennen en een feitelijke en inhoudelijke bijdrage te leveren aan het maatschappelijk debat.

In 2011 hebben medewerkers van Wageningen UR meegewerkt aan belangrijke Nederlandse rapporten die over de biobased economy zijn verschenen: van de SER, het Rathenau Instituut, en de WTC (Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de biobased economy). Voor een belangrijk deel hebben zij de kennis die de afgelopen jaren, mede in het kader van KB Biobased Economy, is ontwikkeld hiervoor kunnen inzetten.

In 2011 is eveneens door een bij BbE betrokken groep medewerkers van Wageningen UR input geleverd in de tot standkoming van het in juni 2011 verschenen rapport 'Een punt op de horizon', waarin vijf Topsectoren een visie op hoofdlijnen schreven voor de onderzoeks- en innovatieagenda van de biobased economy. Uiteindelijk heeft de verdere concretisering van die agenda geleid tot het concept Innovatiecontract Biobased Economy, waarbij industrie, overheid en kennisinstellingen goed hebben samengewerkt. Hierin is een aantal thema's opgenomen die de keten van de biomassavoorziening omvatten naar haar toepassingen, de zogenaamde workpackages. De workpackages zijn gericht op innovatie door het bedrijfsleven van o.a. de R&D inspanningen in PPS verband. Voor dit concept innovatiecontract zijn zes workpackages opgesteld die elk de totale keten van fundamenteel onderzoek tot en met valorisatie bestrijken. Deze zijn:

- Biobased materialen
- Bio-energie en biochemicalïën
- Geïntegreerde bioraffinage
- Teeltoptimalisatie en biomassaproductie
- Kringloop, water, nutriënten en bodem
- Economie, beleid en duurzaamheid

De programmering van KB III GGBbE sluit goed aan op het innovatie contract BbE.

Binnen het KB programma zijn begin 2011 vijf speerpunten benoemd:

1. Biobased chemicaliën.
2. Biobased materialen.
3. Biorefinery en bioenergie.
4. Aangepaste gewassen.
5. Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling.

Binnen het KB programma zijn er naast de meer  $\beta$ -gerelateerde vragen rondom biobased chemicaliën, biobased materialen, bioraffinage en bioenergie en specifieke gewassen (dedicated crops) en bodemkwaliteit. Ook de meer  $\gamma$ -gerelateerde kennisvragen komen aan de orde, zoals competing claims, de verandering van landgebruik, de issues die spelen rondom duurzaamheid, de ontwikkeling van duurzaamheidsindicatoren en risico's rondom biobased ketens in relatie tot economische prestaties en broeikasgasemissies.

Zonder te overdrijven kan worden gesteld dat het KB III GGBbE zeer goed past bij het innovatiecontract Biobased economy zoals dat in het Topsectoren proces is opgesteld. Veel van de KB III middelen zijn in 2011 gematcht met PPS-projecten.

## 2. Doelstelling programma

De doelstelling van het KB III GBbE programma is om wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen te induceren en versterken die nodig zijn om een duurzame biobased economie te ontwikkelen. Naast het doelgericht ontwikkelen van nieuwe productieprocessen voor biobased producten (productie van biomassa, technologie van omzetten van biomassa en de ontwikkeling van nieuwe producten) en nieuwe economische modellen, zal verkennend onderzoek, vaak precompetitief in PPS verband, nodig zijn om binnen een geschikte partnerstructuur de meest effectieve proposities te identificeren en gericht de basiskennis te ontwikkelen die vervolgens kan dienen voor het verder doorontwikkelen naar innovatieve toepassingen

Omdat de introductie van een bio-gebaseerde economie vraagt om een complexe systeeminnovatie lopen de kennisvragen uiteen. Binnen KB III GGBbE is gekozen om voornamelijk pre-competitief onderzoek te richten op de ontwikkeling van duurzame bioraffinageketens.

Dit gaat om de technologieontwikkeling over de hele keten, zodat op basis van de ontwikkelde kennis realistische oplossingen en effectieve business cases kunnen worden gebaseerd. Een eerste vereiste voor een nieuwe biobased productie is dat chemicaliën kunnen worden ontwikkeld die dienen als de bouwstenen voor de gehele verdere productie van alle andere materialen. Kennis om de technologie te ontwikkelen voor de productie van deze stoffen uit biomassa is een van de basisvoorwaarden van de biobased economy. De schaal waarop kunststoffen worden toegepast laat zien dat er een enorm potentieel ligt voor de vervanging van petrochemische door biobased kunststoffen. Om de grondstofproductie voor deze eindproducten te realiseren moet de bioraffinagetechnologie verder worden ontwikkeld. Dit betekent dat op het gebied van ontsluitings- en scheidingstechnologie nieuwe kennis noodzakelijk is om de processen economisch haalbaar te maken. Hiermee in lijn moet ook de fermentatietechnologie verder worden ontwikkeld om basisstoffen te ontwikkelen die kunnen worden omgezet vanuit de genoemde bouwstenen.

Biomassa kan uit verschillende bronnen worden gehaald. Er zijn grote stappen in de verbetering van gewas kwaliteit en -opbrengst en de verwerking van biomassa nodig om de economische levensvatbaarheid en duurzaamheid van chemische productie vanuit planten te realiseren. Hierbij speelt veredeling, genomics en biotechnologie een cruciale rol. Gewassen moeten zodanig worden toegepast dat ze passen in nieuwe innovatieve bedrijfssystemen die aansluiten op de vragen vanuit de bioraffinage. Naast lignocellulose en agrarische- en foodprocesresiduen komen nieuwe biomassabronnen in beeld zoals aquatische biomassa (algen en wieren). Om van algen een succesvol productieplatform te maken, vergelijkbaar met het succes van micro-organismen in industriële biotechnologie, zijn nog flinke uitdagingen te nemen. Veredeling, genomics en biotechnologie van algen zijn nog nauwelijks ontwikkeld. Voor het uiteindelijk realiseren van duurzame en rendabele biobased ketens in Nederlands is kennisontwikkeling nodig op het gebied van bedrijfseconomie, logistiek en ketenmanagement. Er is behoefte aan een instrument dat deze thema's integraal benadert en dat vanuit scenarioanalyses ook de socio-economische vragen beantwoordt. Door een integrale benadering kan de systeeminnovatie naar een biobased economie ook maatschappelijk worden vertaald.

De aanpak voor het biobased programma van Wageningen UR is gericht op geïntegreerde oplossing van maatschappelijke, technologische, economische, organisatorische vraagstukken. Het is een aanpak die zich ontwikkelt binnen de wetenschappelijke en duurzame innovatiedriehoek van bedrijfsleven (groene economie, innovatie, winstverbetering, concurrentiekracht), overheid (maatschappelijke doelstellingen) en kennisinstellingen (wetenschappelijke- en technologische innovatie en socio-economische kennisontwikkeling).

### **3. Opbouw programma en beoogde deliverables 2011**

Voor elk van de speerpunten zijn deliverables gedefinieerd voor de onderzoeksperiode 2011 tot en met 2014 (bijlage I). Het jaar 2011 was het eerste jaar van deze periode. Het programma bouwt voort op het voormalige Kennisbasisprogramma Biobased Economy. Voor het behalen van de deliverables wordt onderzoek uitgevoerd dat naast de KB gelden vanuit verschillende bronnen wordt gefinancierd. KB middelen worden daartoe gematched met strategische PPS programma's. Voor het totale Biobased Economy programma binnen Wageningen UR levert het KB-programma ongeveer 15% van de financiering. Met het beleidsonderzoek is een voortdurende afstemming en een deel van deze KB III GGBbE deliverables zal nieuwe kennis leveren voor het beleidsonderzoek.

#### **3.1 Biobased chemicaliën**

In het Speerpunt Biobased Chemicals ligt het accent van de activiteiten op de ontwikkeling van zowel biotechnologische als chemo-katalytische conversie technologie voor een beperkt aantal types biochemicaliën die de sleutel zullen vormen in de realisatie van een biobased chemische sector en een biobased economy (programma deliverables 5.1.a, b en f). Daarnaast dragen de gekozen projecten bij aan het goed laten aansluiten van het Biobased Chemicals Programma bij het speerpunt Bioenergy & Biorefinery (5.1.e) en het speerpunt Biobased materials (5.1.c).

De KB III GGBbE projectportfolio van het Speerpunt Biobased Chemicals betreft kennisopbouwprojecten die grotendeels in nationaal/Europees pps-kader worden uitgevoerd. Het merendeel van de projecten betreft zowel biotechnologische als chemo-katalytische conversie-technologie voor biobased bulkchemicaliën terwijl ook projecten zijn gedefinieerd op het gebied van alternatieve grondstof benutting en de productie van polymeren (en van daaruit materialen) uitgaande van de basischemicaliën.

Binnen het Speerpunt Biobased Chemicals wordt getracht om op basis van de in de PPS programma's gerealiseerde technologie ontwikkeling, deze technologie ontwikkeling door te zetten met financieel rendabele samenwerkingsverbanden met het Nederlandse en internationale bedrijfsleven. Het is de strategie ook om een eigen octrooiportfolio voor biobased chemicals productie te ontwikkelen die verwaard kan worden in samenwerking met het bedrijfsleven richting product implementatie.

## 3.2 Biobased materialen

In het Speerpunt Biobased materials ligt het accent van de activiteiten op onderzoek van hoogwaardige, milieuvriendelijke en duurzame biobased materialen en -producten (biokunststoffen) door polymeer synthese, microbiële synthese uit chemical building blocs en/of modificatie van koolhydraten en eiwitten (ook) uit reststromen. Meer specifiek wordt in het project EU Pearls gewerkt aan de deliverables 5.2.a en c en in het project Bioagrotex aan deliverables: 5.2.a, c, d en e. Daarbij vindt een belangrijk deel van het onderzoek behorend bij dit programma plaats binnen het BO-gefinancierde Biobased Performance Materials (BPM) programma. Er wordt extra aandacht besteed aan de opzet van grotere PPS projecten o.a. in EU verband.

Het KB III GGBbE projectportfolio van het Speerpunt Biobased Materials betreft kennisopbouwprojecten die in Europees pps-kader worden uitgevoerd. Het betreft projecten die werken aan 'biokunststoffen: verbreden toepasbaarheid' en 'polymers from nature'. In het werkveld 'polymers from nature' is ook sprake van een directe samenwerking met het programma 'Aangepaste gewassen'. Daarnaast wordt in 2011 samen met de speerpunten Chemicals en Bioenergy & Biorefinery in een aantal projecten gewerkt aan de ontwikkeling van biobased building blocs op basis waarvan in een later stadium nieuwe biokunststoffen ontwikkeld kunnen worden (deliverable 5.2.b). De ontwikkeling van het onderzoek op polypeptiden wordt momenteel uit een andere bron ge(co-)financierd (deliverable 5.2.f).

Binnen het Speerpunt Biobased Materials wordt getracht om op basis van de in de PPS programma's gerealiseerde technologie ontwikkeling, deze technologie ontwikkeling door te zetten met financieel rendabele samenwerkingsverbanden met het Nederlandse en internationale bedrijfsleven. 2010 was in dat opzicht een goed jaar en ook voor 2011 zijn de vooruitzichten gunstig. Speciale aandacht zal geschonken worden aan omzetten van halfabrikaten ontwikkeld in de speerpunten alternatieve gewassen, bioraffinage en chemicals. Belangrijke aandachtspunten hierbij worden enerzijds de directe omzetting van polymeren uit de natuur versus de ontwikkeling van polymeren materialen uit biobased building blocs. Voor het slagen is extra aandacht vereist voor structuur-functie relaties.

## 3.3 Bioraffinage en bioenergie

In het Speerpunt Bioraffinage en Bioenergie ligt het accent van de activiteiten op de realisatie van duurzame biomassa-waardeketens voor de productie van Biobased Producten en/of Bioenergie. Ontwikkeling van (decentrale) bioraffinage-deeltechnologieën (vooral fractionerings- en geavanceerde fermentatietechnologie) op lab- en pilotschaal voor zowel food en non-food toepassingen, alsmede de valorisatie van proces-/ketenresiduen, vormen het accent van dit Speerpunt. De projecten van het 2011 KB III GGBbE programma dragen allen bij aan de genoemde programma deliverables 5.3.a t/m 5.3.e.

De KB III projectportfolio van het Speerpunt Bioraffinage en Bioenergie betreft kennisopbouwprojecten die grotendeels in nationaal/Europees PPS-kader worden uitgevoerd. Het merendeel van de projecten betreft deeltechnologie-ontwikkelingen op het gebied van de bioraffinage; terwijl ook projecten zijn gedefinieerd op het gebied van de duurzame biomassa-waardeketenontwikkeling en de optimalisatie vergisting en de inzet alternatieve brandstoffen voor de energiehuishouding in de veehouderij.

Binnen het Speerpunt Bioraffinage en Bioenergie wordt getracht de beschikbare biomassa in NL zo optimaal mogelijk te benutten voor de productie van Biobased Producten en/of Bioenergie middels de ontwikkeling en implementatie van bioraffinageprocessen als onderdeel van integrale biomassa-waardeketens. De ontwikkeling van deeltechnologieën op labschaal en de analyse van veel-belovende duurzame biomassa-waardeketens vormt de eerste fase van het totale ontwikkelings-/implementatietraject van bioraffinageconcepten in de NL BBE. Opschaling van technologieën en daadwerkelijke implementatie in de markt vindt in de jaren na 2011 plaats.

## 3.4 Aangepaste gewassen

De activiteiten in het speerpunt 'Aangepaste Gewassen' richten zich zowel op de grondgebonden- als de aquatische biomassa-productie. Specifieke aandacht wordt besteed aan de verhoging van de concentratie van specifieke inhoudstoffen voor de chemische industrie en identificering van genotypes met een betere conversie van biomassa

naar biobrandstoffen en de teelt van natte gewassen ten behoeve van biobased producten. De projecten sluiten direct dan wel indirect aan bij de andere speerpunten van GGBbE.

Bij een goed functionerende biobased economy moet rekening worden gehouden met zowel economische- als duurzaamheidsdoelstellingen. Deze projectportfolio richt zich mede op een hogere economische omzet per ha en een reductie van de milieueffecten en daarmee op een duurzame BbE. Daarnaast moet de aquatische biomassaproductie op termijn de druk op grondgebonden biomassaproductie verder ontlasten.

In dit speerpunt worden in 2011 de eerste stappen gezet voor het opzetten van pilots waarin diverse industrieën deelnemen. Hierbij valt te denken aan het gebruik van reststromen uit de industrie (CO<sub>2</sub>, warmte en nutriënten) die ingezet worden voor de productie van natte/droge biomassa (glastuinbouw). In 2014 moet dan helder zijn of deze concepten daadwerkelijk nationaal als internationaal kunnen worden ingezet op grote schaal.

### 3.5 Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling

De transitie naar een biobased economie vraagt kennis over de economische rentabiliteit, internationale handel, voedselprijzen en -zekerheid, duurzaamheid, technische ontwikkeling, klimaat en biodiversiteit. Zo kan de transitie naar een biobased economie gevolgen hebben voor het (indirect) landgebruik en voor de vruchtbaarheid van land. Het onderzoek naar een geïntegreerde duurzaamheidsbenadering vraagt om een instrument dat rekening houdt met de diverse belangrijke thema's rondom de biobased economie. Daarnaast is de ambitie om de economische haalbaarheid, risico's, onzekerheden en duurzaamheid (eisen, certificeringen) van biomassa bedrijfsketens te verkennen en door te rekenen. De projecten van het 2011 KB III GGBbE programma dragen allen bij aan de genoemde programma deliverables 5.5.a t/m 5.5.c.

Het 2011-speerpunt Maatschappelijke, economische issues & duurzame ketenontwikkeling is vooral gericht op de integratie van biomassastromen in economisch maatschappelijke modellen en bedrijfsmodellen. Onderzoek vindt in nationaal en mondiaal kader plaats. Een belangrijk aandachtspunt is de kennisontwikkeling rondom de economische betekenis van bioraffinage en de relatie met andere sectoren in een economische regio (zoals agrarische sector, chemische industrie, voedingsmiddelenindustrie). Zo mogelijk wordt aangesloten bij interessante cases uit de andere (technische) thema's, bijvoorbeeld bij algen of bieten.

De andere vier speerpunten binnen het KB III GGBbE programma zijn voornamelijk gericht op het technologisch ontwikkelen van nieuwe processen, aangepaste gewassen en biobased producten. Ze richten zich in beperkte mate op de maatschappelijke en economische gevolgen in geval van opschaling en daadwerkelijke implementatie van die producten op de markt. Als aanvulling op die technische ontwikkelingen schenken de gekozen projecten onder dit thema 'Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling' daarom aandacht aan de maatschappelijke- en bedrijfseconomische betekenis van de biobased economie. Modellen worden zodanig ontwikkeld dat ze rekening kunnen houden met allerlei aspecten (zoals competing claims, climate change, biodiversiteit, voedselzekerheid en -prijzen) rondom deze systeeminnovatie.

## 4. Resultaten en wetenschappelijke vernieuwing

Overall is de voortgang van het thema Biobased economy goed geweest. Omdat KB III GGBbE ongeveer 15% van de middelen heeft geleverd is de voortgang in dit KB III jaarrapport 2011 beperkt tot die projecten die door KB III GGBbE zijn (mee)gefinancierd.

### 4.1 Biobased chemicaliën

In 2011 is verder door gewerkt aan de uitbouw van het isohexide platform en het furanen platform. Naast de kennis opgedaan in PPS-projecten binnen bijvoorbeeld de DPI, BE-BASIC en BPM-programma's, heeft deze kennisopbouw het mogelijk gemaakt diverse bilaterale projecten gefinancierd te krijgen onder meer met Archer Daniels Midland (ADM) en AKZO Nobel Packaging Coatings. Op basis van de verkregen kennis zijn in 2011, begin 2012 drie octrooien ingediend waarvan Wageningen UR-FBR (mede)eigenaar is. En het heeft geleid tot nieuwe grote PPS-

projecten, binnen het DPI en in EU-verband. Ook hebben de projectresultaten geleid tot diverse wetenschappelijke publicaties in high ranking peer reviewed journals. Het lignine-platform is succesvol gelanceerd met deelname van twee grote industrieën en heeft ertoe geleid dat verschillende industriële partijen over bilaterale samenwerking op dit gebied willen praten. Het suiker-biotechnologie platform is succesvol geweest voor kennisopbouw van de biotechnologische productie van (vet)zuren uit biomassa en voortzetting van een grote bilaterale opdracht mede gebaseerd op achtergrond kennis (die binnen AFSG, onderdeel van Wageningen UR, aanwezig is bij FBR en de universitaire leerstoelgroepen) eerder gerealiseerd binnen KB-projecten.

Verticale kennisdoorstromingen van al aanwezige kennis vanuit de universiteit naar het KB en het Chemicals-programma vindt zeer beperkt plaats; het programma is tot heden zelf inhoudelijk leidend en universitaire groepen (binnen en buiten Wageningen UR) worden vanuit Wageningen UR-FBR gericht gevraagd en benaderd om bij te dragen aan kennisopbouw in specifiek projecten. Met de aanstelling van twee nieuwe hoogleraren in 2012 bij Wageningen University is het streven deze doorstroming de komende jaren te vergroten. Kennis vanuit deels met KB-middelen gefinancierd onderzoek stroomt door naar andere partners; een voorbeeld hiervan zijn lignine- en weekmaker-technologie ontwikkeld in het EU Biocore project en die door andere project partners is geëvalueerd en mede verder wordt ontwikkeld.

Vanuit het programma wordt bijgedragen aan het vergroenen van de chemische sector, door het mogelijk maken van de inzet van bulk chemicaliën op basis van biomassa, ter vervaardiging van allerlei producten met als speerpunt polymere materialen.

De opgebouwde kennis creëert voor het bedrijfsleven mogelijkheden om biobased chemicaliën als zodanig te produceren of in te zetten in de productie van biobased polymeren voor kunststoffen, als kunststof additief (bijvoorbeeld weekmaker) of bestanddeel van lijmen of coatings. Een voorbeeld is de samen met Avantium ontwikkelde technologie om aromatische bouwstenen te kunnen produceren, die geschikt zijn als bouwstenen voor hoogwaardige bioplastics. Een ander voorbeeld is de in het kader van het CATCHBIO-programma ontwikkelde technologie (met deelname van bijvoorbeeld Albemarle en Shell aan dit project) om vetzuren te decarboxyleren onder waterstofvrije condities; dat geeft mogelijkheden voor een verbeterde productie van een superieure biodiesel.

## 4.2 Biobased materialen

Voor dit speerpunt kwam in 2011 financiering vooral uit andere dan KB III GGBbE-bronnen. Vanuit KB III werden in 2011 twee grote EU-projecten gefinancierd: EU-Pearls en Bioagrotex. Het EU-project EU-PEARLS: EU-based Production and Exploitation of Alternative Rubber and Latex Sources, heeft als doel de vestiging van een integrale productie- en applicatie-keten van latex en rubber uit alternatieve plantensoorten zoals guayule en Russische paardenbloem in Europa. Door de beschikbaarheid van een kleinere hoeveelheid Russische paardenbloem planten en zaden dan oorspronkelijk voorzien, is de grootte van de geplande veldproef naar beneden bijgesteld en als gevolg daarvan ook de daarop volgende extractie. Niettemin is zowel van Russische paardenbloem als van guayule rubber / latex beschikbaar gekomen voor analyse van de eigenschappen en voor tests door partner Apollo-Vredestein. In 2011 is op pilot-scale rubber-extractie en -zuivering uitgevoerd waarbij 1 kg paardenbloemrubber verkregen is voor testen als compound in autobanden. Het doel van het EU-FP7-bioagrotexproject is de markt voor agrotexielen te ontsluiten en te vergroten voor biobased producten. Daarvoor is het enerzijds nodig om de levensduur van natuurlijke vezeltextielen te verlengen. En anderzijds vergt het verwerken van biobased plastics tot sterke garens nog de nodige materiaal- en procesverbetering. In de eerste twee jaar van het project heeft Wageningen UR FBR zich vooral gericht op het spinnen van vezels van PLA en op nieuwe furaan-gebaseerde harsen voor de verduurzaming van natuurlijke vezels. De huidige rol van FBR is de coördinatie van het bioafbreekbaarheidsonderzoek aan de ontwikkelde materialen. Dit omvat zowel laboratoriumproeven als blootstelling aan praktijkomstandigheden. Het bioafbreekbaarheidsonderzoek geeft inzicht in de structuur-afbreekbaarheidsrelaties van biobased materialen, en biedt daarmee de mogelijkheid om de producten af te stemmen op de benodigde performance. Op dit moment lopen er veldproeven met demonstratieproducten op twee locaties in Europa. Naast het genereren van praktijkdata zijn deze veldproeven ook bedoeld voor communicatie van de mogelijkheden van biobased agrotexielen naar belangstellende bedrijven.

## 4.3 Bioraffinage en bioenergie

In 2011 is in het KB-programma aandacht besteed aan kennis-/model-ontwikkeling van integrale duurzame bioraffinageketens in het Catchbio Socio-Economics project. In dit project worden in nauwe samenwerking met andere kennispartners en de industrie methoden ontwikkeld, waarmee al in een vroegtijdig stadium inzicht kan worden verkregen in de economische haalbaarheid, duurzaamheid en de sociale impact van bioraffinageketens. Voor het bijeenbrengen van stakeholders voor de gezamenlijke ontwikkeling en implementatie van duurzame bioraffinageketens is in KB-13 kader 2011 een begin gemaakt om op regionaal, nationaal en op Europees-niveau te focussen op de verwaarding van i) verse groene biomassa (FBR-PARC), ii) microalgen (AlgaePARC) en lignocellulose biomassa (BIC Gelderland). Deze activiteiten worden de komende jaren verder geïntensiveerd met als uiteindelijk doel de gezamenlijke ontwikkeling én implementatie van volledige biomassa-waardeketens in de Nederlandse economie.

In 2011 is gewerkt aan de verdere kennisopbouw rond bioraffinage op de gebieden van fractionering (ontsluiting/hydrolyse en productscheiding) en geavanceerde fermentatie van vooral groene biomassa, microalgen en lignocellulose biomassa. Groene biomassa o.a.: agroresiduen en gras-fractionering; microalgen o.a.: optimalisatie teelt in open bassins en de productie en raffinage van microalgen op pilot-schaal (Algae-PARC/InteSusAI); Lignocellulose biomassa o.a.: melkzuurproductie, 2e-generatie biofuels in combinatie met added-value chemicals (o.a. Biosynergy, BIOCORE). Voor decentrale bioraffinageprocessen lag de nadruk in 2011 in KB-13 kader vooral op de identificatie van nieuwe kansrijke concepten, o.a. procesresidu-verwaarding, Nederlandse crops en agroresiduen (gras, bieten, mais, olifantsgras, loof) met mineralenterugvoer op het land. Een en ander heeft o.a. geresulteerd in de initiatie van een groot pps-programma op nationaal niveau dat in 2012 samen met betrokken (industriële) stakeholders wordt uitgewerkt.

Internationale samenwerking voor zowel verticale als horizontale kennis-doorstroming/-uitwisseling op het gebied van de bioraffinage heeft in 2011 plaats gevonden door o.a. participatie in een groot aantal Europese projecten (o.a. Biosynergy, BIOCORE, InteSusAI), en ook de actieve participatie in een aantal Europese/mondiale kennis-enstakeholderplatforms, waaronder: European Biofuel Technology Platform, Lead Market Initiative on Biobased Products, IEA Bioenergy Task42 on Biorefining, European Energy Research Alliance.

De KB III GGBbE-kennis is ingebracht voor de totstandkoming van de agenda's van een groot aantal Topsectoren, waaronder: Biobased Economy, Agrofood, Tuinbouw, Energie (Bioenergie & Groen Gas) en Chemie.

Biosynergy & BIOCORE zijn twee grote Europese multi-stakeholder projecten gefinancierd vanuit KB III waarin innovatieve bioraffinagedeeltechnologieën worden ontwikkeld (o.a. fractionering, conversie en downstream processing) voor de conversie van lignocellulose biomassa (agroresiduen, stro, hout) in 2e-generatie biotransportbrandstoffen en added-value biobased producten (chemicaliën, materialen). Deze integrale technologieën zorgen ervoor dat de biomassa duurzaam en zo efficiënt als mogelijk wordt geconverteerd in transportbrandstof en added-value chemicals waardoor de productiekosten van de brandstoffen significant (30% mogelijk) worden geminimaliseerd, waardoor de marktcompetitiviteit wordt bevorderd en daardoor de grootschalige implementatie wordt bespoedigd. Daarnaast kunnen de Nederlandse partners (industrie/SMEs) de binnen deze projecten ontwikkelde deeltechnologieën verder vermarkten waardoor de internationale positie van de BV Nederland wordt versterkt.

In KB-kader is er vooralsnog weinig aandacht geschonken aan onderwijs- en trainingsactiviteiten. Uitzondering vormt de mede-organisatie (via BIOCORE en IEA Bioenergy Task42 Biorefining) van de First European Biorefinery Training School die in Parijs is georganiseerd. Ook zijn er diverse publicaties op het gebied van de bioraffinage verschenen en is er een bijdrage geleverd aan diverse regionale, nationale en Europese events op het gebied van de bioraffinage/BBE. In 2012 vindt de Second European Biorefinery Training Course plaats in Wageningen; terwijl er door Wageningen UR in 2013 een grote internationale conferentie op het gebied van de BioEconomy wordt georganiseerd.

## 4.4 Aangepaste gewassen

Op het gebied van de teelt richt het speerpunt zich in 2011 vooral op nieuwe 'natte gewassen'. Experimenteel ligt de nadruk op de productie van zeewieren en Azolla en producten daaruit (o.a. eiwitten). Voor algen ligt de nadruk op het ontwikkelen van instrumenten voor optimaal ontwerp en management van grootschalige duurzame

algenteeltsystemen. Zowel voor Azolla als voor algen geldt dat hergebruik van reststromen zoals CO<sub>2</sub> en warmte uit o.a. industrie meegenomen wordt in het systeemontwerp. Zowel zeewieren als Azolla kunnen hoogproductief geteeld worden. Extrapolatie vanuit kleinschalige experimenten met diverse Azolla soorten laten zien dat productienivo's onder kascondities in Nederland op 30-40 ton/ha/jaar kunnen uitkomen zonder additionele verlichting en/of CO<sub>2</sub>-toediening, en hoge concentraties aan eiwitten en lipiden bevatten. Naast de teelt richt dit speerpunt zich op de veredeling van diverse inhoudsstoffen voor biobased producten. Wageningen UR heeft inmiddels 300 genotypen van *Miscanthus sinensis* waarvan een aantal over verbeterde celwandeigenschappen beschikken voor specifieke biobased producten. Zo werd ook het gen voor itaconzuursynthese uit *Aspergillus terreus* gecloneerd en geïntroduceerd in aardappel, dat heeft geleid tot proof of concept voor itaconzuur-productie in planten. Hierover is een patent gedeponereerd. Tot nu toe werd een productie van itaconzuur in aardappelknol bereikt van 2% van het drooggewicht, naast een productie van 1.5% lysine (gecombineerd met normale zetmeelproductie). Daarnaast werd een microbiële gen geïntroduceerd in de zetmeelaardappel die de conversie van lysine in een precursor voor caprolactam (Nylon-6) verzorgt. Door gebruik te maken van opslagcompartimenten binnen de cel wordt getracht de productie en ophoping van bouwsteenchemicaliën in de plant nog meer te verhogen. In de EU-Pearls is gewerkt aan de veredeling van rubber-producerende planten, geschikt voor de teelt in Europa voor de productie van biomassa voor latex en rubber. Binnen dit speerpunt wordt nauw samengewerkt met het nationale en internationale bedrijfsleven (o.a. SES/VanderHave, Keygene, Cosun, Aviko, Heineken, DSM). Mede dankzij dit programma is het Platform Green Synthetic Biology opgericht met als eerste doel de selectie en definitie van biosynthetische modules in planten. Inmiddels is mede dankzij de in het programma ontwikkelde kennis de eerste zeeboerderij in de Oosterschelde geopend, waar verder onderzoek gedaan wordt naar de teelt van zeewieren. Binnen KB-13 opgebouwde kennis is mede ingezet voor de opzet van het workpackage 'Teeltoptimalisatie en biomassaproductie' in het concept innovatiecontract Biobased Economy.

## 4.5 Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling

Maatschappelijke aspecten rondom de biobased economy moeten bij voorkeur via een interdisciplinaire aanpak worden benaderd. De kwantificering van zulke interrelaties is echter moeilijk omdat de biobased economy nog geen vast onderdeel uitmaakt van statistieken zoals de nationale rekeningen. Biobased economy analyses zijn alleen zinvol als opbrengsten- en kostenstructuren van op biomassa grondstoffen gebaseerde ketens worden geïntegreerd met de bestaande op fossiele grondstoffen gebaseerde ketens. Kennis van Wageningen UR over nieuwe technieken wordt hierbij gekoppeld aan economische en duurzaamheidsprestaties van potentiële biomassa-toepassingen. Deze koppeling van expertises vindt plaats op het niveau van bedrijven (micro-economie), sectoren (meso-economie) en regio's (macro-economie) en probeert zo een brug te slaan tussen productinnovaties in het laboratorium en het vervolg van de keten. Op die verschillende niveaus in de keten is in 2011 gewerkt aan het opbouwen van databases en het uitbouwen van bestaande modellen met biobased aspecten.

In het Interreg-project wordt eerder ontwikkelde LEI-expertise over de primaire sector uitgebouwd naar non-food clusters (groen gas/biorefinery clusters). Onder andere wordt samengewerkt met Groen Gas Nederland, Essent, Ekwadraat, Econvert, Orgaworld. In het Oil Palm Biomass Consortium (OPMC, waarin o.a. de palmolieindustrie in Maleisië participeert) wordt samengewerkt om de technische-economische prestaties van reststromen van de palmolieteelt in Maleisië in de rekentool te implementeren. Het doel daarvan is om de gevolgen van het gebruik van reststromen voor bioenergie of biochemie voor inkomen en werkgelegenheid te berekenen.

Via een Interreg-project wordt samengewerkt met IVA Nederland/ Duitsland en Groen Gas/Grünes Gas. In het Oil Palm Biomass Consortium wordt met de palmolieindustrie in Maleisië samengewerkt. Via Be-Basic wordt samengewerkt met stakeholders uit chemische en energiesectoren, met nationale kennisinstellingen zoals TU Delft en het Copernicus Instituut van universiteit Utrecht, met het internationale GTAP consortium en met de Monash University uit Australië.

De modelontwikkeling draagt bij aan analyses van vraagstukken over het thema Internationaal zoals: Wereldwijd/EU level playing field: veiligstellen van toegang tot grondstoffen op de wereldmarkten; Exportbevordering: het exporteren van goederen naar internationale afzetmarkten; Versterken maatschappelijk draagvlak (license to operate, duurzaamheid). De kwantificering van de gevolgen van het gebruik van reststromen voor alternatieve



toepassingen (bioenergie, biochemie, biotransport) voor inkomen en werkgelegenheid in Maleisië is hiervan een voorbeeld (samenwerking met het Oil Palm Biomass Consortium).

Verder is de modelontwikkeling behulpzaam bij technisch-economische analyses rond de thema's Innovatie en Ondernemerschap. In samenwerking met o.a. Groen Gas Nederland, Essent, E-kwadraat, Econvert, Orgaworld wordt kennis ontwikkeld op het gebied van bedrijfseconomie, logistiek en ketenmanagement rondom groen gas.

Het huidige nationale en internationale beleid (inclusief (belemmerende) wet en regelgeving, landbouwbeleid, handelsbeleid, hernieuwbare energie beleid) en de publieke opinie is beperkend voor de ontwikkeling van de biobased economy in Nederland en Europa. Een coherent overheidsbeleid over diverse ministeries en internationale instellingen heen, goede markttoegang tot internationale markten, grondstoffen tegen wereldprijzen, en een goed publiek debat voorziet in de basis voorwaarde voor een sterke biobased economy (license to operate). Aspecten rondom de biobased economy zijn dus maatschappijomvattend en moeten bij voorkeur via een interdisciplinaire aanpak worden benaderd. De in ontwikkeling zijnde analysetool ondersteunt de beantwoording van vragen rondom de biobased economy.

De ketentool geeft inzicht in de duurzame concurrentiekracht door verhoging van de winstgevendheid van het bedrijfsleven in de agrofoodsector en door innovatieve verbindingen te maken met de chemische en energiesectoren (groen gas).

#### 4. Wetenschappelijke Output KB III GGBbE in 2011

		2011
Scientific products	Scientific articles in refereed journals	11
	Scientific articles in non-refereed journals	3
	Submitted / accepted scientific articles	6
	Scientific articles in other journals	
	Chapter in scientific book	1
	Submitted chapter in scientific book	
	Scientific book	
	Proceedings	3
	Dissertations / Thesis	4
	Posters / abstracts	15
Societal products	Reports	10
	Professional publications	14
	Professional publications in press	3
	Presentations	54
	Websites	15
	Patents	1
	Overige publicaties	1
	Communiqués	1
	Models	6
	Databases	4
	Scientific esteem	2
<b>TOTAAL</b>		<b>154</b>

# BIJLAGE I

## Programma KB III GGBbE 2011-2014: Milestones en deliverables

De milestones en deliverables zijn gedefinieerd per speerpunt. Veel bouwt voort op al eerder uitgevoerd onderzoek en de daarmee opgebouwde kennis. Een aantal zaken is nieuw. De programma's en de deliverables passen bij de genoemde WTCconcept Kennis- en Innovatie agenda en MJK thema's 1 en 2. Voor het behalen van de deliverables wordt onderzoek uitgevoerd dat naast de KB-gelden vanuit verschillende bronnen wordt gefinancierd. KB-middelen worden daartoe gematched met strategische PPS programma's.

### 5.1 Biobased chemicaliën

De strategie van het chemicals programma is er op gericht om technologie te ontwikkelen voor de duurzame biobased productie van aromatische en bi-functionele chemicaliën.

#### Deliverables

- a. Ontwikkelen van **drie platform chemicaliën** uit koolhydraten:
  - Furaan gebaseerde chemicals (o.a. 2,5 FDA).
  - Isohexide gebaseerde chemicals (additieven).
  - Sugar biotechnology based chemicals.
- b. **Octrooi positie** op minimaal twee biobased chemicals op basis van een business case waarbij de hele productie keten (ontsluiting, conversie, materiaalontwikkeling) is afgestemd:
  - Succinic acid, bioterephtaalzuur, wellicht 2,5 FDA.
- c. Minimaal één biobased polymeer voor het testen in een **pilotfase**.
- d. Een start up op een specifieke biobased chemische bouwsteen.
- e. Gebruik van nieuwe biomassa-bronnen voor chemie (o.a. **algen, lignine**).
- f. **Organische chemie aansluiten op Industrial biotechnology**, innovatief conceptueel en eerste processen (o.a. 2,3 biobutanol).

### 5.2 Biobased materialen

Het accent ligt op onderzoek op de ontwikkeling van hoogwaardige, milieuvriendelijke en duurzame biobased materialen en -producten (biokunststoffen) door polymeer synthese, microbiële synthese uit chemical building blocs en/of modificatie van koolhydraten en eiwitten (ook) uit reststromen.

#### Deliverables

- a. **Omzettingroutes** uit verschillende groene grondstoffen (waaronder lignocellulose rijke reststromen) naar biobased materials gerealiseerd.
- b. Omzettingroutes zijn verder ontwikkeld van bi-functionele bouwstenen op basis koolhydraten en eiwitten naar (nieuwe) **performance materials** op lab-schaal en/of pilot-schaal.
- c. Nieuwe inzichten en verdere opbouw van expertise op **structuur-eigenschappen relaties** gerealiseerd. Parallel daaraan in samenwerking met andere kennisinstellingen verdere ontwikkeling van polymeerchemie.
- d. **Gel- en vezelmaterialen** met unieke eigenschappen ontwikkeld.
- e. Verbreding toepasbaarheid van expertise op additieven en blending gerealiseerd.
- f. Onderzoek **organische chemie in samenhang met biotechnologie richting** materials opgezet en eerste inzichten ontwikkeld (polypeptide / PHA's / bouwstenen).

## 5.3 Bioraffinage en bioenergie

Het accent van de activiteiten ligt op technologieontwikkeling op lab- en pilot-schaal binnen het kader van de ontwikkeling van een duurzame bioraffinage. Innovatiegericht onderzoek op het gebied van fractionering (ontsluiting, hydrolyse en productscheiding) en geavanceerde fermentatie met downstream processing. Doel is uiteindelijk een duurzame en optimale co-productie van chemicaliën, materialen, mineralen en veevoer van hoge toegevoegde waarde en bio-energie en/of geavanceerde bio-transportbrandstoffen. Focus ligt op biomassa die niet direct geschikt is voor humane consumptie 'non-food biomassa, zoals: lignocellulose, grasachtigen, agrarische-/procesresiduen en aquatische biomassa. Gewerkt zal worden aan procesontwerp, -analyse en -optimalisatie.

### Deliverables

- a. Gerealiseerde voorbeelden en kennisontwikkeling over ontwerp, analyse en optimalisatie van **duurzame biomassawaardeketens** (import, logistieke aspecten en certificering).
- b. Verbeteringen van 'non-food' biomassa procestechnologie en valorisatiemodellen gerealiseerd:
  - **Fractionering** (ontsluiting, hydrolyse, en scheiding) van 'non-food' biomassa zoals: lignocellulose, grasachtigen, agrarische-/procesresiduen en aquatische biomassa (algen/wieren).
  - Biofuel **procesresidu valorisatie** (o.a. vrijkomende lignine en eiwitfracties). Naast gebruik in de chemie is het wellicht mogelijk de eiwitfracties food grade te houden en weer te gebruiken voor humaan voedsel/vleesvervangers).
- c. Eerste onderzoekslijnen opgezet voor **geïntegreerde biorefinery** met bestaande Food productie: 'New Food Factory & BbE combined'.
- d. **Decentrale (mobiele) bioraffinageprocessen** op pilotschaal gericht op het terugwinnen van mineralen (fosfaat en andere) uit reststromen.
- e. Geavanceerde **fermentatie ontwikkeling** (ethanol, ABE, H<sub>2</sub>, melkzuur, bifunctionele alcoholen en bifunctionele zuren) en procesverbetering.

## 5.4 Aangepaste gewassen

Een goed functionerende biobased economie vraagt om voldoende biomassa van specifieke kwaliteit. Gewassen moeten worden aangepast zodat ze toegepast kunnen worden in nieuwe innovatieve biobased bedrijfssystemen. De geproduceerde biomassa moet geschikt zijn voor bioraffinage en moet bovendien gebruikt kunnen worden voor voedselproductie. Daarbij is het belangrijk om de effecten op duurzaamheid en op klimaat via levenscyclusanalyse te bestuderen. Daarnaast bieden de inhoudsstoffen van planten, de ontwikkeling van algen en wieren en het gebruik van metabole routes van planten voor de industriële biotechnologie in de fermentatie industrie interessante mogelijkheden.

### Deliverables

- a. Ontwikkeling van **biomassa van specifieke kwaliteit**. Realiseren van een verhoogde biomassa en een betere benutting per plant met dezelfde inputs. Deze gewassen zullen worden toegepast in nieuwe innovatieve bedrijfssystemen welke voldoen aan een hogere productie per ha, schoon en voldoende water, verminderd gebruik hulpbronnen, benodigd landareaal en biodiversiteit.
- b. **Uit zeewier (en andere natte gewassen)**: Productie van eiwitrijke (tot 25% van de drogestof) biomassa op zee. Restproducten worden ingezet voor energieopwekking en fosfaat wordt teruggewonnen uit de biomassa.
- c. **Co-productie industrie en landbouw**. Demonstraties waarbij de restwarmte en CO<sub>2</sub> en afvalwater uit de industrie wordt gebruikt als grondstof voor de productie van biomassa in (semi-) gesloten systemen.
- d. **Bioenergie gewassen**. Een verbeterde biomassa omzettingsefficiëntie om de productie van chemicaliën en 2e generatie bioenergie (bio-ethanol, biogas, etc.) economisch rendabel te maken. De focus ligt op de optimalisatie van de samenstelling en structuur van de plantcelwanden. Binnen vier jaar zijn de mechanismen die de synthese van de celwand bepalen en de regulering daarvan ontrafeld en zijn de eerste stappen naar verbeterde variëteiten gezet.

- e. Leveren van proof of concept voor **productie van chemiegrondstoffen**, energie en grondstoffen voor witte biotechnologie in suikerbiet.
- f. Ontwikkeling van kennis over het mechanisme voor verhoging van specifieke chemicaliën in gespecialiseerde plantencel compartimenten. Ontwikkeling van gewassen met een **ophoping van chemiegrondstoffen** tot 10% van het drooggewicht.
- g. Ontwikkeling van genomics en veredeling van **algen** voor productie van hoogwaardige metabolieten.
- h. Kennis van specifieke metabole routes in planten van voor fijn- en platform chemicaliën die ook in micro-organismen kunnen worden gebruikt (**verbinding groene- en industriële biotechnologie**).
- i. **Ontwikkeling van gewassen** die zetmeel en pectine produceren met nieuwe eigenschappen en functionaliteiten door **veredeling** (bijvoorbeeld aardappel).

## 5.5 Maatschappelijke, economische issues en duurzame ketenontwikkeling

De transitie naar een biobased economie vraagt kennis over de economische rentabiliteit, internationale handel, voedselprijzen en -zekerheid, duurzaamheid, technische ontwikkeling, klimaat en biodiversiteit. Zo kan de transitie naar een biobased economie gevolgen hebben voor het (indirect) landgebruik en voor de vruchtbaarheid van land. Onderzoek naar een geïntegreerde duurzaamheidsbenadering vraagt om een instrument dat rekening houdt met de diverse belangrijke thema's rondom de biobased economie.

### Deliverables

- a. Een **rekentool** waarmee vraagstukken rondom biobased thema's kunnen worden geanalyseerd en verkend in gevoeligheid- en scenarioanalyses. De tool geeft inzicht in de competing claims tussen inzet van productiemiddelen voor voedsel, veevoer, groene energie en brandstof, en groene functionele producten.
- b. Verkennen en doorrekenen van **economische haalbaarheid**, risico's en onzekerheden, transactiekosten, coördinatiemechanismen, duurzaamheid (eisen, certificeringen) die samenhangen met biobased economie.
- c. Kennis ontwikkelen over **transitieprocessen**. Ontwikkelen van een geschikt monitoring- en evaluatiesysteem die het transitieproces naar een biobased economie ondersteunt. Hier wordt met KB-programma VI samengewerkt.
- d. Het zoeken naar **verbindingen met andere beleidsterreinen**, zoals waterveiligheid en adaptatie voor klimaatverandering.
- e. **Aanvullen van Levens Cyclus Analyse** met kwaliteit, toepassing en effect van reststoffen en -stromen uit bioenergie productieketens.
- f. **Analyse en assessment van milieu impact** en optimalisatie van bio-energie productieketens van Biochar voor toepassing als bodemverbeteraar en meststof met het doel bodemfuncties te behouden en versterken waaronder ook bodem en bodemgerelateerde ziekten en gezonde voeding.

## 5.6 Cross-onderwerp: Optimalisatie van bioraffinage en voedselproductie

Een nog te ontwikkelen thema is onderzoek naar de mogelijkheid om de **voedsel productie integraal te optimaliseren** rekening houdend met andere dan voedsel (en veevoer) toepassingen van de gebruikte biomassa grondstoffen. Het **integreren van de voedselproductie gekoppeld aan de biobased economie** levert als totaal potentieel energie winst en grondstof efficiëntie op, maar heeft veel effect op de ketenregie in de AgroFood sector. Binnen dit speerpunt wordt gezocht naar een afstemming van biomassastromen tussen ketens. Doel is om een betere uitwisselbaarheid van grondstoffen te ontwerpen met minder verliezen van eindproducten en een beter rendement.

## **Deliverables**

- a. Toepassing van kennis en inzichten over biomassaketens voor het **opnieuw inrichten van levensmiddelenproductieketens**, gekoppeld aan ketens voor verwaarding van biomassa voor chemicaliën.
- b. Genereren van **uitwisselbaarheid** van componenten uit de biobased economie.
- c. **Reductie van verliezen** in de biobased keten en inzicht van effecten op mondiale/nationale/regionale transportstromen.

## **Fasering in de tijd: opbouw, doorloop en afbouw van KB-onderzoek**

De vijf speerpunten lopen parallel en worden gecontinueerd. Nieuw is het doorsnijdende thema 'Optimale bioraffinage door combinatie van voedselproductie en biobased economie toepassingen'. Dit onderdeel is nog in opzet en start in de loop van 2012.

