

# TUSSEN GOUDEN BERGEN EN GROENE BUSINESS

SYSTEEMVERKENNING VAN  
EEN BIO-BASED ECONOMIE

HET DEN HAAG CENTRUM VOOR STRATEGISCHE STUDIES  
EN TNO





**TNO**

STRATEGY  
& CHANGE

TUSSEN GOUDEN BERGEN EN GROENE BUSINESS  
HET DEN HAAG CENTRUM VOOR STRATEGISCHE STUDIES (HCSS)  
EN TNO

RAPPORT N° 2011•08  
ISBN/EAN: 978-94-91040-49-8

Auteurs: Rob Weterings, Elsbeth Roelofs, Roald Suurs  
en Frans van der Zee

© 2011 Het Den Haag Centrum voor Strategische Studies en TNO behouden zich alle rechten voor. Geen enkel onderdeel van dit rapport mag gereproduceerd of gepubliceerd worden in welke vorm dan ook, in print, microfilm, fotografie, of op enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HCSS of TNO. De rechten van alle foto's zijn voorbehouden aan hun respectievelijke eigenaars.

Grafisch ontwerp: Studio Maartje de Sonnaville, Den Haag  
Drukwerk: Koninklijke De Swart, Den Haag

HCSS, LANGE VOORHOUT 16, 2514 EE THE HAGUE  
T: +31 (0)70-3184840 E: [INFO@HCSS.NL](mailto:INFO@HCSS.NL)  
W: [STRATEGYANDCHANGE.NL](http://STRATEGYANDCHANGE.NL)

# TUSSEN GOUDEN BERGEN EN GROENE BUSINESS

SYSTEEMVERKENNING VAN EEN BIO-BASED  
ECONOMIE

HET DEN HAAG CENTRUM VOOR STRATEGISCHE STUDIES  
EN TNO



**TNO**

STRATEGY  
CHANGE

Het TNO en HCSS programma STRATEGY & CHANGE analyseert mondiale trends die onze veiligheid, welvaart en welzijn onder druk zetten.

Een samenhangende visie op de toekomst is noodzakelijk. Versterking van het innovatievermogen om te anticiperen op nieuwe uitdagingen is cruciaal.

STRATEGY & CHANGE helpt de agenda en de prioriteiten van en voor Nederland te bepalen.

# INHOUDSOPGAVE

<b>MANAGEMENT SAMENVATTING</b>	<b>7</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>15</b>
1.1 Wat verstaan we onder een bio-based economie?	16
1.2 Waarom een bio-based economie?	19
1.3 What's new?	20
1.4 Is er voldoende biomassa beschikbaar?	22
<b>2 TRENDANALYSE</b>	<b>29</b>
2.1 Systeemtrends volgens DESTEP	29
2.2 Demografische trends	31
2.3 Economische trends	36
2.4 Sociaal/maatschappelijke trends	46
2.5 Technologische trends	51
2.6 Trends op het gebied van ecologie/milieu/klimaat	69
2.7 Trends in politiek en beleid	73
<b>3 INNOVATIESYSTEMEN</b>	<b>79</b>
3.1 Innovatiesysteemanalyse	79
3.2 Meerdere innovatiesystemen in ontwikkeling	81
3.3 Warmte en elektriciteit uit biomassa	85
3.4 Biobrandstoffen	90
3.5 Biochemicaliën voor de bulkchemie	94
3.6 Performance materialen	99
3.7 Baanbrekende innovaties voor de lange termijn	103
<b>4 ONDERWEG NAAR DE BIO-BASED ECONOMIE</b>	<b>109</b>
4.1 Robuuste trends	110
4.2 Belang van de Europese thuismarkt	111
4.3 Consumenten en stakeholders	113
4.4 Het Nederlandse innovatielandschap	115
4.5 Een handelingsperspectief op hoofdlijnen	119
<b>BIJLAGE: GERAADPLEEGDE LITERATUUR</b>	<b>123</b>

# MANAGEMENT SAMENVATTING

In een *bio-based* economie worden plantaardige en dierlijke grondstoffen en reststromen op grote schaal gebruikt, niet alleen als voeding voor mens en dier, maar ook voor sectoren als de chemie, de bouw, de gezondheidszorg en de energievoorziening. Zij vormen een vervanger van de dominante grondstoffen in de huidige *fossil-based* economie: aardolie, aardgas en kolen. De opkomst van groene grondstoffen in onze economie kondigt daarmee tevens het einde van een tijdperk aan.

## NOODZAAK EN KANS

De voordelen van een bio-based economie zijn de afgelopen jaren veelvuldig benadrukt. De ontwikkeling van een bio-based economie biedt belangrijke kansen voor economie en werkgelegenheid in ons land. Het Nederlandse bedrijfsleven kan in een bio-based economie zijn sterke kennispositie op het gebied van chemie, agrofood en life science omzetten in een krachtige internationale concurrentiepositie. Ook in rurale economieën in Afrika en Latijns-Amerika zou de bio-based economie nieuwe werkgelegenheid kunnen opleveren en een stabiele basis kunnen leggen voor economische groei. Voorts wordt de voorzieningszekerheid van vitale grondstoffen vergroot en de economische afhankelijkheid van aardolieproducerende landen verminderd. Een bio-based economie zou tenslotte bijdragen aan een klimaatneutrale kringlooeconomie waarin geen sprake meer is van afval en emissies die de milieukwaliteit aantasten. Voorwaarde is wel dat het grootschalige gebruik van plantaardige grondstofstromen niet leidt tot irreversibele schade aan ecosystemen en verlies aan soorten- diversiteit.

## EEN MAATSCHAPPELIJKE TRANSITIE

Ook al biedt de bio-based economie grote kansen voor duurzame economische ontwikkeling in Nederland en in Europa, succes is niet gegarandeerd. Voordat de kansen zijn verzilverd in groene business zijn nog veel keuzen te maken en belemmeringen te overwinnen.

Om een bio-based economie te realiseren is het allereerst nodig dat nieuwe technologieën worden ontwikkeld voor de teelt, productie, bewerking en conversie van groene grondstoffen. Naast doorbraken in sleuteltechnologieën voor genetische modificatie en industriële katalyse, is pionierswerk te verrichten aan een breed scala conversie-technologieën die plantaardige en dierlijke producten omzetten in tussen- en eindproducten.

Maar dat is niet de enige uitdaging. Vier economische sectoren komen in de bio-based economie namelijk bij elkaar: agrofood, chemie, energie en logistiek. Elk van deze sectoren heeft een eigen marktdynamiek, eigen formele en informele netwerken, een eigen cultuur, set van regels en tradities. De realisatie van een bio-based economie vereist een sectoroverstijgende systeeminnovatie waarin nieuwe waardeketens worden ontwikkeld. Ketens die idealiter niet alleen technisch realiseerbaar zijn, maar ook in economisch, ecologisch en sociaal opzicht voordelig zijn ten opzichte van de huidige op fossiele grondstoffen gebaseerde ketens. Binnen deze nieuwe waardeketens zullen toeleveranciers, producenten en eindgebruikers met elkaar nieuwe regels en tradities moeten opbouwen en nieuwe markten moeten ontwikkelen. In de kern gaat het hier om een maatschappelijke transitie die alle betrokken partijen confronteert met nieuwe kansen en nieuwe onzekerheden.

### **ROBUUSTE TRENDS EN VITALE INNOVATIESYSTEMEN**

Om een scherper zicht te krijgen op de kansen en belemmeringen voor de transitie naar een bio-based economie in Nederland en Europa, hebben TNO en het Den Haag Centrum voor Strategische Studies (HCSS) een systeemverkenning uitgevoerd. Deze verkenning vertrekt vanuit trends en ontwikkelingen in de wereld en kijkt vervolgens naar de consequenties voor Europa en Nederland. Dit 'van buiten naar binnen' perspectief contrasteert met veel andere analyses die doorgaans vertrekken vanuit de kansen voor bio-based processen en producten en vooral ingaan op de 'gewenste' maatschappelijke context. Gekeken is enerzijds naar globale maatschappelijke trends en anderzijds naar specifieke sleutelactiviteiten binnen het Nederlandse innovatiesysteem. De verkenning gaat met deze benadering niet alleen in op de mondiale en Europese context, maar analyseert ook op systematische wijze de sterkten en zwakten binnen het Nederlandse innovatiesysteem.

De trendanalyse laat zien dat een groot aantal trends en ontwikkelingen direct of indirect de ontwikkeling van de bio-based economie beïnvloedt. Een belangrijk deel van die trends is de komende jaren robuust: de groei van de wereldbevolking, een wereldwijde toename van de vraag naar grondstoffen, energie, voedsel en water, toenemende aandacht voor grondstofefficiëntie, recycling van reststromen en materiaalketenbeheer bij bedrijven, stijgend milieubewustzijn van consumenten. Deze robuuste trends bieden duidelijke kansen voor de ontwikkeling van een economie gebaseerd op vernieuwbare grondstoffen. Maar zonder aanvullende prikkels zijn deze trends onvoldoende krachtig om de bio-based economie aan te kunnen jagen en breed te kunnen uitrollen.

#### **EUROPA DREIGT OP ACHTERSTAND TE KOMEN**

In geopolitiek opzicht zal de relatieve machtsverschuiving naar opkomende economieën in Oost- en Zuidoost Azië de komende decennia verder doorzetten. Deze opkomende economieën fungeren nu al als een magneet voor westerse investeringen. Toonaangevende westerse bedrijven zullen de komende jaren hun investeringen in de productiecapaciteit én de R&D-capaciteit van onder meer China en India verder versterken.

In Nederland en Europa blijven de uitgaven aan R&D de komende jaren relatief achter, zeker in het MKB. Europa dreigt op achterstand te komen wanneer de opkomende economieën fors gaan investeren in de chemie en life sciences en andere gebieden die vitaal zijn voor de ontwikkeling van een bio-based economie. Daar komt bij een sterke maatschappelijke weerstand in Europa en Nederland tegen een van de sleuteltechnologieën voor de bio-based economie, genetische modificatie van gewassen. Europese regelgeving op dit gebied is in vergelijking met bijvoorbeeld de Verenigde Staten en China, zeer restrictief. Bovendien hebben overheden en bedrijven te maken met onzekerheden die tot verlamming kunnen leiden. Zolang bijvoorbeeld onvoldoende duidelijk is welke waardeketens haalbaar en kansrijk zijn is het voor bedrijven niet eenvoudig goede investeringsbeslissingen te nemen. En zolang de overheid nog onvoldoende helder heeft over welke voorwaarden de kansen van een bio-based economie te verzilveren en de eventuele risico's te beperken zijn, is het verleidelijk nog even af te wachten. Met als risico dat kansrijke toekomstperspectieven te laat worden vertaald in duurzame business.



### EEN GELIJK SPEELVELD EN EEN OPEN, MULTILATERALE HANDEL

Europa en Nederland zijn voor hun grondstoffen in hoge mate afhankelijk van import en bovendien op zoek naar nieuwe afzetmarkten voor hoogwaardige producten en technologieën. Een belangrijke voorwaardenscheppende factor voor de totstandkoming van de bio-based economie in Nederland en Europa is een gelijk speelveld van groene grondstoffen ten opzichte van fossiele grondstoffen, gesteund door open multilaterale handel. De economische kracht van de Nederlandse sectoren chemie, agrofood en logistiek berust traditioneel op een gunstige ligging, met goede doorvoerroutes naar het achterland, daardoor goedkope importen en een sterke exportpositie. Ook de agrosector heeft van oudsher een sterke positie in ons land, gesteund door een sterke publieke R&D en goede samenwerking met de agrofood-industrie. Deze al bestaande internationale verbindingen en sterktes kunnen met de transitie naar een bio-based economie effectief worden ingezet.

De toekomst zal moeten uitwijzen of afspraken over internationale handel nog via WTO-kaders tot stand kunnen komen. De komende jaren is een sterke toename te voorzien van het aantal bilaterale handelsakkoorden en de vorming van regionale handelsblokken. Het gevaar van deze laatste ontwikkeling is een afnemende transparantie van prijs, kwaliteitsborging en andere handelsvoorwaarden. Die transparantie is echter kritisch voor de opkomende handel in bio-based commodities, zoals biodiesel en bio-ethanol. Zeker wanneer WTO-GATT geen opvolging krijgt en internationale handel binnen en tussen (regionale) handelsblokken zal gaan plaatsvinden, zijn heldere en stabiele prijs- en kwaliteitsafspraken essentieel. Ook duurzaamheidseisen aan de productie van biomassa en goede arbeidsvoorwaarden voor boeren zijn binnen deze handelsafspraken te regelen.

### EEN EUROPEES BELEIDSKADER IS NODIG

Het huidige Europese en Nederlandse beleid stimuleert de energiewinning uit biomassa, maar werpt belemmeringen op voor een hoogwaardiger benutting van biomassa. Dat geldt voor het energiebeleid en het klimaatbeleid, maar ook het landbouwbeleid, het afvalbeleid en het handelsbeleid werpen barrières op voor een grootschalige inzet van biomassa als grondstof voor o.m. farmacie, chemie en maakindustrie.

- **Nederland zou op Europees niveau krachtige ondersteuning moeten geven aan de ontwikkeling van een *nieuw, integraal beleidskader*, geba-**

seerd op een consistente meerjarenvisie op de Europese bio-based economie. Dit beleidskader dient de integratie tussen afzonderlijke beleidsdossiers (energie, klimaat, landbouw, handel, afval en grondstoffen, biodiversiteit, innovatie) te versterken en het bestaande instrumentarium zodanig te heroriënteren dat een stabiel en uitnodigend en investeringsklimaat ontstaat voor bio-based bedrijvigheid binnen Europa en Nederland.

- Belangrijk onderdeel van het instrumentarium zijn maatregelen die bijdragen aan gelijk speelveld van groene grondstoffen ten opzichte van fossiele grondstoffen. Ook bij een verder stijgende olie- en gasprijs zijn hiervoor aanvullende prijsmaatregelen (heffing of stimulans) of verplichtingen (zoals de bijmengverplichting) nodig. Bij invoering op nationaal niveau zijn dergelijke maatregelen onvoldoende effectief.

#### TRANSITIEPADEN OM LOCK IN TE VOORKOMEN

Gesteld wordt wel dat energiebenutting van biomassa de weg effent voor meer hoogwaardige benutting van groene grondstoffen. De geldigheid van dit argument moet kritisch worden gezien. Zo is het verbranden van geïmporteerde houtpellets in grootschalige centrales (AVI's en kolencentrales) oogpunt van klimaat- en energiebeleid een welkom alternatief voor de productie van warmte en elektriciteit uit fossiele bronnen, vanuit een breder perspectief is hier een belangrijke kanttekening bij te zetten. Deze conversieroute sluit namelijk goed aan bij de sterkten van grote spelers in de energie- en afvalwereld maar leidt niet tot verbreding naar andere sectoren (agro, chemie, maakindustrie). In feite dreigt een lock in-situatie: door verdere optimalisatie van volwassen technologieën wordt de energiebenutting van biomassa steeds efficiënter, maar komt een hoogwaardige benutting van biomassa niet tot ontwikkeling. Afbouw of ingrijpende aanpassing van de huidige stimulering van bijstook van geïmporteerde biomassa in grootschalige verbrandingsinstallaties is nodig om ruimte te creëren voor een innovatiesysteem dat meer toegevoegde waarde realiseert.

- Het wenkend lange termijn perspectief van een bio-based economie dient scherper te worden vertaald naar de *transitiepaden* die vanuit de huidige situatie lopen naar de bio-based economie in 2050. Deze transitiepaden dienen antwoord te geven op vragen als: waar komen de bio-grondstoffen vandaan, welke portfolio van waardeketens genereert op (middel)lange termijn additionele omzet en werkgelegenheid in ons land, welke innovatiesystemen hebben een impuls nodig om deze portfolio te

realiseren? Zo'n aangescherpte visie voor Nederland biedt een houdbare basis voor maatschappelijke afwegingen en helpt voorkomen dat het wenselijke toekomstperspectief voor het nu haalbare wordt ingewisseld.

- Een *maatschappelijke dialoog* is noodzakelijk over de keuzen en onzekerheden die zich op weg naar zo'n economie aandienen. Een geïnformeerde dialoog kan verwarring en meningsverschillen wegnemen over kwesties zoals de duurzaamheid van groene grondstoffen en de bijbehorende productiemethoden. Bovendien kan zo'n dialoog de kwaliteit van deze transitie verrijken met inzichten vanuit het specifieke gezichtspunt van consumenten, milieuorganisaties, investeerders of boeren hier en elders.

#### VIA BIOBRANDSTOFFEN NAAR GROENE BULKCHEMIE?

Onder invloed van klimaatbeleid ontwikkelt zich momenteel een sterk, cross-sectoraal innovatiesysteem tussen grote bedrijven uit de chemie, de energie- en de transportsector. Zij importeren en/of produceren biodiesel en bio-ethanol voor toepassing in de transportsector. De samenwerking die in dit innovatiesysteem tot stand is gekomen is interessant omdat verbindingen worden gelegd tussen de groene chemie en de petrochemie. Voorwaarde voor het succes van dit innovatiesysteem is - naast een gelijk speelveld t.o.v. fossiele grondstoffen - een open, multilaterale handel in groene grondstoffen. Bovendien is het noodzakelijk om een goede ecologische en sociale performance te borgen. Wanneer de biomassa-productie plaatsvindt in grootschalige monoculturen kan dit leiden tot waterschaarste en verontreiniging en uitputting van vruchtbare gronden. Ook kunnen indirecte effecten op landgebruik en biodiversiteit optreden en ongewenste gevolgen voor voedselprijzen die de verschillen tussen arm en rijk verder vergroten en tot sociale instabiliteit leiden.

De economische betekenis van dit innovatiesysteem voor ons land staat of valt met de toegevoegde waarde die Nederlandse bedrijven leveren in de conversie, en toepassing, het transport en de handel van biograndstoffen en biochemicalïën. De economische betekenis zou beperkt zijn wanneer de waardeketen uitsluitend wordt gedragen door multinationale ondernemingen, zeker wanneer deze zich op termijn zouden vestigen in die delen van Europa en de wereld waar biomassa voldoende beschikbaar en betaalbaar is.

- Een kritische analyse is nodig van de vraag óf, op welke termijn en onder welke voorwaarden de zich ontwikkelende markt voor bio-based trans-

portbrandstoffen gaat bijdragen aan de ontwikkeling van een bio-based bulkchemie met een substantiële betekenis voor Nederlandse economie en werkgelegenheid.

- Nieuwe, bio-based waardeketens moeten economische waarde toevoegen en in ecologisch en sociaal opzicht voordelig zijn ten opzichte van de huidige op fossiele grondstoffen gebaseerde ketens. Met name bij bulkstromen is het noodzakelijk om een adequate vorm van ketenmanagement te realiseren om een goede ecologische en sociale performance te borgen.

### STERKTEN HERKENNEN EN INNOVATIEKRACHT BUNDELEN

Rond biomaterialen ontwikkelt zich een veelbelovend innovatiesysteem dat wordt getrokken door bedrijven uit het MKB die specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten toepassen in functionele materialen en hoogwaardige producten. Het gaat in dit opkomende innovatiesysteem merendeels om op zichzelf staande business cases die worden ontwikkeld door individuele bedrijven, soms in samenwerking met kennisinstellingen. Dit innovatiesysteem is kwetsbaar, onder meer omdat er geen structurele samenwerking bestaat tussen bedrijven en kennisinstellingen.

- Een actief innovatiebeleid is nodig om ontwikkeling van veelbelovende innovatiesystemen rond bio-based materialen en geïntegreerde bioconversieketens in ons land substantieel te versnellen. Elementen van dit innovatiebeleid zijn: (i) *kennisplatforms* die de samenwerking tussen MKB bedrijven en kennisinstellingen structurele versterken, (ii) *tijdig signaleren van kansrijke businesscases* op basis van een systematisch overzicht van de initiatieven van kennisinstellingen en ondernemers, met aandacht voor technologische haalbaarheid, time-to-market, toegevoegde waarde en duurzaamheid, (iii) vergroting van de *experimenteeruimte* voor veelbelovende pilots en (iv) vorming van *lead markets* voor biomaterialen te bevorderen door middel van green procurement door overheden en gerichte marketing door bedrijven richting consumenten.

Het wenkend toekomstperspectief voor de lange termijn wordt gevormd door geïntegreerde bioconversieketens, waarin hoogwaardige producten voor voeding, farma en fijnchemie rechtstreeks worden gewonnen uit algen en planten, terwijl restfracties worden benut voor de productie van materialen en bulkchemicaliën en voor energiedoelinden. De stand van kennis en

technologie is echter nog jaren verwijderd van realisatie van dit toekomstperspectief. Wel spelen Nederlandse kennisinstellingen Europees een toonaangevende rol in de ontwikkeling van sleuteltechnologieën. Meer samenwerking in de kennisinfrastructuur en bundeling van onze innovatiekracht is noodzakelijk, mede gezien de sterke concurrentie van landen als de Verenigde Staten, Brazilië, China en anderen, die hun investeringen in onderzoek en technologieontwikkeling verhogen.

\* Een goede focussering van kennis- en technologieontwikkeling ten behoeve van de ontwikkeling van geïntegreerde bioconversieketens is noodzakelijk om de gebundelde innovatiekracht te richten op kennisgebieden en marktniches waarin Nederland en Europa zich op middellange termijn internationaal kunnen onderscheiden. Daarvoor is een goede internationale benchmark van Nederlandse sterkten en zwakten onmisbaar. Dit in aansluiting bij de door de Europese Commissie voorgestelde Europese Bioeconomy Observatory.

# 1 INLEIDING

De uitgangspositie van Nederland om internationaal een belangrijke rol te gaan spelen in de bio-based economie is goed. De kennispositie op belangrijke onderwerpen, zoals de conversie van plantaardig materiaal, is sterk. Ook zijn in ons land een aantal grote, innovatieve bedrijven (food, chemie, energie) gevestigd die een stuwende kracht kunnen vormen bij de realisatie van een bio-based economie. De Nederlandse havens zijn goed gepositioneerd voor invoer, verwerking en doorvoer, en deels (Zeeland, Groningen) ook voor uitvoer.

In dit inleidende hoofdstuk wordt het begrip bio-based economie gedefinieerd en in vogelvlucht een aantal factoren en dilemma's benoemd die spelen bij de ontwikkeling van een bio-based economie. Dit als introductie op de resultaten van de systeemverkenning waarvan de resultaten in de volgende hoofdstukken zijn samengevat.

## DOEL VAN DE SYSTEEMVERKENNING

Deze systeemverkenning van de bio-based economie is uitgevoerd in het kader van het programma Strategy & Change van het Haags Centrum voor Strategische Studies en TNO. Het doel van deze systeemverkenning is:

- Een helder zicht te bieden op de (mondiale) systeemrends op het gebied van handel, agro, voeding en energie en de kansen, dilemma's en bedreigingen die deze kunnen opleveren in de realisatie van een *bio-based* economie in Nederland. Hiervoor is een trendanalyse uitgevoerd, waarvan hoofdstuk de resultaten weergeeft
- De sterkten en zwakten van het Nederlandse innovatiesysteem (belangrijke spelers, netwerken en issues) te identificeren, die de komende 5 tot 10 jaar bepalend zijn voor de snelheid en richting van deze ontwikkeling. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de resultaten van de een innovatiesysteemanalyse.

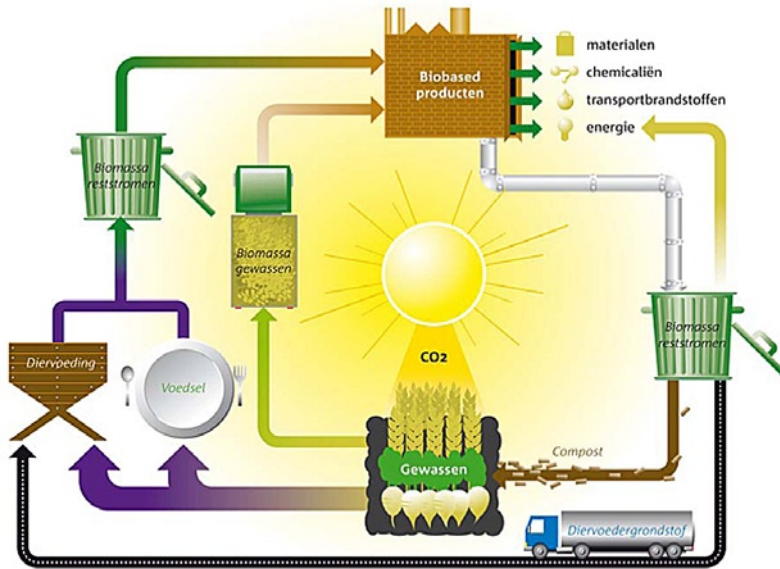
Met zicht op de trends en kennis van kritische succesfactoren beoogt deze systeemverkenning bij te dragen aan de effectiviteit van Nederlands beleid gericht op realisatie van een bio-based economie.

### 1.1 WAT VERSTAAN WE ONDER EEN BIO-BASED ECONOMIE?

Met de term bio-based economie wordt een economie aangeduid waarin plantaardige en dierlijke grondstoffen en reststromen op grote schaal worden gebruikt voor food en non-food toepassingen in een breed scala aan sectoren waaronder de chemie, agrofood, papier, bouw, logistiek, gezondheidszorg, high-tech en energievoorziening. Door inzet van nieuwe technologieën en ontwikkeling van nieuwe waardeketens worden groene grondstoffen inzetbaar voor een breed scala van functionele toepassingen en kunnen daarmee niet-vernieuwbare grondstoffen zoals aardolie, aardgas en kolen op termijn vervangen.

In de visie die aan een bio-based economie ten grondslag ligt, is biomassa de belangrijkste grondstof en fotosynthese het belangrijkste productiemechanisme voor onze mondiale samenleving. Algen, planten en bomen zetten door middel van fotosynthese zonne-energie om in suikers, vezels, eiwitten en andere plantaardige bestanddelen. Deze vormen een voedselbron voor mens en dier. In een bio-based economie worden plantaardige grondstoffen en dierlijke reststromen bovendien op grote schaal ingezet voor sectoren als de chemie, de bouw, de gezondheidszorg en de energievoorziening. Zij vormen een vervanger van de dominante grondstoffen in het huidige *fossil-based* economie: aardolie, aardgas en kolen.

Nationaal zowel als Europees is de focus tot voor kort vooral gelegd bij de productie en het gebruik van biomassa voor energiedoeleinden (bio-fuels; bio-energy). De afgelopen jaren is de productie en toepassing van bio-based chemicaliën en materialen meer in beeld gekomen. Niet onbelangrijk daarin zijn de Europese initiatieven om de bio-based economie nader op de kaart te zetten. Bio-based products is een van de zes recente *zgn. lead market initiatives* van de Europese Commissie. Maar ook nationaal zijn de nodige initiatieven ontplooid, door het Platform Groene Grondstoffen, het InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agroclusters, de Sociaal-Economische Raad, het Rathenau Instituut en de Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Bio-based economie. Ook in het Nederlandse topsectorenbeleid komt de bio-based economie nadrukkelijk aan de orde.

FIGUUR 1.1: VERBEEIDING VAN DE BIO-BASED ECONOMIE<sup>1</sup>

### Box 1. Overzicht van definities

Definitie bio-based economie (NL) -- "Onder een bio-based economie verstaan we een economie die zijn grondstoffen grotendeels betreft uit de levende natuur (biomassa, 'groene grondstoffen') als onderdeel van een groene of duurzame economie. Een hoog ontwikkelde bio-based economie gebruikt groene grondstoffen in de eerste plaats voor de productie van chemicaliën en materialen, en daarnaast voor energie. Zodanig dat de concurrentie met de voedselvoorziening wordt geminimaliseerd." (Bron: 'Naar groene chemie en groene materialen' (Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Bio-based economie, 2011, blz. 10)

<sup>1</sup> Ministerie LNV (2007) Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie. 'De keten sluiten'. Den Haag, ministerie LNV, 2007.



Definitie bioeconomy (EU) -- “The Bioeconomy refers to the sustainable production and conversion of biomass into a range of food, health, fiber and industrial products and energy. Renewable biomass encompasses any biological material (agriculture, forestry and animal-based including fish) as a product or to be used as raw material”. (White Paper European Technology Platforms, p. 4)

Beide definities, hoewel enigermate verschillend, geven een goed en omvattend inzicht in wat de bio-based economie inhoudt. Er zijn echter ook aanmerkelijk smallere definities in gebruik, waarvan de volgende een goede illustratie geven:

“In this book we define bio-based economie as the ‘technological development that leads to a significant replacement of fossil fuels by biomass in the production of pharmaceuticals, chemicals, materials, transportation fuels, electricity and heat’. This definition defines a number of changes in technologies that might differ in character, but have one thing in common: they facilitate a significant replacement of fossil energy carriers by biomass. Bio-based economie refers to technological changes that allow significant replacement of fossil fuels in a way that is beyond traditional applications.” (Langeveld, Sanders, Meeusen, ‘The bio-based economie’ , 2011, p.33)

Definitie bio-based products (EU) -- “Bio-based products refer to non-food products derived from biomass (plants, algae, crops, trees, marine organisms and biological waste from households, animals and food production). Bio-based products may range from high-value added fine chemicals such as pharmaceuticals, cosmetics, food additives, etc., to high volume materials such as general bio-polymers or chemical feedstocks [i.e. building blocks]. The concept excludes traditional bio-based products, such as pulp and paper, and wood products, and biomass as an energy source.” (European Commission, 2009, p.9).

## 1.2 WAAROM EEN BIO-BASED ECONOMY?

In de literatuur zijn diverse argumenten voor de transitie naar een bio-based economie te vinden. De vijf belangrijkste argumenten op een rij:

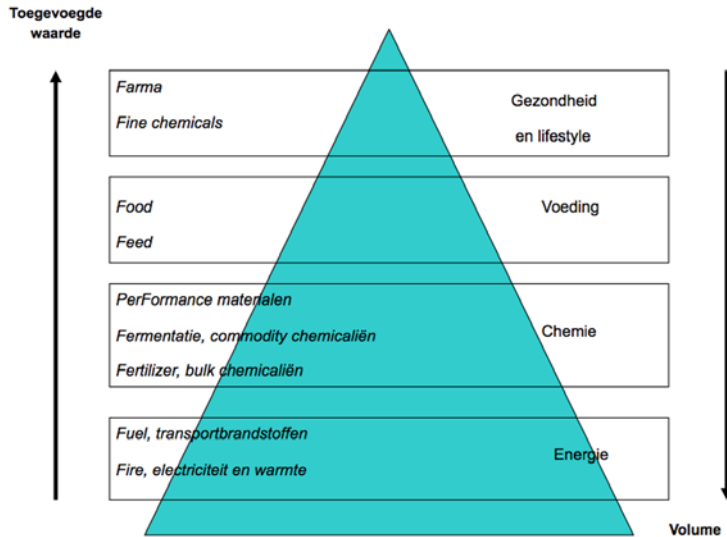
- 1 *Voorzieningszekerheid*: de exploitatie van de beschikbare voorraden fossiele grondstoffen overtreft de snelheid waarmee nieuwe voorraden worden gevonden. Dat betekent dat deze voorraden op enige termijn uitgeput raken en al lang voor die tijd zullen aardolie en aardgas in prijs stijgen. Wanneer biomassa als aanvullende c.q. vervangende grondstof wordt geïntroduceerd, versterkt dit de diversiteit van energiebronnen en daarmee de voorzieningszekerheid op middellange en lange termijn
- 2 *Onafhankelijkheid*: Nederland en Europa zijn voor de levering van fossiele grondstoffen afhankelijk van het Midden-Oosten en landen als Rusland. Dat creëert een ongewenste afhankelijkheid, zeker waar het gaat om politiek instabiele landen en om landen die grondstoffen inzetten als politiek pressiemiddel. Inzet van eigen biograndstoffen vermindert die afhankelijkheid
- 3 *Klimaatverandering*: het grootschalige gebruik van fossiele brandstoffen heeft geleid tot aantoonbare stijging van atmosferisch CO<sub>2</sub>, wat in brede wetenschappelijke kring wordt gezien als de belangrijkste reden voor een verhoging van de gemiddelde temperatuur op aarde. Biomassa is te beschouwen als een CO<sub>2</sub> neutrale grondstof: de CO<sub>2</sub>-uitstoot door gebruik van biomassa wordt gecompenseerd door de CO<sub>2</sub>-opslag bij plantengroei.
- 4 *Duurzame productie*: de groeiende vraag vanuit de samenleving naar duurzame producten en diensten vormt een vierde argument voor de transitie naar bio-based economie. In het ideale geval leidt de ontwikkeling van de bio-based economie tot het sluiten van kringlopen: er is geen sprake meer van afval en de productie is geheel CO<sub>2</sub> neutraal.
- 5 *Economische kansen*: een belangrijk argument voor de bio-based economie vormen de kansen die het biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven, dat van oudsher sterk is in de landbouw, de agrofoodindustrie en de chemie. Ook voor rurale economieën in Afrika en Latijns-Amerika kan de bio-based economie een impuls vormen, wanneer het goede, stabiele grondstofprijzen oplevert en nieuwe afzetmarkten voor agrarische producten.

Opvallend is dat vier van de vijf argumenten in de kern gaan over substitutie. De huidige *fossil-based* economie op basis van aardolie, aardgas en kolen wordt op termijn vervangen door een bio-based economie op basis van plantaardige en dierlijke producten en reststromen. In die zin is de ontwikkeling van een bio-based economie te zien als de opkomst van een nieuwe economische structuur én tevens het einde van een tijdperk

### 1.3 WHATS'NEW?

De mensheid maakt al vele eeuwen gebruik van plantaardige en dierlijke producten en reststromen. Tarwe, suikerbieten en maïs worden al lange tijd toegepast als voedingsgewas voor mens en dier en hout is al tijden de belangrijkste energiebron voor een groot deel van de wereldbevolking. Ook vinden al vele honderden jaren talloze plantaardige en dierlijke producten hun toepassing in bouw, chemie en farmacie. In de toekomstige bio-based economie is dat niet wezenlijk anders.

Nieuw aan de bio-based economie is de verbreding in non-foodtoepassingen waarvoor biomassa wordt toegepast in de chemie, bouw, mobiliteit, gezondheidszorg en energievoorziening. En die verbreding zit ook aan de grondstoffenkant: naast de tot dusver gebruikte plantaardige en dierlijke producten en reststromen worden ook nieuwe biograndstoffen ingezet, zoals grassen en algen. Die verbreding gaat hand in hand met een enorme schaalvergroting. Op dit moment vormen aardolie en aardgas de grondstof voor ruim 90% van de producten en processen in onze economie. In een bio-based economie hebben biograndstoffen de dominantie van fossiele grondstoffen over genomen.

FIGUUR 1.2: TOEPASSINGEN VAN BIOGRONDSTOFFEN DE BIO-BASED ECONOMIE<sup>2</sup>

Om een breder scala van non-food toepassingen te kunnen realiseren op basis van een breder scala van biograndstoffen is technologische vernieuwing nodig. Het gaat om vernieuwing in:

- de teelt en productie van planten en dieren
- de oogst, voorbewerking en processing van biomassa
- de raffinage en conversie van biomassa tot (basis)chemicaliën en materialen
- de nuttige toepassing van deze (basis)chemicaliën en materialen in eindproducten
- de verwerking, terugwinning en hergebruik van reststromen (bijv. nutriënten, koolstof, water) die in de keten vrijkomen.

<sup>2</sup> Ministerie LNV (2007) Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie. 'De keten sluiten'. Den Haag, ministerie LNV, 2007.

Sleuteltechnologieën zijn genetische modificatie (teelt) en bioraffinage<sup>3</sup>, maar ook in andere schakels van de keten is sprake van technologische vernieuwing. Feitelijk is sprake van innovatie op ketenniveau: innovaties waarbij nieuwe productketens worden ontwikkeld. Ketens die idealiter niet alleen technisch realiseerbaar zijn, maar ook in economisch, ecologisch en sociaal opzicht voordelig zijn ten opzichte van de huidige op fossiele grondstoffen gebaseerde productketens.

De nieuwe productketens komen tot stand op het raakvlak van vier economische sectoren die elkaar in de bio-based economie nodig hebben: agrofood, chemie, energie en logistiek. Elk van deze sectoren heeft een eigen marktdynamiek, eigen formele en informele netwerken, een eigen cultuur, set van regels en tradities. Binnen de nieuwe productketens zullen toeleveranciers, producenten en consumenten met elkaar een gemeenschappelijke economie, structuur en cultuur moeten opbouwen. In die zin is de realisatie van een bio-based economie een sectoroverstijgende systeeminnovatie – veel meer dan een technologische of sectorale opgave – die beoogt de bestaande *fossil-based* economie te vervangen.

#### 1.4 IS ER VOLDOENDE BIOMASSA BESCHIKBAAR?

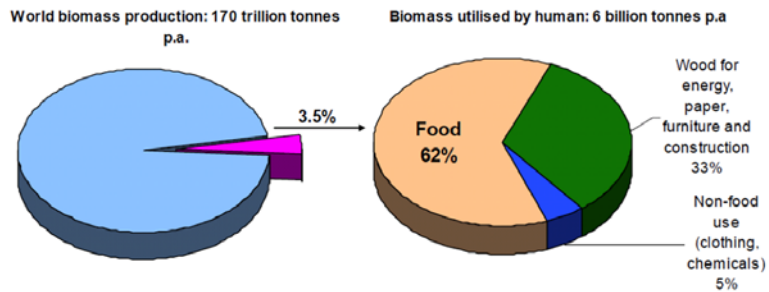
De transitie naar een *bio-based* economie zal naar verwachting zeker tot 2050 voortduren. In deze periode zal ook het aantal wereldbewoners groeien tot zo'n 9 miljard en stijgt bovendien het gemiddelde welvaartsniveau substantieel. Bevolkingsgroei en economische ontwikkeling versnellen de mondiale vraag naar groene grondstoffen en de ontwikkeling van een *bio-based* economie zal daar nog eens fors aan bijdragen. De vraag is gerechtvaardigd of er voldoende biomassa beschikbaar is om te blijven voorzien in de behoeften van de wereldbevolking.

In theorie is het antwoord op deze vraag eenvoudig en positief. De zon levert ruim voldoende energie voor de *primaire productie* van 170 biljoen ( $10^{12}$ ) ton biomassa per jaar. De mens gebruikt momenteel ca. 3,5% ofwel 6 miljoen ( $10^9$ ) ton van de mondiaal geproduceerde biomassa. Merendeels

---

3 Bioraffinage is in veel opzichten vergelijkbaar met traditionele raffinage van aardolie en omvat een groot aantal systemen voor de conversie van biomassa tot bioproducten voor een voeding, energie en chemie. Bijlage 2 geeft een overzicht van bestaande raffinage-systemen volgens IEA classificatie (2009).

wordt deze biomassa verwerkt tot voedsel (62%) of gebruikt voor de productie van energie, papier, meubilair en constructies (ca. 33%). Slechts 5% wordt gebruikt voor andere non-food toepassingen zoals kleren en chemicaliën.



FIGUUR 1.3: MONDIALE BIOMASSAPRODUCTIE EN AANDEEL MENSELIJKE CONSUMPTIE<sup>4</sup>

De mogelijkheden om de biomassaproductie verder te optimaliseren, bijvoorbeeld in droge gebieden of op weinig vruchtbare bodems, zijn nog lang niet uitgeput. Bovendien kan in een deel van de groeiende menselijke behoefte aan worden voorzien door inzet van bijproducten uit landbouw, bosbeheer of van biomassa-reststromen. In dit verband wordt onderscheid gemaakt tussen gebruik van eerste, tweede en ook wel derde generatie biomassa.

4 L. Shen, J. Haufe, M.K. Patel (2009) Product-overview and market projection of emerging bio-plastics. PRO-BIB 2009. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, University Utrecht, June 2009. Deze auteurs baseren zich op een studie van J.Thoen en R. Busch (2006) Industrial chemicals from biomass. In: Kamm, B., P.R. Gruber en M. Kamm (eds) Biorefineries - industrial processes and products: Status Quo and Future Directions. Volume 2. Wiley-VCH. Wennheim (Duitsland) 13: 978-3-527-31027-2

**Eerste, tweede en derde generatie biomassa**

In de literatuur wordt veelal onderscheid gemaakt tussen verschillende generaties biobrandstoffen. Biobrandstoffen van de eerste generatie zijn gebaseerd op suikers, zetmeel, plantaardige olie of dierlijke vetten, die met conventionele chemische processen of vergisting worden geproduceerd uit voedselgewassen zoals maïs, koolzaad, soja, suikerbiet, suikerriet en graan.

Biobrandstoffen van de tweede generatie zijn niet aan voedsel gerelateerd. Deze worden gemaakt uit planten die hiervoor geteeld worden (zoals wilgen) of uit oneetbare gedeelten van voedselgewassen (zoals stro), vruchten van niet voor consumptie geschikte planten (zoals *Jathropa curcas*), maar ook van bermgras en houtsnippers, dierlijk vet, gebruikt frituurvet en GFT-afval.

Diverse nieuwe ontwikkelingen worden aangeduid als 'derde generatie' biobrandstof. In Nederland wordt hieronder vaak biobrandstof uit algen en wieren verstaan.

Last but not least kan de efficiëntie waarmee gewassen worden omgezet in diverse producten substantieel worden verhoogd. Gezaghebbende studies bepleiten in dit verband een vergaande cascadering in groene grondstofketens.

**Cascadering**

In de overheidsvisie op de bio-based economy<sup>1</sup> wordt gepleit voor een meervoudige inzet van groene grondstoffen door 'cascadering'. Hierbij worden hoogwaardige ingrediënten (bijv. enzymen, eiwitten) ingezet voor hoogwaardige toepassingen (bijv. in farmacie en fijnchemie), terwijl andere componenten worden omgezet tot bruikbare basisgrondstoffen (bijv. voor bulkchemie en bouw), terwijl de restfracties worden omgezet tot biodiesel of verbrand met terugwinning van energie.

De theorie is dus bijzonder hoopgevend. In de praktijk is de vraag naar beschikbaarheid van biomassa echter veel minder eenvoudig te beant-

woorden. Een groot aantal factoren heeft namelijk een nadelige invloed op de *productiviteit* en de *beschikbaarheid* van biomassa voor non-food toepassingen.

## PRODUCTIVITEIT

De literatuur noemt een breed scala van factoren die de *productiviteit* van de primaire productie belemmeren. Vijf factoren die veel worden genoemd:

- *Natuurrampen en klimaatverandering*: oogsten kunnen mislukken door extreme neerslag of droogte, door overstromingen, erosie, vulkaanuitbarstingen en andere natuurverschijnselen.
- *Menselijke rampen*: oorlogen en wanbeleid in falende staten zijn een belangrijke oorzaak voor terugvallende productie en export van landbouwgewassen.
- *Armoede*: biomassa is de belangrijke bron van voeding en energie voor arme bevolkingsgroepen en in grote delen van de wereld leidt armoede tot uitputting van natuurlijke hulpbronnen.
- *Fysieke omstandigheden*: de productiviteit van gewassen is deels genetisch bepaald en hangt deels samen met factoren als temperatuur, water, zonlicht en bodemvruchtbaarheid en met de aanwezigheid van plantenziekten en verontreiniging van bodem of water.
- *Areaal voor land- en bosbouw*: in westerse landen hebben natuurbescherming en stedelijke ontwikkeling ertoe geleid dat landbouwareaal is omgezet in natuurterreinen en in bouwgrond voor woningen en bedrijven. Recent komt daarbij dat landbouwgebieden uit productie worden gehaald t.g.v. vergrijzing en regionale bevolkingskrimp.

De geschiedenis van de laatste decennia leert dat op diverse continenten met inzet van moderne technieken al spectaculaire sprongen in productiviteit zijn gerealiseerd, ook onder relatief ongunstige fysieke omstandigheden. In vergelijking daarmee is het nadelige effect van eventueel areaalverlies verwaarloosbaar. Bovendien zien we in veel ontwikkelingslanden juist een stijgende trend in het landbouwareaal. Natuurrampen kunnen weliswaar een ontwrichtend effect hebben, maar de nadelige effecten daarvan zijn meestal tijdelijk en regionaal. Structureel zijn wel de nadelige effecten van oorlog, wanbeleid en armoede.



## BESCHIKBAARHEID

De *beschikbaarheid* van biomassa voor non-food toepassingen wordt door een veelheid van factoren beïnvloed. Opnieuw vijf veel genoemde factoren:

- *Gebrek aan infrastructuur*: in veel niet-westerse landen is de transportinfrastructuur beperkt ontwikkeld. Veelal is de markt voor agrarische producten daar lokaal georganiseerd. In westerse landen is de fysieke infrastructuur veelal op orde, maar staat de organisatorische structuur voor een betrouwbare levering van biomassa nog in de kinderschoenen.
- *Marktwerking*: de markt voor agrarische producten is in hoge mate gereguleerd door overheden die de eigen landbouw willen beschermen tegen prijsconcurrentie. Tegelijkertijd hebben speculanten zich toegang verschafte tot de termijnmarkt voor de belangrijkste landbouwgewassen, ten koste van de relatieve stabiliteit van deze markt.
- *Prijsontwikkeling*: de prijsstelling is van grote invloed op de beschikbaarheid van biomassa. Zo leert de ervaring dat Europees stimuleringsbeleid voor bio-energie een grote reststroom GFT en hout naar afvalverbrandingsinstallaties 'zuigt', waardoor deze niet meer beschikbaar is voor andere non-food toepassingen.
- *Technologische beperkingen*: in de keten van biograndstof tot bioproduct vormen raffinage en conversietechnologieën een cruciale schakel. Technologieontwikkeling op dit gebied neemt een grote vlucht en een aantal kansrijke ketens zijn al geïdentificeerd<sup>5</sup>, maar ook zijn er nog talloze beperkingen te overwinnen.
- *Gebrek aan maatschappelijke acceptatie*: niet alle biomassa wordt vanzelfsprekend geaccepteerd als brandstof of grondstof. Met name de toepassing van dierlijke reststromen uit de intensieve veehouderij (denk aan kippenmest) ontmoet verzet. Diverse lokale actiegroepen hebben zich verzet tegen energiewinning uit dierlijke reststromen omdat zij dit beschouwen als legitimatie van een industrietak die ze afwijzen.

## DUURZAAMHEID

Grootschalige toepassing van biomassa voor non-food toepassingen levert de samenleving ook een aantal nieuwe dilemma's op. Zo leert de ervaring

---

5 C.Enzing, J. van Groenesteijn, M. van Dongen (2008) *Bio-based economie - Verkenning van kansrijke gebieden voor Nederland*. Delft: TNO, Innotact Consulting b.v.

met energie uit biomassa dat grootschalige teelt van energiegewassen tot indirecte effecten kan leiden die klimaatverandering juist bevorderen. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer bossen worden gekapt om nieuwe teeltgronden in gebruik te nemen (ook wel ILUC-effect genoemd). Ook aan de grootschalige benutting van gewassen die niet speciaal worden geteeld kunnen bezwaren kleven. Zo laat het voorbeeld van palmolie zien uit tropische bossen zien dat de natuurlijke biodiversiteit kan leiden onder grootschalige exploitatie en de daarmee verbonden verstoring van kwetsbare ecosystemen. In de praktijk blijkt bovendien dat ketens voor energiewinning uit biomassa nog niet altijd beter scoren dan de fossiele ketens die ze zouden moeten vervangen.

Naast deze ecologische dilemma's zijn er ook in andere opzichten nog forse stappen te zetten. Zo kan grootschalige inzet van maïs, granen en andere voedingsgewassen voor non-food toepassingen leiden tot extra druk op voedselproductie en voedselprijzen. Daarnaast kan biomassateelt gepaard gaan met sociale problemen, bijvoorbeeld wanneer op plantages slechte arbeidsomstandigheden bestaan. Ook blijkt de toenemende druk op landbouwgronden te leiden tot ingebruikname van gronden zonder toestemming van de oorspronkelijke gebruikers<sup>6</sup>.

Om deze en vergelijkbare dilemma's rond grootschalige benutting van biomassa aan te pakken zijn in ons land duurzaamheidcriteria geformuleerd en wordt ook internationaal gewerkt aan criteria die nadelige ecologische en sociale effecten moeten voorkomen. Er wordt veel werk verzet om te komen tot eenduidige certificering, maar op dit moment ontbreekt een certificeringssysteem dat is geratificeerd door de EU en lidstaten.

---

6 M.P. van Veen, M.E. Sanders, A. Tekelenburg, A.L. Gerritsen, A. Lörzig en Th. van den Brink (2010) *Breaking Boundaries for Biodiversity. Expanding the policy agenda to halt biodiversity loss*. Bilthoven, Planbureau voor de Leefomgeving.

## 2 TRENDANALYSE

### 2.1 SYSTEEMTRENDS VOLGENS DESTEP

Bij de beschrijving en analyse van de systeemrends wordt een DESTEP-benadering gevolgd waarbij systematisch de voor de *bio-based* economie relevante trends op demografisch (D), economisch (E), sociaal (S), technologisch (T), ecologisch (E) en politiek/beleid (P) gebied in beeld worden gebracht. Dit gebeurt op mondiaal, Europees en Nederlands niveau. Het is van belang onderscheid te maken tussen de exogene niet-beïnvloedbare mondiale trends en Europese ontwikkelingen ('semi-exogeen'). Daarnaast wordt een onderscheid gemaakt tussen trends die op korte termijn (0-5 jaar vanaf nu), de middellange termijn (tot 2020) en de lange termijn (2050) spelen.

Gezien de veelheid en complexiteit van onderwerpen die met de transitie naar de bio-based economie verband houden, wordt zoveel mogelijk een op het waardeketenbegripgebaseerd onderscheid gehanteerd. Kanttekening hierbij is dat hier niet gaat om de ontwikkeling van een enkele waardeketen, maar veel meer om de combinatie, inclusief vervlechting, van verschillende waardenketens. We maken voor de trendanalyse onderscheid naar groene grondstoffen producerende, verzamelende en toeleverende sectoren (biomassa en reststromen), producenten van bio-based chemicaliën, materialen en brandstoffen/energie (verder aangeduid als 'core bio-based'), en afnemende sectoren van bio-based producten. Tot deze afnemers kunnen onder meer de fijnchemie, agrofood, papier, bouw, gezondheidszorg, high-tech, logistiek en energiesector gerekend worden. *Upstream* in de waardeketens bevinden zich de bedrijven die biomassa en reststromen produceren, verzamelen en toeleveren aan de 'bio-based core': bedrijven die zorgen voor de omzetting in bio-based producten. *Downstream* vinden we de afnemende bedrijfstakken (*end users of intermediate or final products*). De variëteit in mogelijke toepassingen en daarmee in potentiële afnemers is groot. Eenzelfde diversiteit vinden we

*upstream*. In het identificeren en nader benoemen van individuele waardeketens, van inputs tot eindproduct, en daarmee samenhangende concrete business cases ligt dan ook nog een forse uitdaging.

Bij de identificatie van de systeemtrends wordt zowel de toeleverende (upstream) als de afnemende (downstream) dimensie in beschouwing genomen, met inbegrip van de relevante systeemtrends op het gebied van logistiek en handel. De beschrijving en analyse van de systeemtrends richt zich dan in principe ook op:

- (i) productie, handel en logistiek van biomassa en reststromen
- (ii) productie, handel en logistiek van bio-based chemicaliën, materialen en energie
- (iii) productie, handel en logistiek van belangrijke afnemende *downstream* sectoren:
  - agrofood
  - papier
  - fijnchemie
  - bouw
  - logistiek/mobiliteit
  - gezondheidszorg/farma
  - high-tech, en
  - energievoorziening.

De focus in het benoemen en analyseren van de systeemtrends in deze bijdrage ligt vooral op de onderdelen (i) en (ii), waarbij (iii) globaal en vooral richtinggevend wordt gehanteerd bij (ii). In de implicaties van de systeemtrends zal onderdeel (iii) echter nadrukkelijker in beeld komen.

De systeemtrends laten zich vertalen naar specifieke drivers en randvoorwaarden voor verschillende delen en segmenten in de waardeketen. De kansen, dilemma's en bedreigingen die daaruit voortkomen worden in de innovatiesysteemanalyse nader benoemd. Mondiale systeemtrends zijn daarbij belangrijke aangrijpingspunten voor mogelijke kansen of bedreigingen, maar zijn dat niet exclusief. Immers, kansen en bedreigingen kunnen ook voortkomen uit deze wijze waarop de markt georganiseerd is (marktordening/concurrentie), de manier waarop de overheid daarop ingrijpt (regulering; subsidie-, fiscaal en ander incentivebeleid) en de inzet en wijze

waarop R&D, kennisoverdracht en innovatie binnen de sector plaatsvindt (samenwerking, snelheid van handelen, ondernemerschap). De transitie naar een bio-based economie vraagt daarmee om veranderingen op macro- en mesoniveau, zonder het microniveau (actoren, d.w.z. bedrijven) uit het oog te verliezen. In het identificeren en optuigen van nieuwe bio-based waardeketens zijn twee observaties van belang: 1) de inzet van groene grondstoffen voor nieuwe bio-based toepassingen heeft voor elk van de betrokken actoren een verschillende betekenis die veelal bepaald wordt door de huidige (markt-)context en bestaande incentives (padafhankelijkheid), 2) de zwakste schakel in de keten is bepalend voor de uiteindelijke sterkte en concurrentiekracht van de totale keten.

De uitdaging van de bio-based economie ligt onder meer in het identificeren en op- en uitbouwen van nieuwe waardeketens waarin bio-based chemicaliën, materialen en brandstoffen/energie worden gebruikt en verder worden getransformeerd in goederen en diensten. In de transitie spelen de gebruikers (afnemende bedrijven en consumenten) dan ook een sleutelrol.

## 2.2 DEMOGRAFISCHE TRENDS

### GROEI WERELDBEVOLKING, MAAR VERGRIJZING IN EUROPA

Op mondiaal en Europees niveau vinden demografisch gezien tegengestelde ontwikkelingen plaats. Waar wereldwijd de bevolking groeit tot 8,3 miljard mensen in 2030 en 9 miljard in 2050, vindt in Europa de komende decennia krimp en vergrijzing van de bevolking plaats. Deze trend heeft belangrijke gevolgen voor de ontwikkeling van de arbeidsmarkt (minder vergroening, langer doorwerkende ouderen), van inkomens (onder invloed van een toenemende dependency ratio, zie ook E-Economie), maar ook voor de groei van bepaalde sectoren waaronder de gezondheidszorg. De toenemende vergrijzing heeft ook gevolgen voor de samenstelling van huishoudens (meer eenpersoonshuishoudens, grotere diversificatie) en de consumentenvraag, bijvoorbeeld in de vraag naar woningen, toerisme, voedsel en zorg. Vergrijzing impliceert verminderde vergroening; deze ontwikkeling kan effect hebben op het aantal trendsetters en early adopters onder consumenten in Europa en Nederland.

Nagenoeg de gehele (97%) groei van de wereldbevolking vindt naar verwachting plaats in de (huidige) ontwikkelingslanden. Het nationaal

inkomen in ontwikkelingslanden stijgt daarbij bovendien naar verwachting twee keer zo snel als in de (huidige) rijke landen (4,6 % per jaar tegenover 2,3% per jaar in de OECD-landen). Als gevolg van de bevolkingsgroei zal de verstedelijking in ontwikkelingslanden verder toenemen. In de BRIC-landen China, Brazilië en India, maar ook in Indonesië, Maleisië en Latijns-Amerika, zet de groei van een koopkrachtige middenklasse door.

Meer mensen met een stijgende levensverwachting en een toename van de gemiddelde levensstandaard in vooral de opkomende economieën betekenen een toenemende vraag naar goederen en diensten wereldwijd (meer consumptie) en een verdere toename van de vraag naar grondstoffen, energie en water. Toenemende schaarste, van bijvoorbeeld de *non-renewables* olie en gas, maar ook fosfaat en drinkwater, zullen leiden tot hogere prijzen. Deze 'nieuwe' schaarste heeft bovendien een (geo)politieke dimensie (zie ook de onderdelen Economie en Politiek).

### **TOENEMENDE VRAAG NAAR BIO-BASED PRODUCTEN...**

De geschetste dominante trends in bevolkings- en inkomensgroei en vraag naar goederen en diensten wijzen alle in de richting van en op het belang van een verdere ontwikkeling van de bioeconomie. Als daarbij bovendien de sterke opkomst van de kenniseconomie wereldwijd wordt betrokken, met een snelle toename van investeringen in onderwijs, onderzoek en ontwikkeling en opleidingsniveau's in opkomende economieën als China en India, dan lijkt deze ontwikkeling zich mondiaal te voltrekken. De voornaamste markten voor bio-based, in primaire productie (landbouw, bosbouw en visserij) en industrie, bevinden zich naar verwachting op de langere termijn voor een groot deel in ontwikkelingslanden. Dit geldt voor bevolkingsomvang en vraag, maar ook voor het aanbod (productie) van bio-based producten. Ook de rijke landen zijn en blijven een interessante markt; deze zal zich in termen van vraag verder diversifiëren en stelt bovendien hoge eisen in termen van kwaliteit (veeleisend) (zie ook E-Economie).

### **...MAAR OOK IMPACT VAN BEVOLKINGSGROEI EN VERGRIJZING OP DE ARBEIDSMARKT**

Maar niet alleen aan de afzetkant hebben demografische ontwikkelingen invloed op de bio-based economie. Door de vergrijzing in Europa - pensionering van babyboomers en geringere instroom van nieuwe arbeids-

krachten - wordt de concurrentie om arbeid en talent forser. Dit geldt met name ook voor het segment bèta- en technisch geschoolden. De chemische- en energiesector, al dan niet bio-based, krijgen dan ook naar verwachting te maken met een tekort aan gekwalificeerd personeel. Bovendien stelt de opkomst van de bio-based *economie* andere eisen aan het arbeidsaanbod waarbij nieuwe vaardigheden en kennis centraal staan (chemisch technoloog/ingenieur met een bio-based profiel; supply chain manager bio-based).

### VERSCHUIVINGEN IN CONSUMPTIEPATRONEN

**Voedsel.** Met de toename van de mondiale welvaart veranderen de bestedingspatronen van huishoudens, zowel in rijke landen (meer convenience foods; gezond, biologisch; overconsumptie) als in ontwikkelingslanden (meer vlees, vis en zuivel). Door de toename in wereldbevolking en welvaart zal de vraag naar voedsel tot 2050 naar schatting met ongeveer 65% toenemen. Vooral de toename van de vraag naar vlees, (kweek-)vis en zuivel vragen om meer productie en om inzet van meer (landbouw)grond. Er zal gezocht moeten worden naar manieren om duurzaam aan deze vraag te kunnen voldoen. De productie en consumptie van voedsel levert reststromen op die als biomassa ten nutte kunnen worden gemaakt voor bio-based toepassingen. Logistiek en transport (*from farm to fork*) leggen echter een verdere druk op het systeem. Waar food en non-food om grond concurreren, loopt de relatieve schaarste, en daarmee de prijs van grondgebruik, op. Overigens is de ontwikkeling van de bio-based economy niet louter een bedreiging voor de voedselproductie. Optimaal gebruik van biomassa in de bio-based economy kan eiwitstromen opleveren die gebruikt kunnen worden in de voedselketen. Andersom kunnen reststromen uit de voedselketen gebruikt worden voor de bio-based economy.

Technologisch zou het volgens berekeningen mogelijk moeten zijn om genoeg voedsel te produceren voor 10 miljard mensen (Evans, 1998). Maar om dit duurzaam te doen en geen extra milieubelasting en uitputting van grondstofvoorraden en nutriënten te creëren, dat is een grote uitdaging (Tilman et al., 2002). Op dit moment gebruikt de productie van voedsel 75% van al het beschikbare zoete water en 35% van het wereldwijde beschikbare land (Smil, 2002a: 239). Daarbij komt dat is gebleken dat als het welvaartspeil stijgt, mensen meer vlees gaan eten. Dit betekent weer een extra druk op het milieu aangezien de vleesproductie een disproporti-

onele milieubelasting met zich meebrengt. De milieubelasting van voedselproductie is sterk gekoppeld aan de eetpatronen van mensen (Dornburg, Faaij, Verweij et al, 2008: 38). Daarnaast is er sprake van een toename van de vraag naar voedingsmiddelen voor speciale doelgroepen. Dit geldt onder meer voor ouderen en met name ook voor het segment *functional* en *novel foods*. Overigens is er naast een stijging van inkomens ook sprake van een stijging van de voedselprijzen onder invloed van toenemende schaarste, mede gevoed door speculatie. Prijsstijgingen hebben een omgekeerd effect en maken dat de eetpatronen veranderen, met name in ontwikkelingslanden. Mensen versoberen hun dieet en eten bijvoorbeeld minder vlees (NRC Next, 'Voedselprijzen stijgen en ons eetgedrag verandert', 20 juni 2011, p.3).

*Gezondheidszorg.* De verwachte toename van het aantal ouderen, in de rijke (OECD-) landen maar ook in bijvoorbeeld China, heeft wereldwijd belangrijke gevolgen voor de omvang en kosten van de gezondheidszorg. Nederland gaat de komende jaren in verdubbeld tempo vergrijzen. In 2040 zal het aantal ouderen zijn opgelopen tot 4,6 miljoen, ten opzichte van 2,6 miljoen nu. Parallel hieraan wordt verwacht dat de beroepsbevolking met zo'n 8% daalt.

De voortschrijdende vergrijzing zal onder meer leiden tot een groei in vraag naar gezondheidsbevorderende producten en medicijnen. Ook de kosten van langdurige zorg - waarvan ongeveer de helft naar mensen gaat van meer dan tachtig jaar - zullen voor de OECD als geheel naar verwachting meer dan verdubbelen tot 2050 (OECD, 2011). Momenteel wordt aan langdurige zorg (*long-term care*) gemiddeld ongeveer 1,5% van het BNP uitgegeven. Nederland en Zweden zijn echter koplopers, met respectievelijk 3,6% en 3,5%. Door de vergrijzing neemt de vraag naar therapieën voor chronische en neuro degenererende ziekten wereldwijd toe. Sommige daarvan zijn gebaseerd op biotechnologie. Biotechnologie kan oplossingen bieden om de kosten van onderzoek, ontwikkeling en producten in de farmacie te reduceren. Daarnaast kan biotechnologie de kosteneffectiviteit van gezondheidsbevorderende therapie verbeteren, zodat dure behandelingen bijdragen aan significante verbetering van de gezondheid en de kwaliteit van leven (OECD, 2009).



Toename van welvaart en inkomen, en de eerdere geschetste veranderingen in eetpatronen met negatieve gezondheidseffecten hebben een opwaarts effect op bestedingen in de gezondheidszorg. Zo is in de periode 1981-2009 het percentage Nederlanders met overgewicht toegenomen van 30% tot 47%. Het percentage volwassenen met ernstig overgewicht steeg van 5 tot bijna 12%. Deze toename in overgewicht en ernstig overgewicht is te zien bij alle leeftijdsgroepen en binnen alle opleidingsniveaus. Hoewel de groei van het percentage volwassenen met overgewicht lijkt af te vlakken, blijft overgewicht bij kinderen stijgen. De omvang en kosten van de gezondheidszorg nemen daarnaast ook sterk toe als gevolg van een steeds verdere groei in technologische mogelijkheden (medicijnen, prothesen en andere hulpmiddelen, medische apparatuur).

De zorguitgaven van Nederland zullen naar verwachting de komende vijf jaar met meer dan 3% per jaar stijgen, ruim boven de verwachte groei van het nationaal inkomen. Zorg moet ook worden betaald en geleverd. De verwachte verschuivingen op de arbeidsmarkt maken ook deze laatste vraag urgent. Nieuwe oplossingen (meer automatisering, vergroting van de arbeidsparticipatie en arbeidsproductiviteit) zijn nodig.

*Grondstoffen en ruimtegebruik.* Onder invloed van deze wereldwijde bevolkingsgroei en toename van de welvaart zal naar verwachting de vraag naar grondstoffen, energie, voedsel, medicijnen en andere materialen, met name in opkomende economieën (BRICs) en ontwikkelingslanden, verder toenemen. In samenhang daarmee zal tegelijkertijd zal ook grondgebruik voor landbouwdoeleinden mondiaal toenemen om een stijgende wereldbevolking te kunnen voeden. Dit kan leiden tot toenemende schaarste en dito prijzen. Bovendien zal er sprake zijn van een toename van de vraag naar ruimte/grond voor andere gebruiksfuncties dan landbouw en natuur door onder meer verstedelijking (concurrerende ruimteclaims) (zie ook E-Ecologie).

De verwachte vraagtoename biedt kansen voor bio-based producten en energie, zowel in ontwikkelingslanden als in Europa, onder regie van Europese bedrijven. Op termijn mag echter verwacht worden dat de productie van bio-based grondstoffen en producten meer en meer aangestuurd zal worden in de BRICs en ontwikkelingslanden zelf, al dan niet met actieve steun van overheden.

*Grondstoffen, reststromen en recycling.* Met de groei naar producten zal er tevens sprake zijn van een groeiende hoeveelheid reststromen (voedsel, ander afval), met name buiten Europa. Dit biedt kansen voor internationaal opererende afvalverwerkers en recyclingbedrijven en geeft, bij een effectieve en efficiënte inzameling en centralisering, kansen voor bio-based. De bio-based bulklogistiek wordt naar verwachting mondiaal, maar tegelijk ook complexer en dynamischer.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVLOEDEN?*
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Stijging wereldbevolking	X		X		Exogeen
Vergrijzing in Europa, China, Japan en toenemende <i>dependency ratio</i>	X		X		Exogeen
Vergrijzing en tekort aan gekwalificeerd personeel in Nederland	X		X		Overheid, onderwijs, voorlichting
Diversiteit in omvang en type huishouden neemt toe (in rijke landen, maar ook in opkomende economieën)	X		X		Exogeen
Toename welvaart wereldwijd en vraag naar producten en diensten, waaronder voedsel en medicijnen	X		X		Exogeen
Toename vraag naar grondstoffen, energie en water	X		X		Exogeen
Toename aanbod reststromen (afval).	X		X		Exogeen
Toename recycling wereldwijd	X		X		Recycling: overheid - beleid NL en EU

\*D.w.z. te beïnvloeden door Nederland/Nederlandse actoren. Exogeen, d.w.z. trend die niet te beïnvloeden is door Nederlandse actoren.

TABEL 2.1. SAMENVATTING DOORSLAGGEVENDE TRENDS DEMOGRAFIE

## 2.3 ECONOMISCHE TRENDS

### MACROECONOMIE, INKOMENS EN BESTEDINGEN

Na de diepe economische crisis die de wereld in 2008-09 in haar greep hield, is er sprake van een breed economisch herstel. Dit herstel is vooral in Azië snel en zichtbaar ingezet, met groeicijfers op eenzelfde niveau als

voor de crisis. Europa en Noord-Amerika volgen veel minder snel. Binnen Europa leidt Duitsland het herstel, maar zijn tevens grote problemen zichtbaar, vooral in de Europese zuidflank, met Griekenland. Portugal en Spanje, maar ook Ierland als voorbeelden van landen die op de rand van bankroet balanceren. Dit heeft vooral te maken met de onhoudbare hoogte van de overheidsschuld in deze landen. Maar ook elders - zie de bezuinigingsagenda tot 2015 in Nederland - speelt de sanering van de overheidsfinanciën, op korte (2011-13) en op middellange termijn (2015-2020). De bezuinigingen hebben een forse impact op de bestedingskracht en flexibiliteit van overheden in Europa, en daarmee ook op de (financiële) mogelijkheden nieuw beleid te entameren. Dit geldt niet alleen voor nationale overheden, maar ook voor regionale overheden en de EU.

Op de middellange en langere termijn zal de koopkracht van burgers en consumenten in Europa naar verwachting een matige reële groei doormaken in de orde van 0 tot 2-3%. In andere landen van de wereld liggen de verwachtingen anders, met jaarlijkse groeicijfers van 5 tot 9%. De groei in inkomen en vermogen in de wereld zal zich vooral concentreren in de opkomende economieën waaronder de BRIC-landen. Grote drijfkracht achter die groei is de forse groei van een koopkrachtige middenklasse in die landen. De grote groeiemarkten voor eindproducten liggen dan ook in deze landen. Dit betekent overigens niet dat de westerse wereld geen interessante marktkansen voor bio-based producten en materialen biedt. Met een omvang van 500 miljoen consumenten is Europa een grote potentiële markt met veeleisende consumenten.

Demografisch gezien voltrekken zich wereldwijd grote veranderingen, die niet alleen hun impact hebben op beschikbare *earning capacity* (banen, bedrijvigheid) en koopkracht, maar ook op bestedingspatronen en preferenties. Vergrijzing speelt een rol in Europa, maar ook in Azië (Japan, China). De zgn. afhankelijkheidsratio (*dependency ratio*) zal daarbij dramatisch oplopen. Sommige landen, zoals bijvoorbeeld Turkije en India, onttrekken zich aan deze trend en is veeleer sprake van vergroening/verjonging. De VS nemen een tussenpositie in. Deze demografische ontwikkelingen zouden kunnen leiden tot een potentieel grotere diversiteit in koopkracht en consumentenvraag. Maar het effect hiervan op de vraag naar bio-based producten en materialen laat zich moeilijk inschatten.

Daarnaast hebben deze ontwikkelingen effect op de arbeidsmarkt op de korte, middellange en langere termijn. De uitstoot van babyboomers de komende jaren en de slechts beperkte verjonging van het arbeidsaanbod betekent een toenemende concurrentie met andere sectoren, in Nederland en elders in Europa. Dit geldt vooral het aanbod van beta- en technisch personeel. De concurrentie om toptalent ('best brains') wordt wereldwijd harder; het gaat daarbij om talent in R&D&I, maar ook talent dat de complexe internationale regie van waardenetwerken in goede banen kan leiden.

De impact van de bovenstaande trends en ontwikkelingen op de bio-based economie is niet eenduidig. De sterke groei van afzetmarkten in opkomende economieën biedt duidelijke kansen voor export van bio-based materialen en producten. Daarbij dient wel beseft te worden dat ook elders de bio-based economie hoog op de agenda staat (concurrentie).

De bezuinigingen van overheden geven minder speelruimte tot financiële ondersteuning van de bio-based economie. Op het eerste gezicht lijkt dit een beperking voor positieve impulsen voor een bio-based economie vanuit de overheden. Echter, de ondersteuning van pre concurrentieel onderzoek, in Europees en nationaal PPS-verband, lijkt daarvan geen directe negatieve gevolgen te ondervinden. Bovendien leidt het groeiende besef dat de start-ups onder de bedrijven extra aandacht nodig hebben om te overleven en door te groeien tot nieuwe initiatieven voor krediet (risicokapitaal).

### INTERNATIONALE HANDEL, SCHAARSTE EN PRIJSONTWIKKELINGEN

Met de voortschrijdende globalisering en de ontwikkeling van wereldwijde waardenetwerken (*value networks*) is tevens het belang van internationale handel verder toegenomen. Tegelijkertijd zien we een grote en oplopende druk op het multilaterale handelssysteem met weinig uitzicht op een nieuw multilateraal akkoord als opvolger van de WTO-GATT. Wel zien we een sterke toename van het aantal bilaterale handelsakkoorden. China speelt in deze ontwikkeling een belangrijke rol, de rest van de Zuid-Oost- en Oost-Aziatische regio meetrekkend. Als reactie groeit ook het aantal bilaterale akkoorden in en door de westerse wereld. Het nadeel en gevaar van deze ontwikkeling is een toenemende intransparantie van handelscondities en het verder uit zicht raken van een *global level playing field*. Een ander gevolg is een verdere regionalisering van de wereldhandel, d.w.z. het

fenomeen dat handel meer en meer binnen handelsblokken dan tussen handelsblokken plaatsvindt. Meer dan voorheen worden bovendien bestaande handelspolitieke instrumenten strategisch ingezet, zoals exportrestricties op strategische grondstoffen, tijdelijke importverboden en andere maatregelen, die een vrije en gelijkwaardige wereldhandel belemmeren. Internationale valuta, zoals de dollar en de euro, nodig in het internationale handelsverkeer, blijven een instabiele factor; volatiliteit in deze sleutelvaluta blijft ook de komende jaren een factor van belang.

In de kleinschaliger markt van productie van groene grondstoffen is het ontbreken van lange termijn (leverings-)contracten een belangrijke belemmering in de totstandkoming van een volwassen markt voor groene grondstoffen. Voor de grootschalige handel in groene grondstoffen (biomassa) en bio-based materialen is verdere standaardisatie in kwaliteiten, gesteund door internationaal erkende kwaliteitskeurmerken en kwaliteitscontrole, wenselijk. Zo kan de handel de vorm aannemen van verhandelbare en internationaal geaccepteerde *commodities* zoals biodiesel en bio-ethanol.

Van zeer direct belang voor de bio-based economie is de toenemende schaarste op de internationale grondstoffenmarkten, waaronder die van brandstoffen en energie, fosfaten metalen, maar ook die van (bulk-)landbouwproducten. Deze ontwikkeling zal naar verwachting niet alleen leiden tot verdere prijsstijgingen, maar ook – net als bij de sleutelvaluta – aanleiding geven tot forse prijsfluctuaties. Deze toenemende schaarste en opwaartse prijsdruk wordt veroorzaakt door toename van de vraag met name uit de opkomende economieën bij een achterblijvend aanbod. De oplopende prijsdruk en met name de volatiliteit wordt nog eens extra gevoed door speculaties van partijen die voorheen niet op deze markten actief waren, maar die een inkomen uit het bestaan van prijsverschillen weten te genereren. Voor de ontwikkeling van de bio-based economie is vooral de verandering in relatieve prijzen tussen de *fossil-based* grondstoffen olie en gas en bio-based grondstoffen van groot belang. De prijsdifferentialie tussen beide fungeert immers als een *incentive* voor de ontwikkeling van de bio-based economie, mede gezien ook tegen het licht van eindigheid in beschikbaarheid van fossiele grondstoffen (non-renewables). Hoe hoger de olie- en gasprijs hoe groter de *incentive* voor verdere ontwikkeling van bio-based alternatieven. Dit geldt overigens ook voor de winning van moeilijker toegankelijke (winbare) voorraden van olie en gas.

### ADVERSE PRIJSPRIKKELS DOOR BELASTING- EN ANDER BELEID

Belastingen en accijnzen spelen in de verdere ontwikkeling van de bio-based economie een rol van betekenis (zie ook onder P – politiek en beleid). De huidige prijsprikkels werken echter merendeels in de verkeerde richting. Zo zet ook de Europese biobrandstofrichtlijn en de huidige subsidie op omzetting biomassa in elektriciteit de huidige ontwikkeling van bio-based chemicaliën en materialen relatief op achterstand. Maar ook de verschillende biobrandstoffen worden ongelijk behandeld. Accijnzen worden geheven op basis van liters en niet op basis van energie-inhoud of CO<sub>2</sub>-prestatie. Bovendien zijn fossiel aardgas en fossiele elektriciteit vrijgesteld van accijns voor het gebruik als transportbrandstof en alleen belast met energiebelasting. Van belang is een zo gelijk mogelijk speelveld waarbij de bestaande variëteit aan regels en regimes wordt geëvalueerd en aangepast. De Werkgroep Businessplan *Bio-based* economie (2011) pleit voor invoering van een eenduidige heffing, die andere belasting- en accijnsregelingen moet vervangen. Deze nieuwe heffing zou gebaseerd moeten worden op netto CO<sub>2</sub>-uitstoot en grondstofgebruik van de energiecomponent. Hoe lager de netto CO<sub>2</sub>-uitstoot, hoe geringer de heffingsbijdrage.

Maar niet alleen nationaal, ook Europees is er sprake van negatieve prijsprikkels, onder andere door het EU handelsbeleid dat sterk restrictief is op bepaalde importen. Zo wordt de invoer van bio-ethanol belast met een importheffing, terwijl aardolie (lees het aardolieproduct nafta) zonder importheffing de EU binnen kan komen. Dit geldt overigens voor alle fossiele grondstoffen. Zowel bio-ethanol als nafta kan gebruikt worden voor de productie van de belangrijke basischemiebouwsteen etheen; bio-ethanol is door de importheffing echter een minder aantrekkelijke optie. Ook voor andere groene grondstoffen geldt een dergelijk strikt importregime, zoals voor zetmeel en molasse waarvoor quota en importheffingen gelden binnen het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. De EU hanteert een Most Favoured Nation-tarief dat omgerekend neerkomt op een tarief van 50 procent (SER, 2010: 110). Europese marktprijzen liggen hierdoor structureel boven wereldmarktprijzen en zetten Europese chemiebedrijven op achterstand in de internationale concurrentie. Gezien het feit dat grondstofkosten 50 tot 70% van de totale productiekosten bepalen (Werkgroep Businessplan *Bio-based* economie, 2011), verdient het bestaande beleid heroverweging. Ook het Europese CO<sub>2</sub>-emissiebeleid dient hierin betrokken te worden. Immers ook dit beleid heeft in potentie gevolgen voor de

relatieve prijsverhoudingen en de concurrentiepositie van bio-based producten en materialen. De positieve prikkels die hiervan uitgaan vragen echter om verdere concretisering en uitwerking (zie verder onder P-politiek en beleid).

Handelsbeperkingen voor landen die biomassa willen exporteren zijn overigens voor een belangrijk deel technisch van aard, onder meer door bindende en vrijwillige criteria die importeurs aan biomassa stellen, die resulteren in eisen inzake productiemethoden en rapportage van duurzaamheidscriteria. Voor fossiele grond- en brandstoffen ontbreken dergelijke eisen.

Niet alleen aan de Europese buitengrenzen, maar ook binnen Europa zelf treffen we negatieve prikkels aan die de bio-based economie juist op achterstand zetten. Zo worden binnen het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) grondstoffen voor industrieel gebruik (d.w.z. biomassa) in de *direct support schemes* van boeren niet op dezelfde wijze beloond als andere (voedsel-)producten. Aanpassing van de behandeling van deze zgn. Annex 1 producten verdient bij de wijziging van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid per 2013 dan ook aandacht. Dit geldt ook voor de vorm waarin de ondersteuning plaatsvindt (nu een zgn. productierestitutie). Op het onderdeel bio-based energie is er overigens wel directe steun vanuit het GLB, middels het Energy Crop Payments programma (steun per hectare). Voor het bio-based beleid als totaal betekent dit echter een verdere vergroting van de disincenive die uitgaat op bio-based chemicaliën en materialen.

Het belang van relatieve prijzen en de impact die uitgaat van belastingen, accijnzen en importheffingen op de totstandkoming van de bio-based economie schetst tevens het belang van de politiek-strategische dimensie. De verwevenheid van politiek en economie, en de achterliggende al dan niet gevestigde belangen, maakt dat realisatie van een level playing field op Europees niveau een forse uitdaging is. Op nationaal niveau kunnen echter de nodige stappen gezet worden. Dit is van belang aangezien de positie en de kwetsbaarheid van Nederland waar het gaat om strategische grondstoffenvoorziening (olie en gas; fosfaat; metalen) richting toekomst verder lijkt toe te nemen.

### CONCURRENTIE FOOD - NON-FOOD EN INDIRECT LAND USE

Voor de prijsontwikkeling van groene grondstoffen geldt net als in andere markten dat prijzen in principe de resultante zijn van vraag en aanbod. Hoe meer areaal wordt aangewend voor de teelt van groene grondstoffen (non-food), hoe lager de prijs (ceteris paribus). Beschikbaar areaal voor groene grondstoffen kan echter ook worden aangewend voor de teelt van voedselproducten (akkerbouw, veeteelt). Zowel de vraag naar *food* als *non-food groene grondstoffen* neemt toe onder invloed van een toename van de wereldbevolking en inkomensontwikkelingen (toename koopkracht wereldwijd). Hoewel wereldwijd voldoende areaal beschikbaar is om het aanbod mee te laten groeien, zijn een aantal kritische observaties op zijn plaats. Door wereldwijde klimaatverandering worden de extremen naar verwachting groter (extreme droogte, regenval, wind, kou, hitte) en daarmee ook de kans op misoogsten. Dit betekent dat de volatiliteit in prijzen wereldwijd verder zal toenemen. In gebruikname van marginale gronden, d.w.z. gronden die voor productie van voedselgewassen minder geschikt zijn, voor de productie van groene grondstoffen (biomassa) ligt voor de hand. Het in gebruik nemen van natuur, bijvoorbeeld door het kappen van tropisch regenwoud, voor groene grondstoffen ligt in het westen maatschappelijk en politiek zeer gevoelig. Het ligt dan ook voor de hand in de productie van groene grondstoffen naar alternatieven te zoeken die deze *indirect land use* een halt kunnen toeroepen. In andere delen van de wereld geldt evenwel dikwijls een andere logica, waarin het garanderen en op de langere termijn veiligstellen van grondstoffenaanvoer een hoger belang krijgt toegewezen dan milieu- en verdelende rechtvaardighedsargumenten. 'Land grabbing' en nieuwe ontwikkelingshulpverleningen waarbij infrastructuur wordt aangelegd in ruil voor langdurige leveringscontracten voor grondstoffen, zoals de case China-Afrika leert, zijn daarbij belangrijke voorbeelden.

Voor de agrarische sector in Nederland geldt dat er sprake is van een heroriëntatie na de intensivering en schaalvergroting van de jaren ervoor. Boeren diversifiëren hun werkzaamheden, gaan over op verdere industrialisatie van hun bedrijven of kiezen juist voor kleinschalige en streekgebonden productie. Duurzaamheid (dierenwelzijn, biologische productie) speelt een steeds grotere rol. Foodbedrijven in Nederland worden nog minder afhankelijk van de Nederlandse landbouw voor de productie van hun



grondstoffen. Een groter deel van de productie van de grondstoffen zal in ontwikkelingslanden plaatsvinden. Aandachtspunt hierbij zijn de productie- en arbeidsomstandigheden en de opleiding van de boeren.

### INCENTIVES VOOR ONTWIKKELING VAN NIEUWE GENERATIE BIOGRONDSTOFFEN EN RECYCLING

Naar verwachting zullen zowel de opwaartse prijsdruk en volatiliteit op de voor bio-based relevante (biomassa-)grondstoffenmarkten op de middellange een langere termijn een belangrijke rol blijven spelen. De opwaartse prijsdruk en oplopende concurrentiedruk in de aanwending van landbouwgrond tussen voedselproducten en bio-based groene grondstoffen (spanningsveld *food* en *non-food*) vormt een belangrijke 'impliciete' incentive voor de ontwikkeling van groene grondstoffen uit nieuwe niet-traditionele biomassa-bronnen (bijvoorbeeld algen). Het belang van deze tweede-generatie groene grondstoffen wordt daarmee groter.

Eenzelfde redenering geldt ook voor het gebruik van reststromen en recycling die, in het licht van verdere prijsstijgingen van de groene grondstoffen uit de landbouw, aantrekkelijker worden. Omdat deze reststromen veelal decentraal worden geproduceerd vraagt efficiënte aanwending om een slimme en effectieve organisatie van reststromen in het *upstream* deel van het waardenetwerk (zie tevens onder T-technologie). Dit geldt overigens ook voor de (kleinschalige) productie van biomassa in Nederland. Decentrale verwerking, of verwerking in fasen (van volumineus en bulky tot kleiner en beter transporteerbare) - met minimalisatie van transportkosten - kan hierbij uitkomst bieden (zie ook T-Technologie). Verdere ontwikkeling en uitrol van deze concepten is een belangrijke voorwaarde voor verdere ontwikkeling van productie van bio-based producten.

De recycling van grondstoffen wordt bovendien steeds belangrijker in het ontwerpen van producten en voor de inzameling van producten aan het einde van hun levenscyclus. Verwerkers van reststromen positioneren zichzelf meer en meer als producent van secundaire grondstoffen in plaats als afvalverwerkers. Vanuit dit oogpunt wordt de inzameling van biomassa die vrijkomt als reststroom voor hen een interessante groeimarkt. Daarnaast zal ook de *substitutie* van non-renewables een grotere rol gaan spelen in het ontwerpen en produceren van producten.

## PRODUCTIE EN AANBOD VAN BIO-BASED CHEMICALIËN, MATERIALEN EN ENERGIE/BRANDSTOF

De chemische industrie heeft nog altijd een tamelijk afwachtende houding ten aanzien van de ontwikkeling van een bio-based chemie. Wel is het zo dat de ontwikkeling en toepassing van biotechnologie in de chemische industrie toeneemt. Nederland lijkt daarin op een aantal vlakken (biotechnologie, biokatalyse, scheidingstechnologie) voorop te lopen. Ook is er sprake van een verdere groei van bio-based samenwerkingsverbanden op Europees en mondiaal niveau bij de productie van biobrandstoffen, chemicaliën en materialen tussen de agrofood- en de chemiesector.

De productie en levering van bulkchemicaliën regionaliseert in een aantal wereldregio's: Europa, Azië, Amerika's. De sterke opkomst van de chemische sector in opkomende economieën waaronder de BRIC-landen maakt dat de productie en levering van bulkchemicaliën in Europa zich nog meer zal gaan richten op Europa zelf. Naar verwachting zal de chemische sector in Europa zich verder richten op hoogwaardige nicheproducten in plaats van op bulkproducten.

De noodzakelijke verjonging van sommige industriesectoren vormt een belangrijke kans voor bio-based productie. Dit geldt bijvoorbeeld voor de bulk- en de fijnchemie, waar de herinvesteringsvraag pregnant op tafel ligt. Tijdige omschakeling naar bio-based kan daarbij een comparatief (lees: concurrentie-)voordeel opleveren ten opzichte van concurrenten.

Een ander aanknopingspunt is mogelijk verandering in de organisatie van de chemische sector. De laatste tien jaar verschuiven westerse chemiebedrijven meer richting de consument. Bijvoorbeeld DSM die zich meer is gaan richten op fijnchemie in plaats van bulkchemie. Andere bedrijven zoals Sabiq vullen de ontstane leegte in de markt weer op. Echter, de verschuiving betekent niet dat bedrijven helemaal geen bulkchemische activiteiten uitvoeren. DSM verkoopt bijvoorbeeld nog steeds bulkproduct caprolactam. Het onderscheid tussen bedrijven die in de bulk- of de fijnchemie opereren is niet meer helder te maken. Wat dit precies betekent voor de ontwikkeling van bio-based economie is niet duidelijk, maar het

zou een positieve invloed kunnen hebben op het gemak waarmee bedrijven sectoroverstijgende samenwerkingsverbanden aangaan.

### VRAAG VAN DOWNSTREAM/AFNEMENDE SECTOREN BIO-BASED

Trends en ontwikkelingen in downstream sectoren zijn van belang voor succesvolle *uptake* van bio-based producten. Voor deze afnemende sectoren zijn voldoende omvang van levering, continuïteit in (goede) kwaliteit en leveringszekerheid essentieel, naast een concurrerende prijs. De eerdergenoemde standaardisering van bio-based producten, met kwaliteitscertificering en labelling, is een belangrijke voorwaarde voor internationale verhandelbaarheid van bio-based producten als commodities.

De marktontwikkeling van bio-based producten kan mede beïnvloed worden door nieuwe andere ontwikkelingen en technologieën, bijvoorbeeld nanotechnologie. Gezien de wereldwijde *concentratietendens* in sommige van de downstreamsectoren, zoals bijvoorbeeld de papierindustrie, is voldoende marktmacht van de toeleverende bio-based industrie een voorwaarde voor een evenwichtige prijsontwikkeling in de markt. Dit voorkomt *price squeezing*. Daarnaast zou een beter beeld van de vraagontwikkeling in bio-based producten de producerende sector helpen in haar focus voor de eerste stappen in de ontwikkeling. Echter, het beschrijven danwel voorspellen van de vraagontwikkeling van bio-based producten is buitengewoon complex, omdat de mogelijkheden zo groot zijn. Daardoor is het lastig te voorspellen welke vraag (naar welke grondstoffen, tussenproducten) bij de producerende sector zal terechtkomen.

Aanwending van bio-based chemicaliën en materialen kan leiden tot een beter en positiever imago bij consumenten van bepaalde industriesectoren, zoals de chemie, de bouw en de energievoorziening. Daarnaast kunnen bio-based producten superieure producteigenschappen hebben, denk aan snelle biologische afbreekbaarheid (*biodegradability*), bijvoorbeeld in medische toepassingen (farma) maar ook in verpakkingen en in andere productaanwendingen. *Bio-based* producten zoals biosmeermiddelen en hydraulische vloeistoffen zijn bijvoorbeeld zeer geschikt voor toepassing in milieugevoelige gebieden.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVOEDEN?
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Relatieve prijsstijging concurrerende grondstoffen (olie, gas, metalen)	X		X		Marktuitskomst exogeen. Binnen NL te beïnvloeden via accijnzen en grondstoffenbeleid
Beschikbaarheid operationele en renderende Tweede Generatie biomassa en bio-based producten		X		X	Te beïnvloeden door inzet R&D, gericht beleid, experimenteerruimte
Ontwikkeling lead markets en lead customers die als 'trekker' voor bio-based kunnen dienen, in bijv. papierindustrie, bouw, mobiliteit, farma, hightech		X		X	Overheid en industrie aan zet. Public procurement als instrument, naast innoverende wetgeving en experimenteerruimte
Groei Europese en Nederlandse marktvaart naar bio-based		X		X	Promotie/marketing en gerichte public procurement
Groei marktvaart naar bio-based in opkomende economieën		X		X	Exogeen, onder invloed stijging koopkracht
Concurrentie grondgebruik food en non-food; indirect land use	X		X		Overheden (grondbeleid; RO-beleid)
Belang open multilaterale handel en dito instituties (WTO)	X			X	Onderhandelingen in EU, G-8 verband

TABEL 2.2. SAMENVATTING TRENDS ECONOMIE

## 2.4 SOCIAAL/ MAATSCHAPPELIJKE TRENDS

### VERANDERINGEN IN CONSUMPTIEPATRONEN, LIFESTYLES EN DE OPKOMST VAN NIEUWE MEDIA

Maatschappelijke trends die van belang zijn voor de ontwikkeling van een bio-based economie worden voor een belangrijk deel gedreven door veranderingen in inkomens en vermogens wereldwijd. Globalisering en verdere integratie van vooral nieuwe opkomende economieën in de wereldeconomie – waaronder de BRIC-landen – zorgen voor nieuwe koopkrachtige vraag in andere en nieuwe markten. Daarnaast maken deze globalisering en verdere integratie van nieuwe opkomende economieën dat traditionele consumptiepatronen verschuiven en bestaande structuren, sectoren en producten veranderen of zelfs verdwijnen. Productie, maar ook reclame en marketing, worden in toenemende mate globaal geregisseerd in plaats van lokaal. Hierbij neemt het belang van wereldwijde merken (global brands) toe, al dan niet geregionaliseerd en geënt op regionale consumptiepatronen/smaak.

Met een toenemende welvaart wereldwijd neemt het belang van materiële consumptie verder toe. Tegelijkertijd zien we een toenemende verscheidenheid in bestedingspatronen en *lifestyles*, gekoppeld aan een verdere individualisering en een verandering van de rol van het gezin en de (brede) familie in de samenleving. Dit proces vindt niet alleen in Europa plaats, maar ook elders in de wereld. Veranderingen in consumptiepatronen en *lifestyles* hebben wereldwijd belangrijke gevolgen voor de vraag naar grondstoffen en energie. Niet alleen in termen van omvang maar ook in termen van kwaliteit en samenstelling.

Een belangrijke drijvende factor daarbij zijn de *new media* en de grote verscheidenheid aan mogelijkheden die internet biedt, van Skype en Google tot social media als Facebook en LinkedIn, van e-business en e-commerce tot e-government en e-democracy. De opkomst van PDA's en handsets en *wireless* zorgt ervoor dat consumenten online kunnen waar en wanneer ze ook willen (*anytime, anywhere*).

De opkomst van deze nieuwe media heeft een forse impact op tijdsbesteding en koopgedrag van mensen en op lifestyletrends en individualisering. De rol van post, uitgeverijen en drukkerijen verandert in hoog tempo met de opkomst van e-mail, printing on demand en e-readers. Internetwinkels verwerven in snel tempo marktaandeel ten koste van traditionele winkels ingebed in winkelcentra en shopping malls rond de steden, waarbij nationale grenzen steeds minder van belang worden.

Gekoppeld aan steeds goedkoper en sneller wereldwijd transport (*death of distance*) en verdere optimalisering van logistieke processen in waardeketens en -netwerken ontstaan nieuwe mogelijkheden voor het werven en bedienen van klanten. Daarbij gaan bulktransport en geïndividualiseerde *delivery on demand* hand in hand. De logistieke markt wordt daarmee steeds complexer, dynamischer, maar door de opkomst van internet meer gepersonaliseerd en vraaggestuurd.

### GROEIENDE AANDACHT VOOR VEILIGHEID EN GROEIEND GEVOEL VAN ONVEILIGHEID...

In de samenleving is een groeiende aandacht voor veiligheid en risicobeheersing door verschillende oorzaken. Oorzaken lopen uiteen van terrorisme, dreiging van pandemieën, snelle verspreiding van dier- en plantziekten

tot grootschalige bedrijfsongelukken (branden, zoals bij ChemPack), en voedselschandalen. Ondanks maatregelen lijkt het gevoel van onveiligheid over de omgeving en consumptie (bijvoorbeeld voedsel) toe te nemen.

### **...EN EEN TOENEMENDE BEHOEFTE AAN TRANSPARANTIE EN ZEKERHEID**

Op Nederlands, Europees en mondiaal niveau zien we een groeiende bewustwording en een toenemende behoefte bij burgers en consumenten aan transparantie van bedrijven en overheden over hun handelen en de producten die zij maken. Certificering middels internationale afspraken, heldere labelling en *tracking and tracing* (RFID) technologie zijn oplossingen die aan deze toenemende behoefte aan transparantie en zekerheid tegemoet komen. Tegelijkertijd is er ook een wereldwijde trend zichtbaar waarin het rotsvaste vertrouwen van burgers en consumenten in bestaande instituties (vgl. Wikileaks) en de wetenschap afneemt. Oude waarden staan daarbij ter discussie.

### **TOENAME BEWUSTZIJN SCHAARSTE GRONDSTOFFEN EN BELANG RECYCLING BIJ CONSUMENTEN EN BEDRIJVEN**

Zowel bij consumenten als bij producenten neemt het bewustzijn van schaarste van grondstoffen, belang van recycling c.q. duurzame omgang met materialen toe. Bij consumenten zien we echter ook tegenovergestelde ontwikkelingen. Consumptie- en eetpatronen van mensen veranderen wereldwijd door het stijgende welvaartspeil. De consumptie van vlees neemt toe, waardoor de milieubelasting van voedselproductie sterker toeneemt. Ook de vraag naar productverpakkingen neemt met de groei van de vraag naar producten verder toe. Deze vraag wordt gevoed door een alsmaar groter wordende middenklasse van koopkrachtige consumenten, maar ook door het kleiner en diverser worden van huishoudens (eenoudergezinnen, alleenstaande ouderen, *dinkies* (double income no kids), etc.). Toepassingen van bio-based verpakkingen zijn daarbij kansrijk. Door gerichte informatiecampagnes en het nieuws zal het bewustzijn onder de bevolking over de toenemende schaarste van bepaalde grondstoffen en het belang van recycling naar verwachting verder toenemen. Dit leidt tot een breder draagvlak onder consumenten voor de aankoop van bio-based producten en materialen.

Bij bedrijven is er zeker in een aantal sectoren al bewustzijn van de schaarste van grondstoffen. Recycling van materialen en producten, het gebruik van cradle-to-cradle producten en verdergaande productverantwoordelijkheid zullen in de nabije toekomst steeds gangbaarder en ‘gewoner’ worden. Door het schaarser worden van grondstoffen zal recycling van schaarse materialen en vooral van de zogenaamde ‘critical materials’ (zoals benoemd door het Raw Materials Initiative van de EU) steeds meer worden gestimuleerd. Dit geldt zeker voor Europa waar veel materialen niet van nature voorhanden zijn.

### **MAAR MAATSCHAPPELIJKE WEERSTAND IN EUROPA TEGEN GENETISCHE MODIFICATIE VAN GEWASSEN...**

In tegenstelling tot elders in de wereld is de maatschappelijke weerstand in Europa en Nederland tegen het gebruik van genetische modificatie (GM) voor gewassen nog altijd sterk, actief gevoed door NGO’s (onder meer Greenpeace). Regelgeving maakt dat productie van GM-gewassen in Europa zeer restrictief plaatsvindt. Elders in de wereld is deze weerstand aanmerkelijk minder prominent en is het gebruik van GM-food meer algemeen geaccepteerd. Dit geldt voor de VS, maar ook voor bijvoorbeeld China. Bedrijven in andere delen van de wereld lopen voor in het gebruik en toepassing van genetisch gemodificeerde gewassen. De weerstand geldt overigens niet voor de witte biotechnologie, de genetische modificatie van micro-organismen. Hierin loopt Nederland op een aantal fronten technologisch gezien voorop (zie ook T-Technologie).

### **...EN NEGATIEVE IMPACT VAN AFHANKELIJKHEID VAN ENKELE GEWASVARIANTEN**

De veredeling en productie van gewassen wordt meer en meer gedomineerd door multinationals. Dit gebeurt via de koppeling van zaadveredeling en nutriënten-/kunstmestgift bij (veredelde) landbouwproducten, maar ook door de bundeling en concentratie in kennisontwikkeling en daaraan gerelateerde octrooien bij multinationals. Hierdoor verslechtert niet alleen de positie van toonaangevende, kleinere veredelingsbedrijven in Nederland en wordt hun speelruimte voor innovatie beperkt. Maar ook de positie van boeren in ontwikkelingslanden gaat achteruit door de hogere zaadprijzen, de minder gemakkelijke toegang tot kennis voor boeren door afscherming kennis via octrooien. En tot slot betekent deze ontwikkeling ook een verslechtering voor het milieu. De afhankelijkheid van slechts enkele gewas-

varianten, de toenemende dominantie van enkele multinationals, en de toenemende druk op de biodiversiteit die hiervan het gevolg zijn, leven sterk in de maatschappelijke discussie.

### CULTUUROMSLAG - DENKEN VANUIT BIO-BASED

Belangrijk voor de ontwikkeling van een bio-based economie is dat zowel in de agro-food als de chemische sector een omslag in denken en doen plaatsvindt: denken vanuit het gehele gewas in plaats vanuit de meest waardevolle componenten, en denken vanuit de complexiteit van een grondstof in plaats vanuit de opbouw vanuit platformmoleculen. Van deze cultuuromslag is een begin zichtbaar. In de chemie, de energiesector en agrarische sector worden steeds bio-based grondstoffen, processen en producten geproduceerd en toegepast. Daarnaast geven in Nederland de vertegenwoordigers van die sectoren ook duidelijk aan dat bio-based economie een belangrijk concept is voor de toekomst van Nederland. Dit wordt duidelijk uit de visie en ambitie die de Topsectoren Energie, Chemie, Agro&Food en Life Sciences & Health bij de Minister van EL&I in juni 2011 hebben neergelegd.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVLOEDEN?
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Toename in verscheidenheid consumptiepatronen en lifestyles	X		X		Reclame en voorlichting bedrijven en overheid
Sneller en goedkoper internationaal transport en toename gepersonaliseerde delivery on demand	X		X		Autonome trend
Groeiende aandacht voor veiligheid, zekerheid en transparantie	X		X		Deels exogeen door incidenten, deels reclame en voorlichting van bedrijven en overheid
Maatschappelijke weerstand tegen groene biotechnologie (genetische modificatie gewassen) in Europa (en niet tegen witte biotechnologie)	X			X	Reclame en voorlichting bedrijven en overheid (onderscheid tussen groene en witte biotech)
Meer bewustzijn voor schaarste grondstoffen en recycling bij consumenten en bedrijven	X		X		Reclame en voorlichting bedrijven en overheid
Toename dominantie multinationals in het telen van gewassen via zaadveredeling en kunstmest	X		X		Overheid, wet- en regelgeving

TABEL 2.3. SAMENVATTING TRENDS SOCIAAL/MAATSCHAPPIJ



## 2.5 TECHNOLOGISCHE TRENDS

De DESTEP-categorie T-Technologie omvat trends en ontwikkelingen op technologie-, wetenschap- en innovatiegebied. Daarbij gaat het om inzet op en uitkomsten van onderzoek en ontwikkeling op een breed terrein van biomassa tot nieuwe producten en materialen. Naast onderzoek en ontwikkeling vallen ook *proof of principle* en *pilots* onder de categorie Technologie.

### INVESTERINGEN IN ONDERZOEK EN ONTWIKKELING

Opkomende economieën in Oost- en Zuidoost Azië, China voorop, fungeren als een magneet voor westerse investeringen, die niet alleen productiecapaciteit maar meer en meer ook kennis en R&D betreffen. In R&D-capaciteit in de chemie, agrofood, life sciences en andere sectoren wordt fors geïnvesteerd door 'eigen' (inheemse) maar ook toonaangevende westerse – inclusief Nederlandse – bedrijven. Tegelijkertijd moet geconstateerd worden dat hoewel ook in Europa en Nederland de uitgaven aan R&D nog altijd omvangrijk zijn, de R&D-investeringen achterblijven bij de ambities. De Europese doelstelling van een R&D-intensiteit van 3% (d.w.z. R&D investeringen met een omvang van 3% van het BNP) wordt door Nederland met ruim 1,8% in 2009 niet gehaald. Ook de bijbehorende Barcelonadoelstelling die stelt dat het bedrijfsleven daarvan ongeveer tweederde voor zijn rekening zou moeten nemen, wordt niet gehaald (doel: 2%; realisatie: 0,9% in 2009). Met name het onderzoek bij MKB en mid-cap bedrijven blijft achter bij de ambities. In termen van reële groei van totale R&D-uitgaven in de periode 2000-2009 is Nederland vrijwel hekkensluiter met een groei van 0,9% op jaarbasis, tegenover 2,1% voor Duitsland, 2,4% voor de VS, 3,4% voor Japan en maar liefst 17,7% voor China (Innovation Union Competitiveness Report, 2011). Een teruglopende R&D-intensiteit is voor verschillende sectoren die relevant zijn voor een bio-based economie een bedreiging.

### FOCUS IN ONDERZOEK EN ONTWIKKELING IN EUROPA EN NEDERLAND

De R&D-inzet op bio-based in Europa en elders richt zich onder meer op nieuwe *feedstocks* (non-fossil; renewables; biomassa als grondstof voor de chemie), nieuwe producten en materialen, toepassing van nanotechnologie en nieuwe productietechnologie (fabriek van de toekomst; flexibilisering; procestechnologie; katalyse) (Quickscan Chemie, TNO/HCSS, 2010).

Onderzoek in Nederland is onder meer gericht op katalysatormaterialen en procesroutes voor chemische conversie met zo weinig mogelijk energieverbruik, emissie en afval; op chemokatalytische, biokatalytische en thermische omzettingsprocessen en analytische chemie; en op nieuwe katalysatoren en processen voor de productie van energiedragers en bulk- en fijn chemicaliën op basis van biomassa. Daarnaast zijn onderzoeksinspanningen gericht op efficiencyverhoging van de omzetting van zonlicht naar energie en de productie van materialen in planten en algen door fotosynthese en op nieuwe biopolymeren.

Volgens het advies van de SER m.b.t. bio-based economie: "... zijn regionale samenwerkingsverbanden nodig om draagvlak te verwerven voor strategische keuzes en om kennis uit te wisselen. De diversiteit van de verschillende partijen in – soms grensoverschrijdende – regio's vraagt om flexibele samenwerkingsverbanden. Er zijn diverse voorbeelden die navolging verdienen. Zeeland heeft bijvoorbeeld een samenwerkingsverband opgezet met Gent, *Bio-based Europe*, waarin verder Bio-Energy Valley en BioparkTerneuzen en hun respectievelijke stakeholders participeren. Voor Noord-Nederland is het noordwesten van Duitsland een belangrijke partner." (SER., 2010a). Een voorbeeld van regionale samenwerking is ook Plant One. Plant One is een initiatief van het Rotterdam Climate Initiative, het Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs en TNO. Plant One is een testfaciliteit voor duurzame proces-technologie in de regio Rijnmond. Plant One ambieert het gat te vullen tussen laboratorium en full scale productie. Stimulering en versnelling van duurzame ontwikkelingen is een nadrukkelijk doel van de initiatiefnemers van Plant One. De start van deze testfaciliteit is mede mogelijk gemaakt door subsidies van de gemeente Rotterdam, Provincie Zuid-Holland en het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). Plant One is opgericht door Carbon Stars, een bedrijf dat duurzame ondernemingen initieert en ontwikkelt tot zelfstandige bedrijven.

*Kennisvoorsprong Nederlandse agro&food sector neemt af.* De toenemende en veranderende vraag naar voedsel heeft wereldwijd een impuls voor de agrofood industrie met zich meegebracht. De concurrentie is hierdoor toegenomen, met name vanuit de opkomende economieën in Oost-Europa, Azië en Zuid-Amerika. Dit heeft ertoe geleid dat, daar waar Nederlandse bedrijven zich vroeger gemakkelijk konden onderscheiden, Nederland op dit moment positie aan het verliezen is.

*Uitrol precisielandbouw.* Met de opkomst van GPS-technologie, kennis van de bodemgesteldheid en het weer is het mogelijk om precisielandbouw te bedrijven. Dat wil zeggen het afstemmen van de toediening van nutriënten, oogst en andere activiteiten op de bodemgesteldheid en het weer van de dag. Hierdoor kan worden bespaard op het gebruik van mest, water en worden emissies naar bijvoorbeeld bodem, grondwater en lucht vermindert.

*Vergroting inspanning onderzoek en exploratie conventionele grondstoffen.* Naast de verwachte toename in inspanningen om schaarse materialen te substitueren, zal tegelijkertijd de ontwikkeling van technologie voor de winning van moeilijk winbare voorraden van conventionele grondstoffen zoals olie en gas toenemen. Deze ontwikkeling kan, mits succesvol, een rem zetten op de ontwikkeling van de bio-based economie.

*Verdere ontwikkeling recyclingtechnologie.* Door het schaarser worden van grondstoffen zal recycling van schaarse materialen (zogenaamde 'critical materials' benoemd door het Raw Materials Initiative van de EU) steeds pregnanter op de agenda komen. Zeker in Europa waar veel materialen niet van nature voorhanden zijn. Producentenverantwoordelijkheid en recycling van materialen en producten zal steeds meer een normale praktijk worden. De recycling van bio-based materialen en producten zou mogelijk kunnen meeliften op gangbare recyclingspraktijken. Waarschijnlijk niet als het gaat om technologie, maar wel voor de infrastructuur van de inzameling en de houding van consumenten. Recycling van grondstoffen wordt steeds belangrijker in het ontwerpen van producten en voor de inzameling van producten aan het einde van hun levenscyclus. Voorbeeld van deze ontwikkeling is het bedrijf Orgaworld in Amsterdam. Dit bedrijf gaat met een cascade aan technieken organische meststoffen maken uit overtijdproducten uit supermarkten, reststromen van frietfabriek McCain, productieoverschotten van Cargil enzovoort. Orgaworld is een multinational, met zes vestigingen in Nederland en twee in Canada. Een ander voorbeeld is het bedrijf Van Gansewinkel dat zich steeds meer profileert als producent van secundaire grondstoffen in plaats van als sorteer- en afvalverwerkingsbedrijf.

## BIORAFFINAGE EN DE UITDAGING VAN INPASSING VAN TECHNOLOGISCHE VERNIEUWINGEN

Centraal in de bio-based economie staat het begrip bioraffinage, waarin het gaat om de scheiding en verwerking van biomassa in verschillende, op elkaar afgestemde conversieketens. Daarin kan een onderscheid worden gemaakt naar koolwaterstoffen (suikers, zetmeel), vezels (lignine), vetten, eiwitten, vitamines, kleur- en smaakstoffen en andere componenten, met allen een specifieke plaats in de biomassa-waardepiramide. Voor bioraffinage is de afstemming tussen verschillende schakels in de productie- en distributieketens wezenlijk. Het optimaal benutten van biomassa in goed afgestemde ketens van coproductie of cascadering vormt een belangrijke sleutel tot succes van de bio-based economie. Soms gaat het daarbij om het integreren van innovatieve technologie in bestaande productiesystemen en infrastructuur. Soms echter zal coproductie vragen om nieuwe organisatie en infrastructuur (De Vriend en Stermerding, 2011: 106). Een voorbeeld van hoe bioraffinage in de praktijk kan uitwerken is de tweede fase van het 'Grassa!!' project waarin het bedrijf Grassa samen met Courage, Cosun en Eska Graphic Board optrekt. Het gras dat in Nederland op de weilanden groeit, kan eiwitten leveren voor voeding van mens en dier en celulozevezels voor het maken van papier. De reststromen die overblijven kunnen in diervoeding gebruikt worden. In het project wordt verder gekeken of bietenloof kan worden verwerkt en opgewaardeerd. Partner Cosun kan deze grondstofstroom aanleveren. Eska Graphic Board is een bedrijf dat gras- en bietenloofvezels wil gebruiken om de Nederlandse papierrecycling aan de gang te houden.

In de ontwikkeling van bioraffinagetechnologie zelf kan een onderscheid worden gemaakt naar mechanische scheidingstechnieken, thermochemische conversietechnieken en biochemische conversietechnieken. Vooral biochemische conversietechnieken bieden steeds meer mogelijkheden voor verwerking van biomassa. Daarbij spelen biotechnologie, genomics onderzoek en synthetische biologie een belangrijke rol (De Vriend en Stermerding, 2011:86-87). Voor biotechnologie wordt onderscheid gemaakt tussen industriële of witte biotechnologie en groene biotechnologie.

### WITTE BIOTECHNOLOGIE

Industriële of witte biotechnologie is een belangrijke *enabler* voor de bio-based economie, via *genetisch gemodificeerde ('gesynthetiseerde') micro-*

*organismen* en met behulp van genetische modificatie (GM) vervaardigde enzymen. Over de gebruikte technologieën lijkt maatschappelijk weinig weerstand te bestaan. In de ontwikkeling van de witte biotechnologie (productie van groene grondstoffen via micro-organismen), biokatalyse en scheidingstechnologie loopt de Nederlandse chemie wereldwijd nog voorop. Naar verwachting zal er sprake zijn van een verdere toename van de rol van genetische gemodificeerde micro-organismen, bijvoorbeeld in de productie van farmaceutica (onder meer insuline, penicilline, aminozuren, vitaminen), maar ook van tweede generatie bio-ethanol uit cellulose. Grootschalige toepassing is naar verwachting niet op korte termijn (0-5 jaar) te verwachten. Wel wordt hierop fors ingezet in termen van investeringen, onder meer in de EU, maar ook in de VS.

#### **WITTE BIOTECHNOLOGIE: ONTWIKKELING NIEUWE PADEN VOOR SYNTHESE VAN BUILDING BLOCKS**

In de witte biotechnologie wordt veel gewerkt aan de synthese van zogenaamde building blocks. Hierin zijn globaal twee ontwikkelingsporen voor de synthese van building blocks te onderscheiden: de vraaggestuurde ontwikkeling van building blocks waar in de chemische sector veel vraag naar is of van waaruit producten kunnen worden gemaakt waar veel vraag naar is en de ontwikkeling vanuit de 'feedstock'. De ontwikkelingen hier worden sterk bepaald door de afscherming via octrooien door bedrijven en kennisinstellingen van bepaalde ontwikkelroutes en gangbare building blocks. Hierdoor worden andere partijen gedwongen om te zoeken naar building blocks die lijken op de building blocks waar veel vraag naar is, maar net wat andere eigenschappen hebben of building blocks van waaruit producten met een grote vraag kunnen worden geproduceerd. De ontwikkeling vanuit de feedstock van building blocks is de ontwikkeling dat bedrijven zoeken naar een nuttige toepassing van hun bio-based reststromen, zoals bijvoorbeeld een tomatenkweker die zoekt naar een nuttige toepassing van het loof van zijn tomaten. Een bijzonder voorbeeld van de laatste ontwikkeling is het bedrijf Croda uit Gouda. Dit bedrijf splitst al jaren oliën en vetten en maakt er de halffabricaten glycerine en vetzuren van. Door de jarenlange ervaring als vetzuurproducent blijkt Croda monomeren te kunnen maken voor specifieke polymeren en coatings. Samen met een Duitse tak van het bedrijf Umicore ontwikkelden ze hiervoor een uniek katalytisch proces. Voor het optimaliseren en opschalen van dit proces in een proeffabriek heeft het bedrijf subsidie gekregen vanuit het LNV Bioaffinage

Stimuleringsprogramma. Een ander voorbeeld is het bedrijf Avantium dat onderzoek doet naar technische processen voor het maken van groene, flexibele grondstoffen uit reststromen. Het bedrijf is een spin off van Shell en heeft Akzo Nobel en Eastman Kodak als aandeelhouders. Avantium houdt zich onder andere bezig met de productie van furanen (furaandicarbonzuur) voor de synthese van allerlei polymeren zoals bijvoorbeeld polyetheenfuranoaat, een op PET lijkend product. Avantium gaat met een subsidie uit het Bioraffinage Stimuleringsfonds van LNV een proeffabriek in Nederland bouwen.

Tot slot is het bedrijf Photanol bezig met onderzoek en ontwikkeling naar de combinatie van fotosynthese en fermentatie, waarbij aangepaste cyanobacteriën vanuit licht en kooldioxide fermentatieproducten als ethanol en melkzuur produceren. Het eindproduct is afhankelijk van de genen die in de cyanobacteriën worden geplaatst. Op deze manier zijn verschillende building blocks te maken. Het onderzoek is het stadium van 'proof of principle' voorbij en bezig met 'proof of concept' middels een pilotinstallatie.

### **WITTE BIOTECHNOLOGIE: GENETISCH MODIFICEREN VAN MICRO-ORGANISMEN VOOR VERBETERING RESISTENTIE**

Om de synthese en scheiding van producten in de witte biotechnologie te vergemakkelijken, wordt onderzoek gedaan naar de verbetering van de resistentie van micro-organismen voor extremere procesomstandigheden met behulp van genetische modificatie. Bijvoorbeeld de resistentie van micro-organismen tegen een lage zuurgraad in de omgeving, hogere of lagere temperatuur, hoge concentratie van het product en hoge concentraties van bijproducten die in de feedstock zelf aanwezig zijn. De redenen om naar de verhoging van de resistentie te kijken, zijn verschillend voor elk micro-organisme. Voor de pH geldt bijvoorbeeld dat de meeste biologische processen plaatsvinden bij een pH van 6. De producten van biologische processen zijn vaak negatief geladen moleculen, die moeten worden gebonden om ze te kunnen afscheiden van hun omgeving. Vaak worden deze moleculen afgescheiden door ze te binden aan calcium ionen. Daarna volgt dan weer een bewerkingstap om het calcium weer van het molecuul te halen. Hierbij ontstaat calciumsulfaat, dat beschouwd wordt als een ongewenste reststroom. Om dit soort bewerkingstappen en reststromen te vermijden wordt gezocht naar organismen die in staat zijn om bij lagere pH te leven en stoffen af te scheiden. De zoektocht naar resistentie van micro-

organismen tegen extremere temperaturen is ingezet omdat een hoge of juist lage temperatuur kan helpen om de scheiding van producten die de micro-organismen afscheiden te vergemakkelijken. Hiervoor worden bijvoorbeeld genen gebruikt van micro-organismen die onder extreme omstandigheden leven. Een voorbeeld waar dit toe kan leiden is het proces dat DSM ontwikkelde dat gebruik maakt van enzymen die cellulose bij hoge temperatuur kunnen afbreken tot suikers.

Feedstock resistentie verbeteren komt neer op het ongevoeliger maken van de micro-organismen voor schadelijke stoffen die in de feedstock aanwezig zijn, zoals furanen. Dit maakt het opkweken van de micro-organismen eenvoudiger. De resistentie verbeteren tegen producten die de micro-organismen zelf afscheiden, betekent dat productie efficiënter wordt. De productconcentratie wordt namelijk in mindere mate of niet meer limiterend voor de groei en productie van de micro-organismen.

#### VERDERE ONTWIKKELING EN TOEPASSING LIFE SCIENCE TECHNOLOGIE IN DE CHEMIE

De komende jaren zullen life science technologieën verder worden ontwikkeld en toegepast in de chemische, farmaceutische en voedingsmiddelenindustrie. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de verdere *ontwikkeling van de analyse van DNA*. Dankzij de grootschalige analyse van genetisch materiaal komt er steeds meer kennis beschikbaar over zogeheten DNA-merkers. Dat zijn stukjes DNA die altijd voorkomen in combinatie met een bepaalde eigenschap. Zo zijn er voor verschillende gewassen inmiddels vele soorten DNA-merkers gevonden die betrekking hebben op resistentie voor ziekten, tolerantie voor zout, bakkwaliteit van tarwe enzovoort. Deze DNA-merkers maken het mogelijk heel nauwkeurig vast te stellen of een bepaalde eigenschap aanwezig is of niet in de kruisingsproducten. Dat kan al op basis van een DNA-monster, zodat het niet nodig is om planten op te kweken, hun eigenschappen te beoordelen en daarna te selecteren. Dit scheelt veel tijd in de veredeling van planten. Bovendien wordt het gemakkelijk om te selecteren op hele specifieke eigenschappen. (De Vriend en Stermerding, 2011: 91)

Een andere ontwikkeling heeft te maken met de zogenaamde *x-omics onderzoek*, het exploreren van biologische diversiteit ten behoeve van de productie van bepaalde stoffen. De grootschalige analyse van genetisch mate-

riaal maakt het ook mogelijk om de biologische diversiteit op aarde op nieuwe manieren te exploreren. Naast de circa 400.000 plantensoorten leeft er op aarde een bijna oneindig aantal soorten micro-organismen en algen, waarvan slecht een klein deel goed is beschreven (Whitman et al, 1998). Deze onontgonnen soortenrijkdom bevatten naar verwachting nog vele interessante eigenschappen voor de bio-based economie. Onder andere daarom vindt er op verschillende plekken op aarde inventarisatie plaats van de bestaande biodiversiteit, bijvoorbeeld in de oceanen. Met de modernste machines worden watermonsters geanalyseerd en wordt in razendsnel tempo het aanwezige DNA in kaart gebracht. Dit heet DNA sequencing. Dit type onderzoek wordt 'metagenomics' genoemd om dat het gaat om het analyseren van grote aantallen monsters, dus grote hoeveelheden DNA, uit uiteenlopende milieus. Naar verwachting zullen nieuwe software, nanotechnologie en andere technieken de snelheid van de DNA-analyse nog verder doen toenemen.(De Vriend en Stermerding, 2011: 91)

#### **VERDERE ONTWIKKELING METABOLIC PATHWAY ENGINEERING.**

Er zijn verschillende technieken ontwikkeld om erfelijke eigenschappen te modifieren: recombinant DNA-technieken, DNA-shuffling, multiplex genome engineering. Gecombineerd leveren de genoemde technieken toenevende mogelijkheden op voor 'metabolic pathway engineering', het aanpassen van stofwisselingsroutes in zowel planten als micro-organismen. Met computermodellerings van de stofwisselingsroutes wordt het mogelijk om voorspellingen te doen over het effect van specifieke genetische aanpassingen op het gedrag van cellen. Op basis daarvan kan genetische modificatie steeds gericht worden toegepast in micro-organismen voor de productie van enzymen en in planten voor productie van hoogwaardige biochemische componenten zoals farmaceutische eiwitten (De Vriend en Stermerding, 2011:93)

#### **SYNTHETISCHE BIOLOGIE EN BOKATALYSE IN OPKOMST**

Synthetische biologie. Sinds enkele jaren is het mogelijk om op synthetische wijze DNA te maken. Met behulp van dergelijk synthetisch DNA is het in principe mogelijk om elk gewenst genoom na te maken, als is het voorlopig nog erg lastig om dat foutloos te doen. De toegenomen mogelijkheden om DNA niet te lezen, maar ook op synthetische wijze te maken hebben geleid tot de opkomst van de synthetische biologie als nieuw onderzoeksgebied. Het onderzoek in dit gebied richt zich op het (her)ontwerpen van



biologische systemen met gebruikmaking van gestandaardiseerde DNA-modules waarvan de functies precies bekend zijn. De ontwerpende werkwijze is in principe toepasbaar op alle niveaus van de biologie, van individuele moleculen tot volledige cellen, weefsels en organismen. Het onderzoeksveld is nog volop in ontwikkeling, maar kan op termijn van grote betekenis worden voor de ontwikkeling van een bio-based economie. (De Vriend en Stermerding, 2011: 93)

Synthetische biokatalyse. Fermentatieprocessen zijn een vorm van biochemische conversie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de biokatalytische werking van enzymen uit micro-organismen. Enzymen zorgen voor specifieke biochemische omzettingen en werken over het algemeen onder milde omstandigheden waardoor de bewerkingsprocessen weinig energie kosten. Bovendien zijn enzymen biologisch afbreekbaar. Enzymen voor industriële toepassingen worden veelvuldig toegepast: voor wasmiddelen, schoonmaakmiddelen en cosmetica, in de papier-, textiel-, leer- en veevoederindustrie en voor de productie van biobrandstoffen. Bedrijven als Novozymes, DSM, Genencor produceren nu op de traditionele wijze commerciële, zuivere vormen van enzymen voor uiteenlopende productieprocessen. De productie van enzymen is echter een tijdrovende en kostbare bezigheid. Daarom is men bezig met onderzoek naar de synthese van enzymen via synthetische routes. Hierdoor zou de productie van enzymen geoptimaliseerd kunnen worden. Een andere onderzoeksrichting is het synthetiseren van nieuwe enzymen die niet in de natuur voorhanden zijn. Dit zijn ontwikkelingen die nog in de kinderschoenen staan, maar veelbelovend lijken voor de ontwikkeling van nieuwe en efficiëntere procesroutes).

### GROENE BIOTECHNOLOGIE: GENETISCH GEMODIFICEERDE PLANTEN EN ALGEN.

Ook de ontwikkeling en teelt van *genetisch gemodificeerde planten en algen* (groene biotechnologie) levert een belangrijke bijdrage aan de productie van geschikte biomassa. Een belangrijke ontwikkeling hierin voor de productie van biobrandstoffen is de ontwikkeling van energiegewassen (zogenaamde 'energy crops'). Gewassen die speciaal ontwikkeld (lees: genetisch gemodificeerd) zijn voor de productie van brandstoffen (ethanol of butanol) en/of building blocks (zoals barnsteenzuur). Eigenschappen waarop de ontwikkeling gericht wordt, zijn snelle groei, zodat meerdere malen per jaar geoogst kan worden, een hoog gehalte aan suikers, resistent-

tie tegen ziekten. Naast onderzoek naar snelgroeïende suikerhoudende grassen (switch grasses) vindt ook onderzoek plaats naar wilgenhout. In Europa bevindt zich dit nog in de ontwikkelingsfase, ook vanwege het stringente beleid ten aanzien van genetische modificatie van gewassen. In Noord Amerika vinden waarschijnlijk meer toepassingen plaats (bijvoorbeeld genetisch gemodificeerde mais). Het is een interessante ontwikkeling voor een bio-based economie omdat de opbrengst aan biobrandstof per m<sup>2</sup> kan vergroten. Echter voor Nederland met haar beperkte teeltoppervlakte lijkt het geen ontwikkeling om op te focussen. Nederland kan wel een rol van betekenis spelen in de selectie van gewassen met haar voraanstaande positie op het gebied van veredeling en witte biotechnologie.

Andere voorbeelden zijn de productie van zogenoemde farmagewassen met bestanddelen met een farmaceutische werking, aardappels die naast zetmeel ook itaconzuur produceren, het enzym alpha-amylase in maïs dat bijdraagt aan een verbeterde conversie van maïszetmeel bij ethanolproductie, of de ontwikkeling van suikerriet met een verhoogd suikergehalte (De Vriend en Stermerding, 2011:103).

Algen worden al langer beschouwd als een veelbelovende ontwikkeling. Het kweken van algen is echter niet eenvoudig en er ontbreekt nog veel kennis. Knelpunten liggen op het vlak van kosten, kwaliteitsbeheersing, productie en oogst van de algen. Algen hebben echter als voordeel dat ze behalve zonlicht en CO<sub>2</sub> geen andere nutriënten gebruiken voor hun groei. Dit betekent ook dat ze kunnen worden ingezet om CO<sub>2</sub> af te vangen. Tot nu toe heeft de focus vooral gelegen op de productie van biobrandstoffen en veel minder op de productie van chemische stoffen. Dit begint te veranderen, omdat duidelijk wordt dat de productie van biobrandstoffen economisch gezien veel minder interessant is dan die van chemische grondstoffen, zoals de productie van omegavetzuren voor voedseltoepassingen. De ontwikkeling in de algenkweek voor de productie van chemische producten kent grofweg twee sporen. Het ene spoor richt zich op de kweek van macroalgen in grote hoeveelheden om zoveel mogelijk biomassa te produceren, deze te drogen en hieruit de bruikbare stoffen te winnen. Het andere spoor richt zich op microalgen die intracellulair of extracellulair stoffen afscheiden die als product worden beschouwd. Voordeel van deze productiemethode is dat de algen intact en productief kunnen blijven.

De productie en benutting van algen voor de chemische sector, de voedingsmiddelensector en farmaceutische sector is een trend die zich de komende jaren zal voortzetten. Het is een ontwikkeling die een belangrijke rol kan spelen in een bio-based economie in de grondstofvoorziening van food en non food toepassingen. In Nederland zijn er verschillende pilots met algen. In Nederland werken bedrijven uit de energie-, voedsel-, olie- en chemische industrie, de overheid en Wageningen UR samen in AlgaePARC, waarvan de bouw in het voorjaar van 2010 door de WUR is aangekondigd. Inmiddels is de WUR hier bezig met een pilotproject met een algenreactor (De Vriend en Stermerding, 2011: 104). Het MKB-bedrijf Ingrepro werkt in samenwerking met TNO aan een project gericht op de benutting van zoveel mogelijk componenten uit de algen. Hier worden algen gekweekt in een open kweekvijver (open pond). Internationaal gezien zijn de inspanningen veelal gericht op het kweken van algen voor de productie van biobrandstoffen. ExxonMobil heeft in 2009 gemeld forse investeringen te willen doen in samenwerking met Synthetic Genomics. Ook het Amerikaanse bedrijf Solazyme ontwikkelt technieken om biodiesel en biomaterialen uit algen te produceren. Dit blijkt uit de overeenkomst die het bedrijf in 2010 sloot met Bunge, een groot bedrijf in de agribusiness en levensmiddelensector dat belangen heeft in de rietsuikerindustrie en productie van plantaardige oliën (De Vriend en Stermerding, 2011: 104). De verwachtingen ten aanzien van de productie van algendiesel van noemenswaardige omvang op wereldschaal lopen uiteen van 10 tot 15 jaar (Wijffels, 2010) tot 2030 (Darzins et al, 2010). De productie van chemicaliën uit algen is een ontwikkeling die over 15-20 jaar een omvang wordt verwacht te hebben van enige omvang.

#### **MAATSCHAPPELIJKE ACCEPTATIE GROENE BIOTECHNOLOGIE**

De maatschappelijke acceptatie in Europa ligt voor groene biotechnologie anders dan voor witte biotechnologie. Onder invloed van NGO's en actiegroepen heeft de ontwikkeling en teelt van genetisch gemodificeerde planten en algen in Europa een overwegend negatieve connotatie. Groene biotechnologie wordt veelal als onverenigbaar gezien met duurzaamheid als belangrijke pijler onder de bio-based economie. In de Europese wet- en regelgeving is met name de toepassing van genetische gemodificeerde gewassen in Europa onder invloed hiervan sterk beperkt (toelatingsbeleid). In landen buiten Europa (VS, Brazilië, China) worden GM-gewassen veelvuldig toegepast. De publieke opinie in die landen is ook positiever over GM.

De toekomst voor groene biotechnologie, en vooral teelt, in Europa is vooralsnog niet positief. Overigens is de druk om met nieuwe gewasvariëteiten op de markt te komen groter dan voorheen, onder meer door nieuwe en andere eisen die aan gewassen worden gesteld, waaronder bio-based toepassingen. Dit vraagt om een versnelling en vereenvoudiging van het veredelingsproces.

### ONTSluitINGSTECHNOLOGIEËN

Bij het ontsluiten van bruikbare stoffen uit biomassa wordt gezocht naar goedkope technologieën, om de biologische processen ten opzichte van de reeds bestaande economisch rendabel te houden. Er zijn twee trends in ontsluiting te onderscheiden: ontsluiting van vezels uit biomassa en ontsluiting van suikers uit biomassa. Het eerste wordt verder toegelicht onder het kopje 'Ontwikkeling natuurlijke biopolymeren'. Het laatste kan via twee verschillende routes: direct vanuit de biomassa door toepassing van (een combinatie van) thermische, chemische, fysische processen of via (thermische, chemische, fysische) voorbehandeling van biomassa gevolgd door een enzymatisch proces. Beide manieren resulteren in een waterig milieu met opgeloste suikers dat vervolgens als fermentatie medium gebruikt wordt. De eerste route is potentieel goedkoop, met het mogelijke nadeel dat er remmende stoffen (zoals de furanen) als bijproduct gevormd worden. De tweede route is wat dat betreft zuiverder, maar ook duurder omdat de productie van enzymen een tijdrovend en kostbaar proces is. Gangbare ontsluitingstechnologieën zijn gebaseerd op onder andere stoomexplosie, organosolv, thermisch-mildzuur, alkalisch, kooldioxide, (oververhitte) stoom, etc. Nederland is redelijk goed op het gebied van mildzure ontsluitingstechnologieën en het gebruik van enzymatische processen (DSM, TNO, WUR).

### SCHEIDINGSTECHNOLOGIE

De scheidingstechnologie die wordt ingezet voor de scheiding van producten uit biologische processen is divers: kristallisatie, extractie, absorptie, destillatie en membraantechnologie. Trend op het gebied van scheidingstechnologie voor bio-based processen is de integratie van bio-conversie met selectieve en energiezuinige scheidingen. De keuze voor een scheidingstechnologie hangt sterk af van de stof die verwijderd dient te worden. Zuren worden bijvoorbeeld vaak met behulp van extractie verwijderd, alcoholen met behulp van destillatie. State of the art op het

gebied van scheidingstechnologie zijn batch processen. Het streven is wel te komen tot continue biologische processen, maar er zijn twee problemen die overwonnen moeten worden: 1) het behoud van cellen met productieve genen en 2) een goede afscheiding van het product van de rest. Nederland loopt voorop op het gebied van scheidingstechnologie. In Frankrijk wordt nu een pilotplant gebouwd door DSM en Roquette voor de continue productie van barnsteenzeer (succinic acid). Daarnaast wordt in Nederland melkzuur geproduceerd door Purac. Scheidingstechnologie wordt verder veelvuldig toegepast in de farmaceutische industrie.

### **THERMOCHEMISCHE PROCESSEN: PRODUCTIE VAN BIO-OLIE**

Er zijn verschillende processen ontwikkeld voor de productie van bio-olie uit biomassa: pyrolyse en het HTU (Hydro Thermal Upgrading)-proces. Ontwikkelingen op het vlak van bio-olie hebben ten eerste betrekking op het optimaliseren van de zuurgraad en het octaangetal. Bio-olie is een zuur product waardoor corrosie ontstaat in de procesinstallatie. Er is onderzoek gaande om bio-olie te ontzuren en het octaangetal van bio-olie te verhogen. Daarnaast is men bezig om procesinstallaties zo te ontwerpen dat ze met verschillende soorten biomassa een gelijkmatige kwaliteit bio-olie produceren. Tot slot wordt gewerkt aan scheidingstechnologie om aromatische verbindingen uit bio-olie terug te winnen. De bio-olie is hier meer een feedstock voor deze waardevolle verbindingen dan een eindproduct. De aromatische verbindingen kunnen vervolgens in allerlei toepassingen gebruikt worden (bijvoorbeeld in plastics en resins).

De productie van bio-olie uit biomassa is naar verwachting een robuuste ontwikkeling voor de komende 10 jaar vanwege de subsidies die worden verleend door de overheid. Het is echter een ontwikkeling gericht op de productie van brandstoffen uit biomassa. Een ontwikkeling waarvan we ons kunnen afvragen of die voor Nederland gewenst is vanwege de beperkte productiecapaciteit van biomassa en de geringe toegevoegde waarde ten opzichte van bio-based chemicaliën.

In 2005 startte InnovatieNetwerk samen met Staatsbosbeheer, de Biomass Technology Group (BTG) en enkele andere partijen het project Grasol. Het doel was om gras uit natuurgebieden te benutten voor de productie van pyrolyse-olie. Het project is eind 2007 beëindigd. Aan de verdere ontwikkeling wordt volop gewerkt, BTG heeft bijvoorbeeld een pyrolyse pilot van

1 MW, maar grootschalige productie van pyrolyseolie van transportbrandstof zal nog de nodige jaren vergen (De Vriend en Stemerding, 2011: 89).

### ONTWIKKELING NATUURLIJKE BIOPOLYMEREN

Biomassa bevat een veelvoud aan soorten vezels, zoals cellulose en hemicellulose. In feite zijn dit natuurlijke biopolymeren die hun toepassing (kunnen) vinden in verschillende gebieden. Cellulose bijvoorbeeld wordt al geruime tijd gebruikt om papier te maken. Deze natuurlijke biopolymeren hebben een bepaalde functionaliteit (bijvoorbeeld waterbindend, gelvormig, etc.) die gebruikt kan worden om synthetische polymeren als polyacrylaat te vervangen. Hiertoe is het belangrijk dat een vergelijkbare kwaliteit wordt verkregen tegen marktconforme prijzen. Goedkope ontsluiting zonder verlies van functionaliteit van deze vezels uit biomassa is daarom essentieel. De huidige ontwikkelingen m.b.t. natuurlijke biopolymeren zijn enerzijds gericht op slimme en goedkope processen en anderzijds op nieuwe toepassingsgebieden. Hier komt een hoop onderzoek naar modificatie van deze materialen om de hoek kijken. De van origine aanwezige zuur en/of alcohol groepen worden hier gemodificeerd via oxidatie-, methylering-, acetyleringsstappen. Door modificatie van deze materialen verandert de functionaliteit zodanig dat bijvoorbeeld ook anticorrosieve materialen verkregen worden.

### ONTWIKKELING IN APPLICATIES BIOPOLYMEREN: BIOPLASTICS EN BIO-COATINGS

Bioplastics worden onder andere gemaakt op basis van zetmeel in de vorm van biologisch afbreekbare zetmeelplastics, die toepassing vinden in allerlei eindproducten. Vanwege hun lichaamsvriendelijke eigenschappen zijn ze ook toepasbaar als implantaten. Polyhydroxyalkanoaten (PHA) zijn een andere veelgebruikte grondstof voor het maken van bioplastics. Deze stoffen worden verkregen uit plantaardige oliën. Nadeel van PHA ten opzichte van zetmeelplastics is dat de productie veel energie vergt.

DSM participeert sinds 2008 voor 200 miljoen in het bedrijf Tianjin Green Bio-Science in China, waarmee wordt geïnvesteerd in de bouw van China's grootste PHA-fabriek. Een laatste soort bioplastics zijn bioplastics op basis van door fermentatie verkregen polymelkzuur (PLA). Een van de grote polymelkzuurproducenten is NatureWorks, een dochterbedrijf van Cargill. Andere belangrijke producenten zijn Toyota en Mitsui. DSM heeft onlangs

een hoogwaardige plastic composiet op de markt gebracht die voor een belangrijk deel gemaakt is op basis van hernieuwbare grondstoffen (De Vriend en Stermerding, 2011: 96). Onderzoek naar building blocks voor de chemische industrie geeft allerlei andere, nieuwe mogelijkheden. Barnsteenzuur wordt bijvoorbeeld als bouwsteen in polyesters gebruikt, itaconzuur is een monomeer voor op polyacrylaat lijkende polymeren, FDCA (furaandicarbonzuur) kan als vervanger van TPA (tereftaalzuur) gebruikt worden voor de productie van bio-PET, etc. Internationale Bedrijven die op dit vlak actief zijn, zijn Purac en Avantium uit Nederland, BASF, Rhodia, Novamont, Dupont.

### BIOGAS EN SYNTHETIC NATURAL GAS (SNG) PRODUCTIE

Gezien het feit dat onze gasvoorraden aan het slinken zijn, is de productie van biogas en Synthetic Natural Gas (SNG) uit biomassa interessant. Als het gaat om biogas, zijn er grofweg drie soorten te onderscheiden, samenhangend met de herkomst: stortgas dat ontstaat door anaerobe omzetting in afvalstortplaatsen, slibgas dat ontstaat bij behandeling van slib van waterzuiveringsinstallaties en vergistingsgas dat ontstaat door vergisting van natte organische afvalstromen zoals bijvoorbeeld mest, landbouwafval, gft of reststromen van voedselverwerkingsbedrijven. Biogas kan worden ingezet voor decentrale en centrale energieopwekking (warmte en/of elektriciteit), voor injectie op het nationale aardgasnet, of voor transport. De toepassing waarvoor het biogas wordt ingezet, bepaalt welke voorbehandeling het moet ondergaan. In het algemeen moeten stoffen als H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, ammoniak, water (ter voorkoming van corrosie van pijpleidingen), siloxanen en aromatische koolwaterstoffen worden verwijderd. Hiervoor worden verschillende technieken gebruikt, zoals gasabsorptie, selectieve membranen, gasadsorptie en cryogene scheiding. Over de specificaties voor teruglevering aan het gasnet in Nederland is op dit moment nog geen duidelijkheid. Netbeheerders hebben nog niet kunnen vaststellen hoe streng de eisen moeten zijn. Technologische trends met betrekking tot de behandeling (opwaardering) van biogas zijn het ontwerpen van processen die H<sub>2</sub>S en CO<sub>2</sub> in een stap verwijderen, het goedkoper maken van de productie en zuivering van biogas en het voorkomen van het verlies van methaan tijdens de opwaardering. Daarnaast wordt er ook gekeken naar het verhogen van de opbrengst van de biogasproductie en verkleining van de hoeveelheid reststromen door de voeding van het vergistingsproces voor te behandelen. Partijen in Nederland die bezig zijn met de productie en behandeling

van biogas zijn o.a. Cirmac, TNO en DMT. Naast de productie van biogas is de productie van SNG een belangrijke ontwikkeling. Hierbij wordt gas geproduceerd via de vergassing van biomassa. Hierbij ontstaat syngas (een mengsel van CO en H<sub>2</sub>) wat vervolgens weer omgezet kan worden in biogas of waaruit de waterstof gebruikt kan worden voor energieopwekking of aandrijving.

### **PRODUCTIE VAN BIOVEZELS VOOR BOUWMATERIALEN (KERATINE, CELLULOSE, LIGNINE VOOR ASFALT)**

Biovezels vinden voor bouwmaterialen, zoals isolatiematerialen en composieten. Vlaswol bijvoorbeeld is een vervanging voor de tot dusverre gangbare glas- en steenwol. Het bedrijf Isovlas maakt diverse eindproducten op basis van vlas, zoals ondervloeren, dakbedekking en geotextiel voor de wegenbouw. Het bedrijf Tech-Wood past biovezels toe in houtcomposieten die een duurzaam alternatief bieden voor hardhout. Teeuwissen wint keratine uit slachtafval en gebruikt dit eiwit als vezel. Lignine kan als vuller gebruikt worden en als binder. Er is in het verleden bijvoorbeeld al onderzoek gedaan naar lignine als vervanger van bitumen in asfalt.

### **ONTWIKKELINGEN TRANSPORT EN LOGISTIEK**

Transport en logistiek vormen een belangrijke uitdaging in het realiseren van de bio-based economie. Veel van de gebieden waar grootschalige productie (teelt) van groene grondstoffen mogelijk is, liggen ver verwijderd van de dichtbevolkte urbane gebieden in de wereld, waaronder Nederland. Uitdagingen liggen er tevens in het beheersen van (onbedoelde en onverwachte) neveneffecten en risico's, waaronder brand en broei, explosies, stank en plagen. De grotere verwevenheid tussen sectoren die de bio-based economie veronderstelt, maakt deze uitdaging nog belangrijker.

Ontwikkeling van de logistiek vindt plaats langs twee parallele sporen. De komende jaren wordt de efficiëntie en intelligentie van verkeers-, vervoers- en logistieke systemen door middel van ICT naar verwachting verder versterkt. Naast bulktransport wereldwijd zal er sprake zijn van een tweede parallele ontwikkeling die zich richt op schaalverkleining en regionalisering van logistiek van biomassastromen vanuit de landbouw in toelevering aan de chemie en materialensector.



*Certificering en transparantie* speelt een steeds grotere rol in de waarborging van duurzame productie en producten. Dit heeft gevolgen voor de logistiek en ook in de productie in de voedingsmiddelensector.

Voedselveiligheid, gezondheid en duurzaamheid zijn belangrijke innovatiethema's voor voedingsmiddelensector. Dit zal naar verwachting leiden tot verdere ontwikkeling van volgsystemen en van DNA-markers op basis van ICT en life science technologie.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVLOEDEN?
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Investerings in onderzoek in NL laag t.o.v. andere landen		X		X	Inzet publieke en private sector
Kennisvoorsprong Nederlandse landbouw wordt kleiner	X			X	Inzet publieke en private sector
Verdere uitrol precisielandbouw	X		X		Investerings publieke en private sector
Vergroting inspanning voor onderzoek en exploratie conventionele grondstoffen	X		X		Inzet publieke en private sector
Verdere ontwikkeling recyclingtechnieken	X		X		Inzet publieke en private R&D
Verdere ontwikkeling bioraffinage	X		X		Inzet publieke en private R&D, voorlichting overheid
Ontwikkeling nieuwe paden voor synthese building blocks	X		X		Inzet publieke en private R&D, pilots
Genetische gemodificeerde micro-organismen voor verbetering resistentie	X		X		Inzet publieke en private R&D
Toename snelheid analyse en identificatie DNA (DNA markers)	X		X		Inzet publieke en private R&D
Exploratie biodiversiteit: x-omics onderzoek	X		X		Inzet publieke en private R&D
Metabolic pathway engineering	X		X		Inzet publieke en private R&D
Synthetische biologie en biokatalyse	X			X	Inzet publieke en private R&D
Teelt van genetische gemodificeerde planten en algen	X		X		Inzet publieke en private R&D, voorlichting overheid
Ontwikkeling ontsluitingstechnologieën	X		X		Inzet publieke en private R&D, pilots, demonstraties
Ontwikkeling scheidingstechnologieën in continu processen	X		X		Inzet publieke en private R&D, pilots, demonstraties
Opschaling biochemische conversietechnieken	X				Inzet publieke en private R&D, pilots, demonstraties
Productie bio-olie	X			X	Overheid, bedrijven, kennisinstellingen: demonstraties
Ontwikkeling natuurlijke biopolymeren	X		X		Inzet publieke en private R&D, pilots
Ontwikkeling applicaties biopolymeren	X		X		Inzet publieke en private R&D, pilots
Productie biovezels voor bouwmaterialen	X			X	Inzet private R&D, pilots
Productie en behandeling biogas en SNG	X			X	Publieke en private R&D, demonstraties, ontwikkeling eisen teruglevering
Ontwikkeling operationele en renderende Tweede Generatie groene grondstoffen en bio-based producten		X		X	Overheid, bedrijven, inzet R&D, experimenteerruimte
Verdere ontwikkeling volgsystemen op basis ICT en life science technologie	X		X		Inzet publieke en private R&D
Efficiëntere en intelligentere logistiek	X		X		Publieke en private investeringen

TABEL 2.4. SAMENVATTING TRENDS TECHNOLOGIE

## 2.6 TRENDS OP HET GEBIED VAN ECOLOGIE/MILIEU/ KLIMAAT

### TOENAME WERELDBEVOLKING, MILIEUBELASTING EN TOENAME VRAAG RUIMTE

De stijging van de wereldbevolking tot 8,3 miljard in 2030 en tot miljard in 2050 gaat gepaard met een stijging van de gemiddelde mondiale welvaart. De combinatie van deze demografisch en economische trends heeft ingrijpende gevolgen voor het mondiale gebruik van energie en grondstoffen. Ten gevolge van toegenomen productie en consumptie zal ook de milieubelasting substantieel toenemen, evenals de druk op natuurlijke ecosystemen. De vraag naar ruimte stijgt. Steeds vaker zal concurrentie om ruimte ontstaan tussen verschillende gebruiksfuncties, zoals de winning van grondstoffen, de productie van voedsel, vestiging van industriële bedrijven en functies zoals wonen en recreëren. Verwacht wordt dat de verstedelijking zal doorzetten, wat er toe leidt dat steeds meer mensen in (steeds grotere) steden gaan wonen en het platteland in sommige regio's, zoals in Zuid- en Oost-Europa, leger wordt (ontvolking; krimp).

### BEPERKING UITBREIDINGSMOGELIJKHEDEN VOOR INDUSTRIËLE ACTIVITEITEN

Groei van de wereldbevolking en een trend van toenemende verstedelijking leiden tot congestie, vooral in stedelijke gebieden. Leefbaarheid neemt als gevolg hiervan af. Wettelijke beperkingen, onder meer op vestiging van industriële activiteiten maar ook transport in deze gebieden zullen wereldwijd strenger worden. In Europa verscherpen normen voor de met transport verbonden emissies als NO<sub>x</sub>, fijn stof en geluid. In Nederland zullen de uitbreidingsmogelijkheden voor bedrijven steeds beperkter worden vanwege de veiligheids- en milieueisen, de ruimtelijke ordening en de dichte bebouwing. Echter, de verstedelijking levert ook kansen op voor het sluiten van kringlopen, valorisatie en gebruik van reststromen.

### BEPERKTE BESCHIKBAARHEID LAND EN PRODUCTIE BIOMASSA.

Vooraf in West-Europa is de beschikbaarheid van vruchtbare gronden voor de grootschalige productie van biomassa een beperkende factor. De grootschalige landbouw in Noord-Frankrijk is geconcentreerd op voedselproductie. Landbouwgebieden met een vergelijkbare omvang zijn alleen in Oost-Europa te vinden. Voor Nederland geldt dat biomassateelt voor non-

food toepassingen voorsnog onvoldoende rendeert. De benodigde biomassa wordt verkregen uit reststromen en door import. Nederland en Europa overwegen nog niet de strategie van China te volgen: het opkopen van land in Afrika om de productie biotische en abiotische grondstoffen veilig te stellen.

Grootschalige teelt van biomassa, binnen Europa of daarbuiten, kan grote ecologische en sociale gevolgen hebben. Wanneer de biomassateelt plaats vindt in grootschalige mono-cultures kan dit leiden tot waterschaarste en tot uitputting en verontreiniging van vruchtbare gronden. Zo kan irreversibele schade ontstaan aan ecosystemen en verlies van biodiversiteit, zeker wanneer bossen gekapt en natuurgebieden gecultiveerd worden. Ook in landschappelijk, cultuurhistorisch en sociaal opzicht kan grootschalige biomassateelt ingrijpende effecten hebben. Wanneer op lokale of regionale schaal concurrentie ontstaat tussen landbouwproductie voor voedsel en teelt voor non-food toepassingen, kan dit de prijs van basale voedingsmiddelen opdrijven en de verschillen tussen arm en rijk verder vergroten, resulterend in sociale instabiliteit.

#### **KLIMAATVERANDERING EN TOENAME SPANNING TUSSEN ECONOMISCHE GROEI EN HET MILIEU**

Een sterk toenemend energieverbruik en de massale inzet van fossiele grondstoffen heeft geleid tot verhoogde CO<sub>2</sub>-concentraties in de atmosfeer. Dit wordt gezien als een belangrijke oorzaak van klimaatverandering. De gevolgen hiervan zullen de komende jaren steeds duidelijker zichtbaar worden. Klimaatverandering zal leiden tot verandering in de klimaatpatronen wereldwijd. In Nederland zal klimaatverandering leiden tot een klimaat met sterkere extremen, waaronder nattere winters met heviger regenval. Vooral de vollegrondsteelt van tuin- en akkerbouwproducten brengt klimaatverandering een grotere kans op misoogsten en plagen met zich mee. De gevolgen van klimaatverandering zet in alle voor bio-based economie relevante sectoren aan tot het terugbrengen van de CO<sub>2</sub>-emissies door vermindering van het energiegebruik. Vermindering van CO<sub>2</sub>-emissies door duurzamer materiaalgebruik en consumptie staat in het algemeen nog veel minder in de aandacht. Vermindering van de milieubelasting kan bovendien door mildere procescondities onder toepassing van biotechnologie tot stand worden gebracht. Het gebruik van energie en chemicaliën kan met biologische processen en bio-based grondstoffen sterk worden vermindert.

### AFNAME VAN BIODIVERSITEIT...

Wereldwijd neemt de biodiversiteit als gevolg van menselijke activiteiten af, meestal door het verlies van habitat en verandering van het landgebruik (bijvoorbeeld ontbossing). De vrees is dat de overstap naar een bio-based economie een verdere achteruitgang van de biodiversiteit tot gevolg zal hebben door ingebruikname van natuurgebied voor de teelt van biomassa (*indirect land use*). Onderzoek door Dornburg et al (2008) geeft een overzicht van studies naar de effecten van biomassapotentieel op biodiversiteit. De gepubliceerde studies over consequenties voor de biodiversiteit van wereldwijde toename van de teelt van gewassen voor bio-energie geven zeer diverse en tegenstrijdige resultaten. Dit komt onder andere door verschillen in aannames die aan de studies ten grondslag liggen (tijdshorizon, geografische schaal, definities biodiversiteit). Alle studies laten vooralsnog een negatief effect zien voor de biodiversiteit als gevolg van extra landgebruik voor de productie van biomassa op grote schaal.

### ...EN TOENEMEND BELANG BIODIVERSITEIT VOOR LANDBOUW EN FARMACIE

De verwachting is dat het belang van biodiversiteit (de diversiteit in de genenpoel op aarde) op termijn van 5-10 jaar verder zal toenemen, naarmate de gevolgen van de afname van biodiversiteit sterker zichtbaar worden. Daarbij gaat het om het zichtbaar worden van de gevolgen van het uitsterven van bepaalde dier- en plantsoorten voor bepaalde ecosystemen, maar ook om het veelvuldiger optreden van ziekten en plagen bij bepaalde planten en dieren. Biodiversiteit is van belang voor sectoren als de landbouw (veredeling, belang van nieuwe variëteiten), farmacie (plantaardige medicijnen, nieuwe micro-organismen).

### SCHAARSER WORDENDE FOSSIELE GRONDSTOFFEN

De concurrentie om schaarser wordende fossiele grondstoffen wordt de komende decennia wereldwijd versterkt. Dit betekent een stimulans voor bio-based grondstoffen en producten, maar ook voor onderzoek en ontwikkeling naar moeilijke winbare voorraden olie en gas. Afnemende voorraden fossiele grondstoffen verhogen de afhankelijkheid van het buitenland en zorgen voor een vermindering in de inkomsten uit de bodemschatten. Nog voordat in ons land de gasvoorraden uitgeput zijn, zorgt een verminderde druk in het Groningerveld bovendien al voor minder flexibiliteit in de elektriciteitsvoorziening omdat het minder goed mogelijk

wordt om de aanvoer te verhogen en verlagen afhankelijk van de (seizoens) vraag .

### **SCHAARSER WORDENDE GRONDSTOFFEN, TOENEMEND BELANG BIO-BASED EN SLUITING KRINGLOPEN**

De voorspellingen voor de voorraden van sommige materialen die in veel producten aanwezig zijn, zoals koper, zink en zilver, hebben een tijdhorizon van 30-40 jaar. Sommige materialen die zeldzaam zijn zelfs (veel) minder. Daarbij speelt ook nog de geopolitieke situatie een rol in de beschikbaarheid van materialen. *Bio-based* grondstoffen en producten vormen hierin een oplossing, mits in de processen zo min mogelijk gebruik wordt gemaakt van schaarse, eindige grondstoffen. In de landbouw blijft het gebruik van stikstof en fosfaat (kunstmest) echter nodig. Het sluiten van de kringlopen van stikstof en fosfaat en andere nutriënten uit de bodem is dan een belangrijk aandachtspunt in een bio-based economie. De fysieke beperkingen bij de productie van biomassa zullen de komende jaren zichtbaarder worden. Dit geldt voor de uitputting van landbouwgrond als ook de beperkte beschikbaarheid van vruchtbaar land en water.

### **SCHAARSER WORDEN WATERVOORRADEN**

De groeiende wereldbevolking en groei in de welvaart wereldwijd betekent een toename in de behoefte aan water wereldwijd. Als voedselbron, als nutriënt voor de landbouw en als grondstof voor economische activiteiten. Klimaatverandering brengt in de omgang met water extra onzekerheid aan, omdat niet duidelijk is hoe het klimaat de neerslagpatronen zal beïnvloeden in de komende jaren. Voor de agrarische sector betekent het een extra zorg om haar waterbehoefte zeker te stellen en efficiënter met water om te gaan.

Technologieontwikkeling, toepassing van bestaande technologie en opleiding van boeren zal hierin een rol spelen (Dornburg et al, 2008). Aangezien de behoefte aan water van goede kwaliteit zal toenemen door groei van de wereldbevolking maar ook door de groei van de teelt van biomassa, zal de nadruk meer en meer komen te liggen op een waterefficiënte landbouw.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVLOEDEN?
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Klimaatverandering	X		X		Exogeen. Wereldwijde gezamenlijke actie nodig van overheden, bedrijven, burgers
Afname biodiversiteit	X		X		Idem. Vgl. VN-verdrag biodiversiteit
Toename milieubelasting door toename wereldbevolking	X		X		Overheden, NGO's, bedrijven. Vermindering toename, bijv. een-kind-beleid; ontwikkeling vrouwen; voorlichting (anticonceptie); onderwijs
Schaarser wordende eindige grondstoffen (olie, gas, metalen en andere elementen)	X		X		Exogeen. Overheden, bedrijven: ontwikkeling andere processen en producten; meer recycling
Schaarser wordende watervoorraden van goede kwaliteit (voor verbouw landbouwgewassen, industriële activiteiten en menselijke consumptie)	X		X		Exogeen. Overheden, bedrijven, burgers/consumenten

TABEL 2.5. SAMENVATTING TRENDS ECOLOGIE/MILIEU/KLIMAAT

## 2.7 TRENDS IN POLITIEK EN BELEID

### MONDIALE TRENDS EN ONTWIKKELINGEN

Een belangrijke *driver* voor de bio-based economie in Nederland is een soepel werkend internationaal handelssysteem met open grenzen. Het huidige multilaterale handelssysteem staat onder toenemende druk (zie ook onder E-economie). Een belangrijke oorzaak hiervoor is een verschuiving van het economische en politieke krachtenveld in de wereld. Het zwaartepunt verschuift van de Amerikaans-Europese dominantie in de richting van een multipolair krachtenveld waarin ook China en India, Rusland en Brazilië zich ontwikkelen tot belangrijke regionale krachtenpolen. Voor de ontwikkeling van een bio-based economie is een open, liberaal handelsklimaat geënt op het huidige multilaterale handelssysteem van groot belang. De eerder geconstateerde verschuiving naar bilaterale handelsakkoorden en regionalisering van de wereldhandel fungeert daarin als een rem en belemmerende factor.

De wereldwijde expansie van opkomende economieën kan ook voor de ontwikkeling van de productie en handel van groene grondstoffen gevolgen hebben. Dit geldt zeker als door inzet van exclusieve bilaterale akkoorden, grondstoffen niet meer vrij op de wereldmarkt worden verhandeld, maar direct tussen landen op quid pro quo basis. Een voorbeeld van dergelijk beleid is China dat recentelijk verschillende van deze akkoorden met Afrikaanse en Latijns-Amerikaanse landen gesloten heeft

Niet alleen multilaterale handel in goederen en diensten, maar ook internationale afspraken over klimaatverandering en GHG/CO<sub>2</sub>-emissiereductie zijn voor de ontwikkeling van de bio-based economie van belang. Het uitblijven van een geloofwaardige opvolger van het Kyoto Protocol en het ontbreken van een sanctiesysteem voor overschrijden van de afgesproken targets, maakt dat op mondiaal niveau vanuit het internationale klimaatbeleid geen additionele incentives kunnen worden verwacht op de korte termijn die de bio-based economie dichterbij kunnen brengen.

Daarnaast is vooral direct ondersteunend beleid van derde landen gericht op het stimuleren van het bio-based economie beleid van belang. Derde landen, waaronder de VS, Brazilië, China, hebben eveneens de bio-based economie tot prioriteit verheven. Deze landen verhogen, net als de EU, hun investeringen in onderzoek, technologieontwikkeling en innovatie en ondersteunen grote demonstratieprojecten. Ook in *green public procurement* hebben sommige landen een voorsprong op Europa, bijvoorbeeld de federale overheid in de VS en bepaalde staten. Dit resulteert in een potentieel concurrentievoordeel ten opzichte van Europa en Nederland. Tegelijkertijd is het mogelijk dat ontwikkelingen elders ook een verdere ontwikkeling van de bio-based economie hier kunnen bewerkstelligen.

## EUROPESE TRENDS EN ONTWIKKELINGEN

In zijn algemeenheid kan worden gesteld dat beleid en regelgeving in Europa en Nederland nog te zeer zijn ingericht en afgestemd op de 'traditionele' economie van overvloedige beschikbaarheid van fossiele grondstoffen tegen relatief lage prijzen. De eindigheid van deze grondstoffen wordt onvoldoende in de schaarste- en daarmee in de prijsverhoudingen verdisconteerd. Ook het principe 'de vervuiler betaalt' wordt slechts beperkt of niet toegepast (CO<sub>2</sub>- en fijnstof problematiek). Overheden kunnen hierin met regelgeving en beprijzing bijsturen (accijnzen, BTW, indirecte subsi-



dies). Momenteel gebeurt dat op beperkte schaal (bijv. subsidie op bijstoken biomassa in centrales), en eerder ten nadele dan ten voordele van groene grondstoffen / bio-based producten.

De Europese ad-hoc *Advisory Group for Bio-based Products* heeft in 2009 een aantal aanbevelingen voor verdere actie gedaan, waaronder het vastleggen van bindende targets voor bio-based producten (net als bij bio-brandstoffen), het toestaan aan lidstaten van belastingverlaging op bio-based producten en het ontwikkelen van incentives om de transitie van productiebedrijven en industriële processen naar bio-based mogelijk te maken, zonder daarbij de EU staatssteunregels te overtreden. *Bio-based* koolstof in bio-based producten zou in mindering moeten worden gebracht op de totale CO<sub>2</sub> emissies van producten. Daarnaast is invoering van uniforme Europese en zo mogelijk internationale standaarden voor groene grondstoffen en bio-based producten van groot belang voor internationale verhandelbaarheid en verdere ontwikkeling van de bio-based economie. Dit kan de vorm krijgen van een EU Eco-label voor producten die voldoen aan minimumniveau bio-based *content*.

Daarnaast deed de ad-hoc groep nog een aantal productspecifieke aanbevelingen om bestaande knelpunten aan te pakken, waaronder de aanpassing van de Packaging and Packaging Waste Directive (Verpakkingsrichtlijn) voor bio-based verpakkingen en het toestaan van bioplastics in alle afvalverzamelingsystemen inclusief compostering en recycling. Andere aanbevelingen betreffen het erkennen van bio-based producten in regelgeving uit afval als “recycled en bio-based” en waarmee bioplastics op dezelfde manier als gerecyclede materialen kunnen worden geadverteerd, en aanpassing van de Construction Products Directive om bio-based producten beter te belichten. Deze voorbeelden geven aan dat de bio-based *economie* in Europese wet- en regelgeving nog niet sterk is verankerd en dat her en der aanpassingen in regelgeving nodig zijn om de omslag naar bio-based te maken.

*Bio-based* producten zijn door de Europese Unie aangewezen als een van Europa's zes *lead markets*. Daarbij wordt getracht bestaande barrières actief uit de weg te ruimen en nieuwe ideeën te ontwikkelen om verdere markttoegang en ontwikkeling te faciliteren. Daarin past ook een rol van de

overheid als *launching customer*. Deze is momenteel nog onvoldoende ingevuld (*green public procurement*, GPP).

Biobrandstoffen en energie die niet onder het lead market initiatief vallen, zijn in Europa al eerder met gerichter beleid op de kaart gezet. Hierbij gaat het vooral de Europese biobrandstofrichtlijn en de inzet op bijmenging van 10% biobrandstoffen per 2020 (*biofuel quotas*). Omdat biobrandstoffen en energie vaak van dezelfde biomassabronnen gebruik maken gaat van het staande beleid een negatief incentive uit op de ontwikkeling van andere bio-based producten (chemicaliën en materialen). Negatieve prikkels gaan ook uit van het huidige EU-handelsbeleid en het EU Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (zie verder onder E-economie).

Het Europese CO<sub>2</sub>-emissiebeleid geeft daarentegen een positieve prikkel aan de ontwikkeling van bio-based producten. Dit geldt vooral de reductie van de Europese GHG emissies van tenminste 20% onder 1990 niveau, een van de drie pijlers van het door de EU ingezette '20-20-20' beleid.<sup>7</sup> Dit effect op vermindering van de uitstoot aan broeikasgassen door bio-based producten moet dan overigens wel kunnen worden toegerekend. Standaarden kunnen sterk bijdragen aan het toerekenen van dergelijke positieve claims (renewable carbon en duurzaamheid) waardoor een sterkere link met het European Emissions Trading System (ETS) mogelijk wordt. Overigens heeft het Europese CO<sub>2</sub>-emissiebeleid ook nu al gevolgen voor de relatieve prijsverhoudingen, waardoor de concurrentiepositie van bio-based producten en materialen verbetert.

Binnen de Europese REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) regelgeving krijgen bio-based chemicaliën dezelfde behandeling als andere - petrochemische - stoffen. Nieuwe hernieuwbare (grond) stoffen kunnen mogelijk nadeel kunnen ondervinden door geringe beschikbare informatie, bijvoorbeeld over toxiciteit. REACH brengt ook kansen voor bio-based daar waar het de vervanging van verdachte/ongewenste stoffen volgens REACH betreft.

---

7 De andere twee pijlers van dit '20-20-20' beleid zijn: 20% van de EU energieconsumptie uit renewables en 20% reductie in het primaire energieverbruik door verbetering van de energie-efficiency. Dit beleid vindt onder meer uitvoering in de Richtlijn hernieuwbare energie 2009/28/EG.

## TRENDS EN ONTWIKKELINGEN – NEDERLAND

Een belangrijke belemmering die Europees maar ook nationaal speelt, is dat veel reststromen volgens de wet nog als afval worden aangemerkt waardoor vaak langdurige procedures nodig zijn om reststromen als biomassa voor nuttige producten te mogen verwerken. Dit vraagt om verdere stroomlijning, verkorting en standaardisering van de afvalgerelateerde vergunningprocedures. Ook het landbouwbeleid is vooralsnog weinig gericht op het stimuleren van hergebruik van agrarische reststoffen en het gebruik van afval uit bosbouw en snoeiafval als grondstoffen voor de non-foodsectoren. Vaak nog worden landbouwreststoffen ondergeploegd en snoeiafval gestort omdat de afstand tot verbrandingsinstallaties te groot is om hergebruik rendabel te laten zijn. In het energiebeleid prevaleren prikkels voor biobrandstoffen en bijmenging die ten nadele werken van bio-based chemicaliën en producten.

Tegelijkertijd is beleidsmatig het nodige in gang gezet om de bio-based economie te stimuleren, onder meer via het Programma Groene Grondstoffen met projecten gericht op bioraffinage en de regeling Duurzame Biomassa Import die als doel heeft duurzame biomassaketens voor toepassing in Nederland te realiseren en ontwikkeling van duurzaamheidsstandaarden te ondersteunen. Via de SBIR (Small Business Innovation Research)-regeling wordt het MKB betrokken bij de transitie naar een bio-based economie waarin hoogwaardige toepassingen van biomassa en agrologistiek centraal staan. Het BE-Basic Programma Nieuw Gas richt zich onder meer op het realiseren van een effectieve en efficiënte vergistingsketen. Een van de kritiekpunten is dat het bestaande innovatiebeleid gericht op bio-based nog altijd versnipperd is. Tegelijk is het beleid tot nu toe vooral gericht geweest op hernieuwbare energie, met verschillende subsidieregelingen, mede gericht op biomassa. Het gaat hierbij om de Subsidierегeling Duurzame Energie (SDE), Innovatie Biobrandstoffen (IBB) en de regeling Tankstations Alternatieve Brandstoffen (TAB) maar ook om belastingvrijstellingen en -aftrek.

TRENDS	0-5 JAAR		5-10 JAAR		TRENDS TE BEÏNVLOEDEN?
	ROBUUST	ONZEKER	ROBUUST	ONZEKER	
Actief beprijsingsbeleid ter stimulering bio-based producten en het creëren van een level playing field – d.m.v. accijnzen, BTW, heffingen		X		X	Nederlandse overheid aan zet
Actief investeringsbeleid voor bedrijven ter stimulering bio-based productie		X		X	Nederlandse overheid aan zet
Actief R&D/kennisbeleid ter stimulering bio-based economie	X			X	NL en EU aan zet. Lijkt op orde.
Actieve rol overheid als launching customer – green public procurement (GPP)		X		X	NL en EU aan zet. Momenteel niet of nauwelijks ingevuld.
Knelpunten regelgeving: 1) Snelheid in vergunningverlening afvalscheidings-/composteerinstallatie, 2) Aanpassing definitie agrarische bestemming/ grondbeleid, 3) Aanpassing wetgeving rond dierlijke mest, definities afval en grondstof 4) Creëren fysieke experimenteerruimte		X		X	NL en regionale overheid aan zet
Open, multilaterale handel en dito instituties (WTO) (voorwaardenscheppend)	X			X	EU, G-8. Door NL niet te beïnvloeden.
Ontbreken Europese en internationale standaarden en certificering biomassa, groene grondstoffen, bio-based producten		X		X	Door overheden en industrie voortvarend op te pakken
Negatieve prikkels die uitgaan van andere vormen van beleid: EU landbouwbeleid; EU handelsbeleid (importheffingen); EU afvalbeleid (recycling/reststromen); EU verpakkingsbeleid	X			X	EU aan zet
Negatieve prikkels die uitgaan van Europese biobrandstofrichtlijn, bijmenging en bijsmaak op ontwikkeling bio-based producten (in aanbod biomassa en in investeringsrichting)	X			X	NL en EU aan zet.
Positieve prikkels EU CO2-beleid die verder versterkt kunnen worden door toerekening bio-based (bijdrage aan CO2 reductie) goed te regelen. Vereist standaarden die berekeningen (boekhouding) mogelijk maken	X			X	EU aan zet.
Nationaal beleid weinig gericht op bio-based (bijv. afval; landbouw). Ontbreken van een integraal en eenduidig bio-based beleid		X		X	
Versnipperd nationaal kennis- en innovatiebeleid gericht op bio-based		X		X	

TABEL 2.6. SAMENVATTING TRENDS POLITIEK / BELEID

## 3 INNOVATIESYSTEMEN

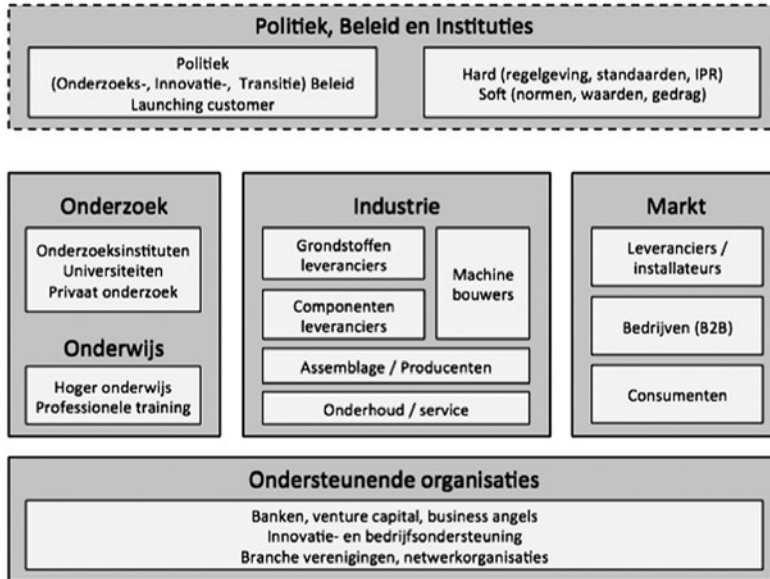
Om zicht te krijgen op kritische succesfactoren en de realisatie van een bio-based economie in ons land te versnellen, is naast een omgevingsanalyse ook een analyse van sleutelactiviteiten van het Nederlandse innovatiesysteem uitgevoerd. Gelet is op sterkten/zwakten in dit innovatiesysteem die de komende 5 tot 10 jaar bepalend zijn voor de snelheid van de ontwikkeling van een bio-based economie. Daarbij is gebruik gemaakt van de methodiek van de innovatiesysteemanalyse.

### 3.1 INNOVATIESYSTEEMANALYSE

De innovatiesysteemanalyse (ISA) is ontwikkeld om zicht te krijgen op de actoren en processen die de ontwikkeling en toepassing van een specifieke technologie beïnvloeden. De centrale gedachte achter de ISA is dat het succes van opkomende technologieën niet alleen wordt bepaald door de technologische en economische karakteristieken, maar ook door de kwaliteit van de interacties binnen het systeem van actoren (bedrijven, overheden, kennisinstellingen, maatschappelijke groepen), instituties (regels, wetten, routines) en technologieën.

Figuur 3.1 geeft een schematisch beeld van een innovatiesysteem. In een goed werkend innovatiesysteem zijn de verschillende elementen, de actoren, instituties en technologieën min of meer op elkaar afgestemd. Bij systeeminnovaties is het vaak zo dat deze interacties nog nauwelijks bestaan. Het innovatiesysteem is dan nog in ontwikkeling. Een ISA biedt inzicht in de stand van zaken rondom deze ontwikkeling door de elementen en hun ontwikkeling te beschrijven en te analyseren.

Een zevental specifieke functies of sleutelprocessen van dit innovatiesysteem dient goed te functioneren, wil het systeem met enig succes innovaties voortbrengen. Het gaat om kennisontwikkeling, kennisverspreiding, ondernemersactiviteiten, mobilisering van middelen, marktvorming, richting



FIGUUR 3.1: SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EEN INNOVATIESYSTEEM VOLGENS HEKKERT ET AL. (2011)

geven aan het zoekproces en ondersteuning door belangengroepen. Deze systeemfuncties dienen voldoende sterk ingevuld te zijn, om innovaties hun weg te laten vinden naar marktgerichte toepassingen. Een onderbouwing hiervan is te vinden in het werk van Roald Suurs, Simona Negro en Marko Hekkert.

De ontwikkeling van een innovatiesysteem komt in een versnelling wanneer de systeemfuncties elkaar gaan versterken. Voor zo'n samenspel van elkaar versterkende systeemfuncties is het woord innovatiemotor geïntroduceerd. Er zijn tot nu toe vier verschillende innovatiemotoren onderscheiden: de wetenschap- en technologie-motor, de ondernemersmotor, de systeemmotor en de marktmotor. Ook al zijn innovatiemotoren ideaaltyperingen van een complexe realiteit, in hun relatieve eenvoud zijn ze geschikt om de ontwikkelingsfasen van een innovatiesysteem naar volwassenheid te verbeelden. Iedere innovatiemotor heeft specifieke krachten en zwakten.

Tabel 3.1 geeft een samenvatting van de belangrijkste karakteristieken van elke innovatiemotor. Voor een opkomend innovatiesysteem is het van belang te weten dat het systeem in ontwikkeling moet worden gebracht door zwakke motoren alvorens er sterke motoren kunnen ontstaan. In een vroege fase van het innovatieproces zijn toevalligheden en externe factoren nog van grote invloed, maar naarmate het innovatieproces vordert en het innovatiesysteem als geheel meer volwassen wordt, neemt die gevoeligheid voor externe factoren af.

### 3.2 MEERDERE INNOVATIESYSTEMEN IN ONTWIKKELING

Ontwikkelingen in de richting van een bio-based economie zijn al vele jaren gaande. Zo wordt bijvoorbeeld al ruim tien jaar gewerkt aan de ontwikkeling van bioplastics voor toepassing in commerciële producten zoals plantpotten, wortelnetten en verpakkingen. Ook wordt al geruime tijd gewerkt aan de productie van chemicaliën uit biomassa voor toepassing in de bulk- en de fijnchemie. Baanbrekend werk is ook verricht in de benutting van nieuwe biograndstoffen (bijvoorbeeld algen en grassen), vaak mogelijk gemaakt door de ontwikkeling van verfijnde vormen van bioraffinage die functionele ingrediënten steeds beter kunnen isoleren uit planten.

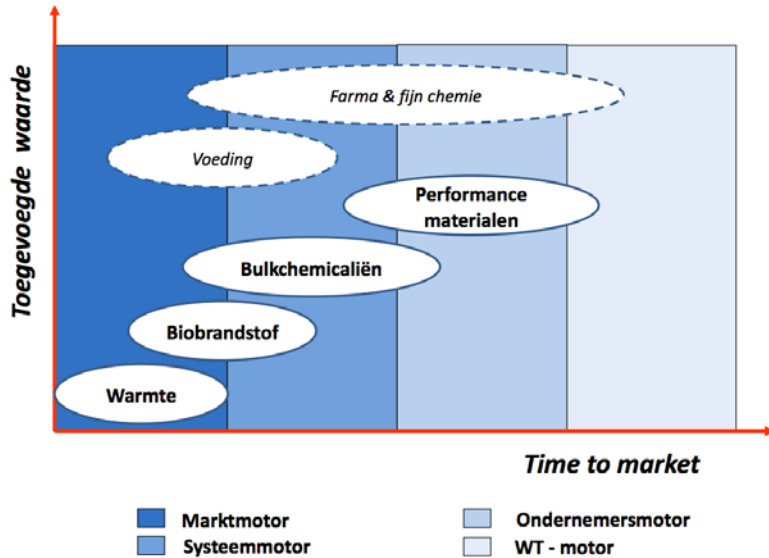
De ontwikkelingen richting een bio-based economie zijn veelvoudig, zoals blijkt uit de gelijktijdige aanwezigheid van meerdere innovatiesystemen. Verschillende clusters van bedrijven en kennisinstellingen werken in ons land binnen niches aan de realisatie van een bio-based economie. Deze niches ontwikkelen zich onafhankelijk van elkaar en verkeren in uiteenlopende ontwikkelingsstadia. Figuur 3.2 geeft hiervan een globaal overzicht.

Het meest volwassen is het innovatiesysteem rond *Warmte uit biomassa*, waarin biomassa wordt verbrand voor productie van elektriciteit en warmte. Het gaat hier om grote bedrijven uit de energie- en afvalsector, zoals AVI's en kolencentrales, die biologische reststromen (agrosector en voedings- en genotmiddelenindustrie) en vooral geïmporteerde houtpellets verwerken. Ook de verbranding van biomassa in industriële ketels en bioWKK valt binnen dit cluster. Innovaties zijn hier gericht op verhoging van het aandeel biomassa en op efficiëntieverhoging van het verbrandingsproces. Energieproductie is het enige doel.

	WT-MOTOR	ONDERNEMERSMOTOR	SYSTEEMMOTOR	MARKTMOTOR
<b>Kennisontwikkeling:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontwikkeling van nieuwe kennis of van nieuwe combinaties van bestaande kennis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamentele kennis</li> <li>• Concept-ontwikkeling</li> <li>• Laboratoriumstudies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toepassingsgerichte kennis</li> <li>• Haalbaarheidsstudies</li> <li>• Pilot-experimenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstratieprojecten</li> <li>• Kennis t.b.v. opschaling</li> <li>• Commercialisatie</li> <li>• Demonstratieprojecten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennis voor optimalisatie</li> <li>• Kennis over markttrends</li> <li>• Mitigeren van (negatieve) neveneffecten</li> </ul>
<b>Kennisverspreiding:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennisdifфуsie en uitwisseling van praktijkervaringen, delen van (positieve) verwachtingen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennis tussen ontwikkelaars en via academische kanalen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennisuitwisseling binnen projecten</li> <li>• Tussen ontwikkelaars, financiers en launching customers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennisverspreiding over projecten heen</li> <li>• Coördinatie van kennisstromen door platform-organisaties of intermediairen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennisverspreiding volledig geformaliseerd in netwerken en opleidingsinstellingen</li> <li>• Coördinatie door branchen en sector-organisaties</li> </ul>
<b>Ondernemersactiviteiten:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontwikkeling en marktintroductie van nieuwe producten en diensten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondernemers niet betrokken</li> <li>• Eventueel een rol bij articuleren markt vraag of als potentiële launching customer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondernemers (vaak MKB) zien marktkansen</li> <li>• Bedrijven initiëren haalbaarheidsstudies en pilots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondernemersactiviteiten worden versterkt door kapitaal krachtige bedrijven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ondernemersactiviteiten zijn onderdeel geworden van mainstream ontwikkelingen binnen branches/ sectoren</li> </ul>
<b>Mobiliseren van middelen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensen, vaardigheden, Faciliteiten, Financiering en Risicokapitaal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publieke financiering</li> <li>• Tijdelijke programma's</li> <li>• Beperkte inzet van mensen en middelen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publiek-private financiering</li> <li>• Bedrijven participeren met R&amp;D-middelen</li> <li>• Projectmatige samenwerking</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publiek-private financiering</li> <li>• Kapitaal krachtige bedrijven investeren in productiefaciliteiten en infrastructuur</li> <li>• Gecoördineerde samenwerking in consortia en (tijdelijke) instituten</li> <li>• Schaarste in goed opgeleide arbeidskrachten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Private financiering, o.m. door banken</li> <li>• Investeringsbeslissingen in relatief stabiele marktomgeving</li> <li>• Productiemiddelen, zoals grondstoffen en personeel zijn voldoende beschikbaar</li> </ul>
<b>Marktvorming:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontwikkeling van niche-markt tot volwassen markt</li> <li>• Ontwikkeling vraag van gebruikers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Er is geen reële markt. Positieve marktverwachtingen gecommuniceerd in visies / roadmaps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marktperspectief zeer onzeker</li> <li>• Marktniches voor eerste toepassingen</li> <li>• Toets en communicatie van (positieve) markt verwachtingen in pilots</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concreet perspectief op substantiële marktomvang</li> <li>• Opschaling vereist aanpassingen in technologie, faciliteiten, infrastructuur, organisatie en regelgeving</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volwassen, relatief stabiele marktomgeving</li> <li>• Substantiële marktomvang</li> <li>• Bedrijven mikken op vergroting marktaandeel en ontwikkelen spin-offs</li> </ul>
<b>Richting geven aan het zoekproces:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Convergentie van visies en verwachtingen</li> <li>• Ontwikkeling van trekkracht en draagvlak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grote diversiteit in verwachtingen</li> <li>• Visies geven richting aan kennisprogramma's</li> <li>• Trekkracht en draagvlak zijn beperkt en diffuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visies convergeren</li> <li>• Interacties tussen ontwikkelaars en overheden voeden beloften en draagvlak</li> <li>• Resultaten van pilots bepalen trekkracht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visies en verwachtingen worden gedragen door kapitaal krachtige bedrijven en formele structuren</li> <li>• Trekkracht en draagvlak zijn groot</li> <li>• Maatschappelijke acceptatie nog onzeker</li> <li>• Onderhandeling over gewenste regelgeving, infrastructuur en standaarden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visies geconsolideerd in regulering, infrastructuur en organisatie van de markt</li> <li>• Bedrijven opereren binnen de grenzen en routines van deze markt</li> </ul>
<b>Ondersteuning door belangengroepen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lobby door opinieliders en stakeholders</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alleen lobby door (georganiseerde) belangengroepen bij controversiële issues</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partijen zoeken positie</li> <li>• Kritische geluiden markeren startend debat</li> <li>• Lobby van ondernemers voor projectfinanciering</li> <li>• Politieke speelveld nog niet uitgekristalliseerd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professionele lobby door nieuw opgerichte platformen en bestaande belangengroepen</li> <li>• Onderhandeling en/of strijd over politiek-economische issues</li> <li>• Speelveld kritaliseert uit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Professionele lobby door branche-organisaties richt zich op bewaken van bestaande marktstructuren</li> </ul>

TABEL 3.1: KARAKTERISTIEKEN VAN INNOVATIEMOTOREN (GEBASEERD OP SUURS, 2009; SUURS & HEKERT, 2011)





FIGUUR 3.2: OVERZICHT VAN INNOVATIESYSTEMEN IN DIVERSE ONTWIKKELINGSSTADIA

Het innovatiesysteem rondom *Warmte uit biomassa* wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een relatief stabiele markt. Bestaande standaarden en regelgeving hebben de afgelopen jaren geleid tot een toenemend marktaandeel. Traditionele partijen uit de energiesector zijn daarbij richting gevend. Deze kenmerken wijzen op de aanwezigheid van een marktmotor (zie Tabel 3.1).

Vanuit het oogpunt van hoogwaardige benutting van biomassa biedt het innovatiesysteem rond *Biobrandstoffen* meer perspectief. Binnen dit systeem zijn bedrijven uit de chemie-, de energie- en de transportsector actief. Zij importeren en produceren vloeibare brandstoffen voor toepassing als brandstof in de transportsector. Door Europese regelgeving is dit tot nu toe een commercieel rendabele activiteit. Ook activiteiten op het gebied van groen gas uit biomassa passen binnen dit cluster. Hier gaat het bijvoorbeeld om kleinschalige vergisting op landbouwbedrijven, maar ook om meer grootschalige vergisting en vergassing van biomassa door energiebedrijven.

Ook het innovatiesysteem rondom *Biobrandstoffen* kent de karakteristieken van een Marktmotor. Toch zijn er ook kenmerken van de Systeemmotor (zie Tabel 3.1). Zo is de politieke besluitvorming wat betreft de certificering van biobrandstoffen nog geenszins uitgekristalliseerd. De aanvoer van duurzame, bruikbare en betaalbare biomassa-stromen is mede hierdoor onzeker. Op termijn ziet het bovendien naar uit dat de huidige productiestructuur (gebaseerd op 1G biobrandstoffen) zal moeten worden vervangen door meer geavanceerde faciliteiten (gebaseerd op 2G biobrandstoffen). Het is nog de vraag of de partijen die nu geïnvesteerd hebben in de eerste markt voor biobrandstoffen uiteindelijk voorop zullen lopen bij deze doorontwikkeling.

Uit het innovatiesysteem rond *Biobrandstoffen* ontwikkelt zich momenteel een nieuw innovatiesysteem rond *Bulkchemicaliën*, waarin verbindingen worden gelegd tussen groene chemie en petrochemie. Hier gaat het bijvoorbeeld om de productie van etheen uit biomassa, een van de traditionele bouwstenen of platformmoleculen van de grootschalige petrochemie. Voor vrijwel alle platformmoleculen van de petrochemie is een bio-based alternatief in ontwikkeling, maar grootschalige productie rendeert op dit moment niet ten opzichte van de relatief lage olieprijs.

Het innovatiesysteem rondom *Bulkchemicaliën* draait volledig om het geleidelijk hervormen van de bestaande chemische industrie. Het wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een grootschalige infrastructuur van de (bulk)chemie, de energie- en de transportsector, waarin bio-based chemicaliën relatief makkelijk zijn in te passen. Een markt voor biochemicaliën is er nu nog nauwelijks maar op korte termijn worden commerciële doorbraken verwacht. Deze zijn grotendeels afhankelijk van ingrijpende aanpassingen in bestaande (fiscale) wet- en regelgeving. Dit wijst op de aanwezigheid van een Systeemmotor (zie Tabel 3.1).

Het vierde innovatiesysteem dat we hier onderscheiden, *Performance materialen*, wordt getrokken door bedrijven die specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten toepassen in producten. Er zijn inmiddels veel voorbeelden van commerciële producten zoals een plantenpot op basis van aardappelzetmeel of een kabelgoot gemaakt van houtvezels. In veel gevallen is het marktperspectief voor dergelijke toepassingen nog onduidelijk.

De technologische basis van het innovatiesysteem rondom *Performance materialen* is zeer divers; het omvat alle bio-based innovaties die momenteel veilig zijn en geschikt voor toepassing. Helder is dat het hier gaat om (potentiele) business cases gecentreerd rondom nieuwe productiestructuren. Er wordt geëxperimenteerd met nieuwe waardeketens die meerdere sectoren omvatten, in veel gevallen door MKB-ers en/of lagere overheden. De betrokken actoren zijn relatief zwak georganiseerd en werken doorgaans samen in projectverband. Dit wijst op de werking van een Ondernemersmotor (zie Tabel 3.1). Delen van dit innovatiesysteem zullen echter sterk gedreven worden door ontwikkelingen in de markt (met name waar het gaat om niches en rondom Biochemicalien). Kansen voor doorontwikkeling van dit innovatiesysteem liggen vooral in een groeiende vraag van consumenten naar hoogwaardige producten die alleen natuurlijke ingrediënten bevatten en biologisch afbreekbaar zijn.

Op de korte termijn, de komende 5 tot 10 jaar, spelen deze vier innovatiesystemen een cruciale rol in de realisatie van een bio-based economie in Nederland. Op de langere termijn zullen biogrondstoffen ook bredere toepassing vinden binnen de fijnchemie (in coatings, kleurstoffen, etc.) en de farmaceutische industrie. Kennisinstellingen en bedrijven werken o.m. aan de ontwikkeling van geavanceerde raffinagetechnieken (ontsluiting en scheiding) om waardevolle bestanddelen uit planten of complexe mengsels te kunnen worden isoleren. Ook wordt fundamenteel onderzoek verricht naar het verkrijgen van inhoudsstoffen eiwitten, koolhydraten, oliën en lignine in specifiek geteelde gewassen.

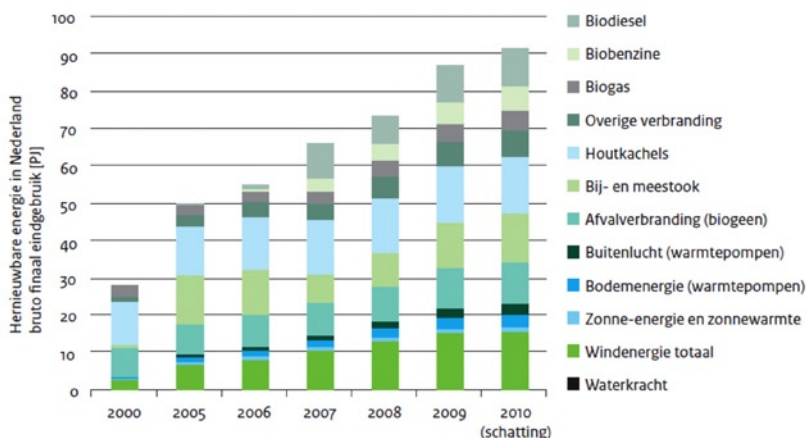
In de volgende paragrafen zullen we dieper ingaan op de vier onderscheiden innovatiesystemen en kort op de onderzoeklijnen ten behoeve van doorbraken op de langere termijn.

### 3.3 WARMTE EN ELEKTRICITEIT UIT BIOMASSA

Het innovatiesysteem rond *Warmte en elektriciteit uit biomassa*, waarin biomassa wordt verbrand voor productie van elektriciteit en warmte, heeft de karakteristieken van een door overheidsbeleid gedreven marktmotor. Bijna alle systeemfuncties zijn op peil: kennisontwikkeling, kennisdiffusie, visievorming, het mobiliseren van middelen, ondernemersactiviteiten en marktvoorming.

In Nederland is de markt voor productie van warmte en elektriciteit uit biomassa de afgelopen 10 jaar sterk ontwikkeld, met name gestimuleerd door Europese en nationale regelgeving op het gebied van energie en klimaat. Kijken we primair naar business-gedreven markt*vorming* (op basis van bestaande wet- en regelgeving) dan draait de markt*motor* in Nederland momenteel vrijwel volledig om de inzet van biomassa als (beoogd) duurzame energiebron. We hebben het over een bijdrage van ongeveer 65PJ, wat overeenkomt met enkele miljoenen tonnen droge stof per jaar. Ter vergelijking, het finaal energieverbruik in Nederland voor 2010 bedraagt 2865 PJ (Energie-Nederland, 2011).<sup>8</sup> De grootste energiebijdrage wordt geleverd door verbranding van biomassa: in AfvalVerbrandings-Installaties (AVI's), door bij- en meestook met fossiele energiedragers in grote elektriciteitscentrales en door verbranding in particuliere of industriële kachels.

Een overzicht van alle vormen van biomassa-inzet is weergegeven in figuur 3.3 en in tabel 3.2. Naast verbranding van biomassa ten behoeve van de productie van elektriciteit en warmte is ook de ontwikkeling in productie van biodiesel en biobenzine ten behoeve van transport weergegeven (zie ook volgende paragraaf).



FIGUUR 3.3: BIOMASSA IN DE NEDERLANDSE ENERGIESECTOR

BRON: WEBSITE AGENTSCHAPNL 2011.<sup>9</sup>

8 Agentschap NL (2011) Status document bio-energie 2010 - Nederland. Maart 2011

Categorie	Sector	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AVI's	Elektriciteit	4,56	4,72	5,02	5,07	5,72	6,29
	Warmte	3,52	3,87	3,84	4,07	5,01	4,80
Bij- en meestook	Elektriciteit	12,42	11,68	6,54	8,09	11,17	11,91
	Warmte	0,69	0,55	0,82	0,79	0,91	1,14
Kachels huishoudens	Warmte	11,10	11,56	12,06	12,17	12,29	12,32
Kachels bedrijven	Warmte	2,07	2,31	2,55	2,69	2,79	2,88
Overige verbranding	Elektriciteit	0,85	0,85	0,91	2,39	3,23	3,48
	Warmte	2,25	3,08	3,26	3,34	3,23	3,30
Biogas	Elektriciteit	1,03	1,26	1,80	2,59	3,18	3,26
	Warmte	0,31	0,24	0,38	0,49	0,56	0,68
	Ruw biogas	1,36	1,33	1,09	1,01	1,10	1,35
Biobenzine	Transport	0	0,79	3,69	4,52	5,77	6,73
Biodiesel	Transport	0,10	0,97	9,34	7,52	9,84	9,91
	<b>Totaal (PJ)</b>	<b>40,25</b>	<b>43,21</b>	<b>51,31</b>	<b>54,74</b>	<b>64,81</b>	<b>68,06</b>

TABEL 3.2: GEBRUIK VAN BIO-ENERGIE IN BRUTO FINAAL EINDGEBRUIK (PJ) IN DE SECTOREN ELEKTRICITEIT, WARMTE EN TRANSPORT IN DE PERIODE 2005-2010  
BRON: WEBSITE AGENTSCHAPNL 2011.<sup>9</sup>

Diverse vormen van marktstimulering door de overheid vormen de drijvende kracht achter de opkomst van verbranding van biomassa ten behoeve van warmte en elektriciteit. Het gaat om een divers pakket aan wet- en regelgeving dat de afgelopen jaren is geïntroduceerd, zowel in nationaal als in Europees verband, met als overkoepelend doel de verduurzaming van de Europese / Nederlandse energiehuishouding. De belangrijkste marktinstrumenten zijn samengevat in het onderstaande tekstkader.

### **Marktinstrumenten ter bevordering van benutting van biomassa in de energiesector<sup>9</sup>**

#### **MEP / SDE+**

Voor elektriciteit geproduceerd door omzetting van biomassa, wind-energie, waterenergie en zonne-energie en WKK installaties kon tot augustus 2006 MEP subsidie worden aangevraagd. De regeling Stimulering Duurzame Energie SDE is de opvolger van de MEP. Sinds 2008 vergoedt de SDE de onrendabele top van duurzame energie per energie-eenheid (kWh). Specifiek voor het gebruik van biomassa kon in 2010 subsidie aangevraagd worden voor afvalverbranding, biogas

<sup>9</sup> Agentschap NL (2011) Status document bio-energie 2010 - Nederland. Maart 2011

productie bij AWZI's en RWZI's, thermische conversie en vergisting van vaste en vloeibare biomassa. Het budget in 2010 was 651 miljoen euro voor elektriciteit uit biomassa en 214 miljoen euro voor gas uit biomassa. In 2011 wordt de SDE+ van kracht. Een aangekondigde verandering is dat vanaf 2012 ook projecten die uitsluitend warmte produceren in aanmerking komen voor subsidie.

### **Renewable Energy Directive (RED)**

Op 25 juni 2009 is de Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, oftewel de Renewable Energy Directive (RED, 2009/28/EG) in werking getreden. Deze richtlijn schrijft voor dat in 2020 in de Europese Unie als geheel minimaal 20 procent van het energieverbruik moet bestaan uit hernieuwbare bronnen. De RED vervangt de bestaande biobrandstoffenrichtlijn. De richtlijn hernieuwbare energie schrijft voor de sector verkeer en vervoer een specifieke doelstelling voor, namelijk dat in 2020 minimaal 10 procent van alle transportbrandstoffen (benzine, diesel, biobrandstoffen in weg- en railvervoer en elektriciteit) uit hernieuwbare bronnen moet komen. Het kan hierbij gaan om biobrandstoffen (bijvoorbeeld biodiesel en bio-ethanol) maar ook hernieuwbare elektriciteit en waterstof tellen mee voor de doelstelling. De nationale doelstellingen (die verschillen per lidstaat) worden uitgewerkt in nationale actieplannen waarin ook wordt aangegeven welke maatregelen zijn/worden genomen om deze doelstellingen te behalen. Voor Nederland is het nationale streefcijfer 14 procent in 2020.

### **Fuel Quality Directive**

Naast de RED worden brandstofleveranciers door de FQD (Fuel Quality Directive, 2009/30/EC) verplicht om vanaf 2011 de CO<sub>2</sub>-uitstoot te reduceren met minimaal 6 procent in 2020. Deze eis geldt voor de gehele productieketen; 'from well to wheel'.

De visie achter deze marktinstrumenten is op Europees niveau tot stand gekomen in het kader van de 20-20-20 doelstelling. De EU heeft deze markt gecreëerd om haar klimaatbeleid kracht bij te zetten. De verwachting is dat biobrandstoffen een belangrijke bijdrage zullen leveren voor het behalen van de 10% inzet van duurzame energie en 6% broeikasgasreductie in 2020 (European Expert Group, 2011).

De genoemde marktinstrumenten hebben er toe geleid dat er de nodige ondernemersactiviteiten zijn ontstaan. Primair zijn het traditionele energiebedrijven die op deze nieuwe markt opereren. In de elektriciteitssector zien we dat biomassa wordt ingezet in met name kolencentrales. In 2005-2006 bereikte dit een hoogtepunt met de grootschalige import van palmolie. Als gevolg van maatschappelijke weerstand is de inzet van biomassa daarna sterk gedaald maar sindsdien neemt de bijstook weer toe door inzet van vaste biomassa. Er wordt voornamelijk gebruik gemaakt van geïmporteerde houtpellets. Andere vormen van vaste biomassa zijn houtchips, afvalhout en niet nader gespecificeerde bronnen (niet-houtachtige uit primaire landbouw of agro-industrie). In de afgelopen jaren zijn er ook veel (co-)vergistingsinstallaties gebouwd, waarbij biogas wordt omgezet in elektriciteit.

De handel in biomassa kan sinds kort ook via de beurs. De APX Endex heeft de handel in olie en gas uitgebreid naar biomassa, meer specifiek houtpellets. De beurs biedt een transparante prijs aan marktpartijen en heldere technische - en duurzaamheidsspecificaties. Deze biomassabeurs is de eerste in de wereld. Fysieke levering vindt in de Rotterdamse haven plaats.

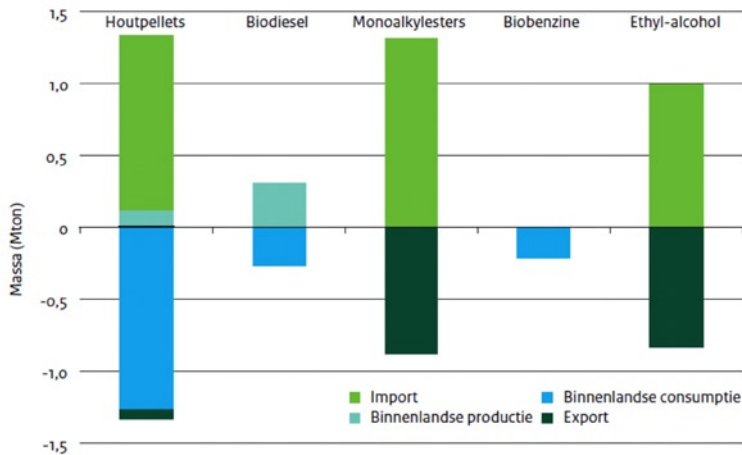
De marktmotor wordt op dit moment belemmerd door twee belangrijke onzekerheden. Een belangrijke onzekerheid betreft de wenselijkheid van de huidige energiebenutting van biomassa. De maatschappelijke dialoog over grootschalige benutting van biomassa voor non-food toepassingen is nog lang niet afgerond, maar te verwachten is dat op termijn meer draagvlak bestaat voor hoogwaardige toepassingen dan voor grootschalige verbranding voor winning van elektriciteit en warmte.

De tweede belangrijke onzekerheid betreft wet- en regelgeving rond grootschalige biomassahandelsstromen. Op dit moment worden deze gekanaliseerd door een historisch gegroeid systeem van regelgeving. Import- en export-tarieven worden om de paar jaar aangepast. Deze regelgeving is om uiteenlopende redenen in beweging. Dit schept onzekerheid die belemmerend werkt voor het aantrekken van ondernemers die willen investeren in nieuwe waardenketens.

### 3.4 BIOBRANDSTOFFEN

Rond de productie van gasvormige en vloeibare biobrandstoffen is de afgelopen 2 – 3 jaar een innovatiesysteem op gang gekomen dat eveneens karakteristieke heeft van een overheidsgedreven marktmotor.

De markt voor biobrandstoffen is met name gestimuleerd door Europese en nationale regelgeving op het gebied van energie en klimaat. Het gaat om een divers pakket aan wet- en regelgeving dat de afgelopen jaren is geïntroduceerd, zowel in nationaal als in Europees verband, met als overkoepelend doel de verduurzaming van de Europese / Nederlandse energiehuishouding (zie voorgaand tekstkader over marktinstrumenten). Een overzicht van de productie, consumptie en handel van biomassa in 2009 is weergegeven in Figuur 3.4.



FIGUUR 3.4: OVERZICHT VAN DE NEDERLANDSE PRODUCTIE, CONSUMPTIE EN HANDEL VAN BIOMASSA IN 2009<sup>10</sup>

10 Agentschap NL (2011) Status document bio-energie 2010 – Nederland. Maart 2011.



De RED beperkt zich op dit moment tot biobrandstoffen en vloeibare biomassa en zet derhalve in principe niet in op andere soorten biomassa, zoals vaste biomassa zoals houtpellets). Biobrandstoffen en vloeibare biomassa tellen alleen mee voor het behalen van deze doelstellingen en komen alleen in aanmerking voor steunregelingen, als zij voldoen aan in de RED opgenomen duurzaamheidscriteria. De duurzaamheidscriteria van de RED zien – kort samengevat – toe op broeikasemissiereductie, biodiversiteit, koolstof-voorraden en cultivatie in veengebieden. Vereist is dat biobrandstoffen en vloeibare biomassa – in vergelijking met fossiele brandstoffen – over de hele keten een bepaalde emissiereductie opleveren. Op dit moment zijn de benodigde certificeringssystemen nog in ontwikkeling.<sup>11</sup> Derhalve is het nog onduidelijk hoe de duurzaamheidscriteria zullen doorwerken op de huidige markt voor biobrandstoffen.

Voor toepassing van biodiesel en bio-ethanol ten behoeve van transport geldt dat voor 2006 het gebruik marginaal was. Vanaf 2007 is de markt voor deze vloeibare brandstoffen snel gegroeid door de verplichting om een bepaald percentage van de afzet te betrekken van hernieuwbare bronnen (zie tabel 3.2). De benutting van gasvormige biobrandstoffen blijft hierbij relatief achter, omdat in de bestaande infrastructuur (wagenpark en tankfaciliteiten) minder eenvoudig is om deze te benutten. Wel wordt biomassa-vergisting al vele jaren op kleine schaal ingezet voor de productie van biogas ten behoeve van warmte en elektriciteit. Ontwikkelingen in de richting van schaalvergroting zijn gaande. Daarbij wordt biogas opgewaardeerd tot groen gas van aardgaskwaliteit, dat kan worden toegevoegd aan het bestaande aardgasnet.

Binnen het innovatiesysteem rond *Biobrandstoffen* werken grote bedrijven uit de chemie-, de energie- en de transportsector samen. Zij importeren en produceren vloeibare brandstoffen (biodiesel, monoalkylesters, biobenzine, ethyl-alcohol). Biodieselproducenten zijn voor hun voornaamste grondstof (plantaardige olie) vooralsnog afhankelijk van import.

---

11 S. Reintjes, 2012. Duurzaamheidscriteria voor biomassa in de EU en Nederland. Energerecht afl.1.

De regio's in Nederland waar momenteel wordt geïnvesteerd in productiecapaciteit voor bioenergie- / biobrandstofproductie zijn met name Rotterdam en de Eemsdelta. Uitgangspunt is dat de investeringen in deze regio's op termijn zullen leiden tot een gunstig klimaat voor andere bio based activiteiten.

Vier biobrandstoffenproducenten hebben gekozen voor Rotterdam als thuishaven (Havenbedrijf Rotterdam, 2011).<sup>12</sup> In de Rotterdamse haven wordt jaarlijks 1 Mton biomassa aangevoerd (pellets, hout en resthout). Deze aanvoer kan groeien naar 7 Mton ton in 2020.<sup>13</sup> Het Rotterdamse olie- en chemiecluster is aantrekkelijk voor het opzetten van nieuwe bio based activiteiten gekoppeld aan deze aanvoer (zie volgende paragraaf) (Energies, 2010).

Ook in de Eemsdelta wordt de basis voor de nieuwe investeringen gevormd door een haveninfrastructuur met twee diepzeehavens (Delfzijl en Eemshaven). In de Eemshaven wordt straks ruim een derde van de Nederlandse energie geproduceerd, waarbij de nieuwe centrales deels produceren op basis van biomassa. Het gaat daarbij om honderdduizenden tonnen. Daarbij is er een agrarisch achterland dat biomassa kan aanleveren. Ook andere bedrijven kunnen van dergelijke aanvoer profiteren. Zo is er een groot chemiecluster dat zich zal naar verwachting zal gaan vergroenen (Energy Valley, 2011).<sup>14</sup>

De Groen Gas-markt ontwikkelt zich momenteel niet verder. Voor vergisting is de verwachting dat er zich binnen een aantal jaren een regionale markt zou kunnen ontwikkelen op basis van mestafval. Het marktpotentieel van Groen Gas op basis van vergassingsproducten is veel grootschaliger. Door de verwachte grootschaligheid van deze installaties zal een beperkt aantal daarvan al in staat moeten zijn om in enkele procenten van de Nederlandse gasbehoefte te voorzien. Voor de benodigde biomassa is ech-

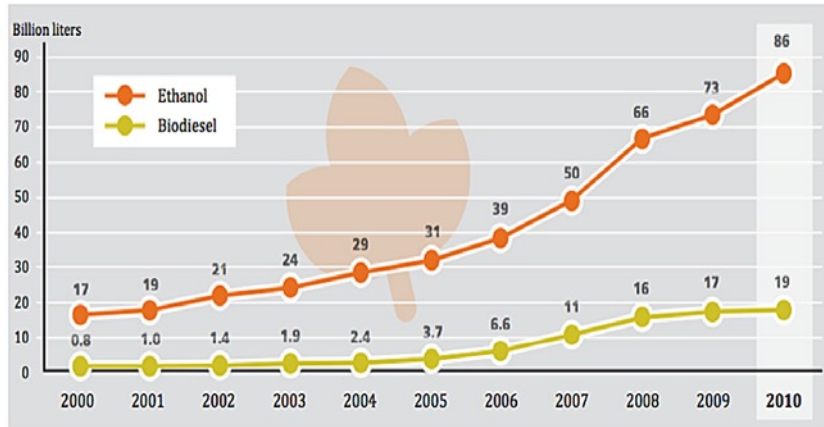
---

12 <http://www.portofrotterdam.com/nl/Business/natte-bulk/Pages/Chemie%20en%20bio-based%20industrie.aspx>

13 <http://www.clubvan30.nl/2011/11/11/bioport-rotterdam-in-de-startblokken/>

14 <http://www.energyvalley.nl/nl/archief/22702-bio-based-economy-in-de-eemsdelta-van-start>

ter import van vaste biomassa noodzakelijk. Daarom zijn havenlocaties preferent bij de ontwikkeling van vergassingsprojecten (Energies, 2008).



FIGUUR 3.5: GLOBAL ETHANOL AND BIODIESEL PRODUCTION 2000-2010 (REN, 21)

Een internationaal perspectief op de ontwikkelingen rondom biofuels laat zien dat deze innovatiemotor verder rijkt dan alleen Nederland. Zoals gezegd is het voornamelijk het Europese technologie-specifiek beleid dat een stimulans geeft aan biofuels en de daaraan gerelateerde industrie. Dit is overigens niet alleen in Europa zo maar ook in de Verenigde Staten en Brazilië.

Deze laatste twee landen zijn onbetwist de mondiale marktleiders, met name op het gebied van ethanol-productie (REN 21; WDR, 2008; KBBE, 2010). De sterke marktpositie in deze landen is voor nu gebaseerd op de grootschalige omzetting van graan, mais en suiker in bio-ethanol. Meer dan de helft van de wereldwijde ethanolproductie wordt gemaakt van mais (VS) en meer dan 1/3<sup>de</sup> wordt gemaakt van suikerriet (Brazilië). Binnen Europa zijn Frankrijk en Duitsland de belangrijkste producenten van ethanol. Onderstaande figuur geeft een internationale ranglijst van de belangrijkste biofuels producenten. Vanuit deze marktpositie investeren deze landen ook grootschalig in nieuwe 2G technologieën (USITC, 2008).

Country	Fuel ethanol	Biodiesel	Total
	billion liters		
1. United States	49	1.2	50.2
2. Brazil	28	2.3	30.3
3. Germany	1.5	2.9	4.4
4. France	1.1	2.0	3.1
5. China	2.1	0.2	2.3
6. Argentina	0.1	2.1	2.3
7. Spain	0.6	1.1	1.7
8. Canada	1.4	0.2	1.6
9. Thailand	0.4	0.6	1.0
10. Italy	0.1	0.8	0.9
11. Indonesia	0.1	0.7	0.8
12. Belgium	0.3	0.4	0.7
13. Poland	0.2	0.5	0.7
14. United Kingdom	0.3	0.4	0.7
15. Colombia	0.4	0.3	0.7
<b>World Total</b>	<b>86</b>	<b>19</b>	<b>105</b>
<b>EU Total</b>	<b>4.5</b>	<b>10</b>	<b>14.5</b>

FIGUUR 3.6: BIOFUEL-PRODUCTIE TOP 15 (REN21, 2011)

### 3.5 BIOCHEMICALIËN VOOR DE BULKCHEMIE

Het innovatiesysteem dat de afgelopen 2-3 jaar op gang is gekomen rond gasvormige en vloeibare biobrandstoffen functioneert als aanjager van een ander innovatiesysteem. Dit innovatiesysteem rond bio-based chemicaliën heeft de karakteristieken van een systeemmotor. Deze systeemmotor ontleent zijn kracht aan invloedrijke en kapitaalkrachtige actoren die de voor opschaling benodigde inpassing in infrastructuur en maatschappelijke structuren kunnen realiseren.

Een breed scala van technieken – zoals vergisting, vergassing, verestering, pyrolyse, Hydro Thermal Upgrading en Fisher Tropsch – is in ontwikkeling om biodiesel, biokerosine, bio-ethanol, bio-methaan, syngas<sup>15</sup> en waterstof

15 Syngas is een gasmengsel van waterstof (H<sub>2</sub>) koolmonoxide (CO), met een kleine hoeveelheid methaan (CH<sub>4</sub>)

uit biomassa te produceren. Deze producten zijn toepasbaar als *brandstof* voor elektriciteitsproductie en in mobiele toepassingen. Voor een aantal van deze producten geldt dat ze ook toepasbaar zijn als grondstof voor de bulkchemie, fijnchemie en farmacie. Deze hoogwaardiger toepassingen zijn op dit moment qua volume nog zeer beperkt, maar bieden uiteindelijk een hogere toegevoegde waarde.

### **Bio-ethanol**

Etheen is de meest geproduceerde koolwaterstofverbinding in de petrochemische industrie. Rotterdam is aangesloten op een Europees netwerk van etheenpijpleidingen waaraan vijftien chemiebedrijven in Nederland, België en Duitsland etheen onttrekken voor de fabricage van kunststoffen en producten als shampoo, antivries, verpakkingen, etc. Dit leidingennetwerk wordt nu gevoed met etheen op basis van aardolie en aardgas.

Uit bio-ethanol is door chemisch/katalytische omzetting op industriële schaal bio-etheen te bereiden. Dit bio-etheen kan fossiele etheen vervangen zonder dat afnemers hun productielijnen of producten hoeven aan te passen. Dit is een belangrijke voorwaarde voor een snelle implementatie: Bio-etheen kan binnen de bestaande infrastructuur door bijmenging geleidelijk worden geïntroduceerd.

De samenwerking die in het innovatiesysteem rond *Biobrandstoffen* tot stand is gekomen tussen de energie-, chemie- en transportsector, is voor de toekomst interessant vanwege de verbinding die wordt gelegd tussen de groene chemie en de petrochemie. Een uitvloeisel hiervan is dat voor vrijwel alle platformmoleculen van de petrochemie een bio-based alternatief in ontwikkeling is (zie figuur 3.7). Deze alternatieven zijn identiek qua samenstelling en werking en daardoor relatief makkelijk in te passen in de bestaande (grootschalige) infrastructuur van opslagtanks, buisleidingen en bulktransport van de petrochemie. Bij een stijgende olieprijs, of gerichte stimulering, wordt de overstap van petro naar bio in de bulkchemie renderend.

AANTAL C	FOSSIEL	GROENE GRONDSTOF	OP DE BAGAGE-DRAGER VAN...
C <sub>1</sub>	Synthesegas Methaan	Biomethanol uit glycerol: BioMCN Synthesegas uit glycerol Biogas/groen gas (methaan)	Groene energie Groene energie Groene energie
C <sub>2</sub>	Ethaan Etheen	Bio-etheen uit bio-ethanol, grootschalig in Rotterdam (PGG) Azijnzuur (fermentatie)	Groene energie  Voedselketen
C <sub>3</sub>	Propaan Propeen	Glycerol, afval biodiesel Melkzuur (fermentatie) 1,3 propaandiol (fermentatie) Propeenglycol uit glycerol (DOW)	Groene energie Voedselketen Voedselketen Groene energie
C <sub>4</sub>	Butaan Buteen Butadieen	N-butanol (fermentatie) Isobuteen uit isobutanol via fermentatie (Lanxes, Gevo)	Voedselketen Voedselketen
C <sub>5</sub>	Pentaaan Alifaten	Pentosesuikers	Nog te ontwikkelen
C <sub>6</sub>	Benzeen Aromaten	Hexosesuikers (glucose) Lignine	Nog te ontwikkelen
C <sub>7,8</sub>	Tolueen Xylenen Aromaten	Heptosesuikers Vetzuren Lignine	Nog te ontwikkelen

 FIGUUR 3.7: BASISBOUWSTENEN VOOR DE CHEMIE<sup>16</sup>

Drijvende kracht voor de vorming van dit innovatiesysteem is de Europese klimaatregelgeving. Voor de chemie speelt daarnaast de economische drive dat chemie op basis van biograndstoffen meer toekomst heeft dan de petrochemie.

Grote spelers in de Rotterdamse haven en het Rijnmondgebied, waar grootschalige faciliteiten voor op- en overslag en verwerking van aardolie en biobrandstoffen beschikbaar zijn, hebben een cruciale rol in de uitwisseling van biobrandstoffen en biograndstoffen binnen Europa. In eerste instantie

16 Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de Bio-based Economy (2011) Naar groene chemie en groene materialen. Kennis- en innovatieagenda voor de bio-based economy.

mikken zij op het importeren en doorvoeren van biomassa-bulkstromen ten behoeve van de energievoorziening. Met gebruik van de bestaande regelgeving willen zij de voorwaarden creëren om in tweede instantie op commerciële basis met bestaande technologieën 80% van het volume aan basischemicaliën uit biomassa te produceren. De vooronderstelling is dat er onvoldoende investeringsbereidheid is in faciliteiten voor productie, opslag en transport van biochemicaliën als bio-etheen, zolang er niet eerst een solide bulkstroom van biomassa (met voorspelbare prijs en kwaliteit) op gang is gekomen.

Voor doorontwikkeling van het innovatiesysteem rond bulkchemicaliën uit biomassa zijn een gedragen visie en de betrokkenheid van grote, internationaal opererende bedrijven en hun belangenorganisaties essentieel. Een leidend element in deze visies is het idee dat bedrijven uit de sectoren energie, chemie en agrofood geïntegreerde waardenketens kunnen vormen om zo een hogere toegevoegde waarde te genereren tegen lagere economische en maatschappelijke kosten. Een sterke troef is de beschikbaarheid van een grootschalige infrastructuur van de (bulk)chemie, de energie- en de transportsector, waarin bio-based methaan, etheen, propaan en butadieën relatief makkelijk zijn in te passen.

De grootschalige introductie van bio-based bulkchemicaliën zal gevolgen hebben voor de samenwerking tussen de energiesector en de chemiesector. Traditioneel is het zo dat de chemie haar producten maakt op basis van 'reststromen' uit de olie-industrie. De chemie lift als het ware mee met de energie. De waardenpyramide suggereert dat dit zal omkeren. Het is nog helemaal de vraag wat dit precies gaat betekenen en of de energiewereld (of alle andere betrokken sectoren) hier in zal meegaan.

Tegelijkertijd zal de samenwerking tussen de chemiesector en de agrosector nog moeten groeien. De kracht van grote petrochemische bedrijven met gevestigde belangen en een sterke, grootschalige infrastructuur kan een enorme impuls zijn voor de vorming van geïntegreerde waardenketens. De bestaande belangen van de chemiesector zijn hierdoor bovendien goed geborgd. Deze samenwerking kan echter onder druk komen staan zodra bijvoorbeeld kleinschalige, lokale initiatieven vanuit de agrofoodsector niet meer sporen met de belangen van de chemische industrie. Ook het tempo waarin bedrijven innovaties willen doorvoeren kan verschillen, bijvoorbeeld

omdat investeringen in installaties binnen de chemie een veel langere afschrijvingsperiode kennen dan in de agrosector gebruikelijk.

De ontwikkeling van deze systeemmotor is voor een belangrijk deel afhankelijk van ontwikkelingen in de olieprijs. Zo is bio-etheen bij de huidige olieprijs in economische zin geen aantrekkelijk alternatief voor etheen uit aardolie of aardgas. Naast de technische leercurve, de vorming van stabiele productketens en het gebrek aan schaalvoordelen in productie, is het vooral de lage olieprijs die de commerciële haalbaarheid van biochemicaliën tot dusverre belemmert.

Daarnaast zijn twee belangrijke onzekerheden van invloed. Een belangrijke onzekerheid betreft de duurzaamheid, en daarmee de wenselijkheid, van grootschalige non-food toepassing van biomassa. De maatschappelijke dialoog over energie uit biomassa is nog niet afgerond en krijgt in het kader van de benutting van biomassa voor chemie, farmacie en andere non-food-sectoren een vervolg.

De tweede onzekerheid betreft de kwaliteit van grootschalige biomassastromen. Biomassa is een complexe grondstof vergeleken met olie of gas. Voor de meeste energietoepassingen is alleen de verbrandingswaarde van belang, maar voor toepassing als transportbrandstof worden andere karakteristieken relevant. Zo is met de huidige technologie slechts een deel van de biomassa om te zetten in vloeibare brandstoffen. Een bio-based chemie zal zich uiteindelijk richten op een nog specifiekere onderdeel van de biomassastroom. Op dit moment is de kwaliteit, de prijs en de potentiële omvang van toekomstige biomassastromen nog onbekend. De enige manier om hier verandering in te brengen is om waardenketens in de praktijk te brengen. Voor energie- en brandstoftoepassingen is dit momenteel al gaande maar voor andere toepassingen nog nauwelijks.

Wereldwijd worden de innovaties rondom de ontwikkeling van biochemicaliën gezien als een belangrijke groeiemarkt; met jaarlijkse groeicijfers van 50% (KBBE, 2010). Bovendien zou de grootschalige productie van platformmoleculen een regionale R&D-dynamiek op gang kunnen brengen. Over het algemeen zijn de Verenigde Staten, Brazilië en China marktleiders op het gebied van industriële biotechnologie (OECD, 2011; KBBE, 2010). Europa loopt voorop op deelgebieden, bijvoorbeeld waar het enzym-technologie betreft.



De positie van Nederland (ten opzichte van andere Europese landen) is moeilijk te beoordelen op basis van de bestaande bronnen. De OECD Biotechnology Statistics Database (OECD, 2011) laat Nederland niet als koploper zien. Landen als Frankrijk, Spanje, Duitsland en zelfs een klein land als België staan volgens deze data hoger in rankings van actieve bedrijven en R&D uitgaven. Dit ondanks het gegeven dat Nederland enkele sterke R&D-clusters heeft op het gebied van agrofood en petrochemie.

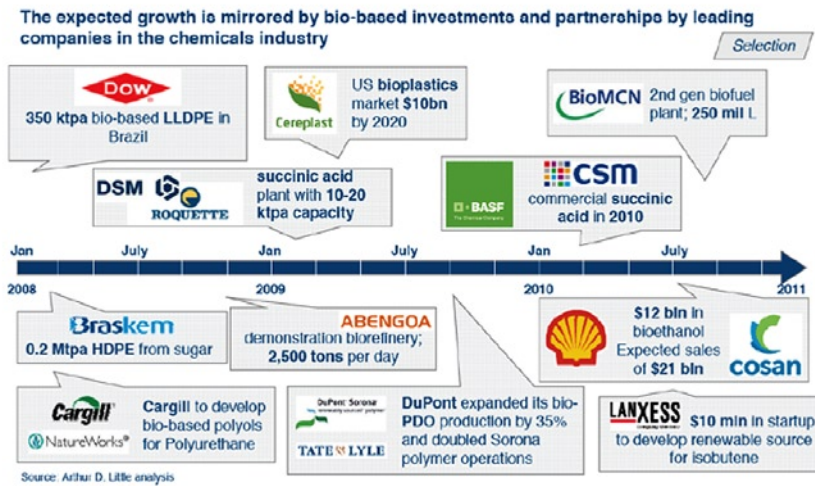
### 3.6 PERFORMANCE MATERIALEN

Van oudsher zijn ondernemers al actief op de markt voor biomaterialen. Denk bijvoorbeeld aan de toepassing van rubber en aan de papier- en kartonindustrie. Recent zijn daar bedrijven bijgekomen die bestaande producten produceren met specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten. Van deze nieuwe biopolymeren wordt verwacht dat zij op termijn op de bestaande markt voor kunststoffen zullen concurreren. Rondom deze verwachtingen ontwikkelt zich een innovatiesysteem met karakteristieken van een ondernemersmotor. Hierin initiëren ondernemers – eventueel samen met kennisinstellingen – experimenten om de technische en commerciële haalbaarheid van materiaal- en productinnovaties te testen. Marktvorming is in dit stadium van ontwikkeling doorgaans zwak maar komt in de vorm van nichemarkten wel op gang.

In een studie in opdracht van het Ministerie van LNV zijn in 2008 15 kansrijke bio-based producten of productgroepen geselecteerd. De selectie vond plaats op basis van technologische haalbaarheid, *time-to-market*, toegevoegde waarde, duurzaamheid en aansluiting bij de Nederlandse agrosector en de Nederlandse chemische industrie. Commerciële veelbelovend en relevant voor de Nederlandse industrie zijn onder meer *Polymelkzuur*, *Agrovezel composieten*, *Itaconzuur* en *Thermoplastisch zetmeel*.

De afgelopen jaren zijn een aantal bedrijven daadwerkelijk gestart met de realisatie van commerciële businesscases rondom biopolymeren. Een mooi voorbeeld is PURAC. Dit dochterbedrijf van CSM maakt melkzuurproducten gericht op verbetering van de kwaliteit en houdbaarheid van voedsel. Daar is de afgelopen jaren met bioplastics een nieuwe toepassing bijgekomen voor bijvoorbeeld hittebestendig verpakkingsmateriaal en interieurs van auto's. Nu vormt melkzuur nog de basis van het proces, maar

nog voor 2015 kan het melkzuur vervangen worden door iedere vorm van biomassa, zoals maïs, cellulose als afvalproduct van papierproductie en houtsnippers.<sup>17</sup> Deze en diverse andere bedrijven hebben inmiddels forse investeringen gedaan in nieuwe productiefaciliteiten. Figuur 3.8 geeft hiervan een overzicht.



FIGUUR 3.8: INVESTERINGEN EN PARTNERSHIPS DOOR CHEMIEBEDRIJVEN (BRON: AGENTSCHAPNL / ARTHUR D LITTLE).

Karakteristiek voor dit innovatiesysteem rond *Performance materialen* is het gebrek aan samenhang. De ondernemersmotor wordt gedreven door een rijke schakering aan diverse kleine en middelgrote spelers die specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten toepassen in producten. Het traditionele voorbeeld vormen bioplastics op basis van (aardappel)zetmeel. Er zijn inmiddels veel meer van dergelijke waardenketens in ontwikkeling op basis functionele bestanddelen van voedingsgewassen zoals aardappels, maïs en bieten. Het gaat in dit systeem merendeels om op zichzelf staande business cases, die worden ontwikkeld door individuele bedrijven, soms in

17 <http://www.veb.net/content/HoofdMenu/Beurs/Aandeelhoudersvergaderingen/Avaartikelen/AVA2011/avaCSM.aspx>

samenwerking met kennisinstellingen. Tussen deze bedrijven bestaan geen structurele samenwerking en ook de samenwerking met kennisinstellingen is gebonden aan projecten. Ze werken in kleine netwerken aan innovaties en richten zich op eerste toepassingen in (zelf geïdentificeerde) marktniches.

De veranderkracht van dergelijke spelers kan onverwacht groot zijn. Het soort diversiteit dat hier wordt geschetst is in het verleden vaak een bron van creativiteit gebleken waaruit de kiem voor latere innovatie en opschaaling wordt voortgebracht. Op dit moment biedt het programma *Bio-based Economy* van het Ministerie van EL&I een platform voor clustervorming tussen bedrijven rond concrete businesscases. Een dergelijke vorm van afstemming en coördinatie is essentieel voor de samenhang en samenwerking binnen deze ondernemersmotor.

Kansen voor doorontwikkeling van dit innovatiesysteem liggen vooral in een groeiende vraag van consumenten naar hoogwaardige, alternatieven voor bestaande producten die alleen natuurlijke ingrediënten bevatten en biologisch afbreekbaar zijn. In dat opzicht is de beperkte betrokkenheid van eindgebruikers een mogelijke belemmering voor de ontwikkeling van dit innovatiesysteem.

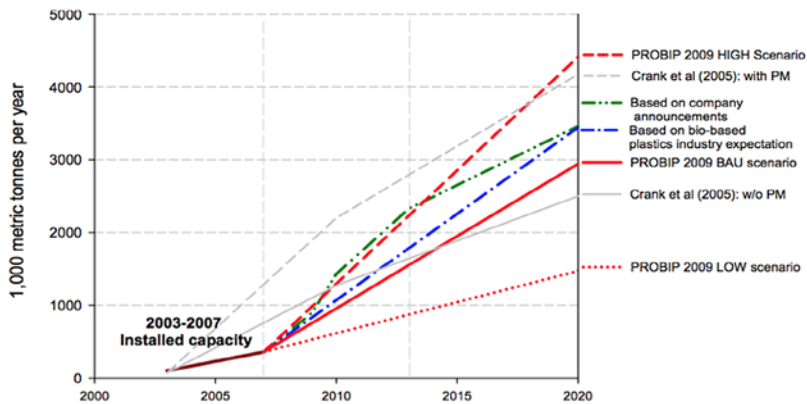
Internationale studies onderstrepen het potentieel van biopolymeren. Een studie van brancheorganisatie European Bioplastics in samenwerking met de Universiteit Hannover laat bijvoorbeeld zien dat de wereldwijde markt voor bioplastics tussen 2010 en 2015 meer dan zal verdubbelen van 700.000 ton naar 1,7 miljoen ton.<sup>18</sup> Deze explosieve groei komt onder meer doordat bioplastics in de nabije toekomst veel breder worden toegepast in uiteenlopende takken van industrie. Werden ze aanvankelijk vooral toegepast in (biologisch afbreekbare) verpakkingen, inmiddels gaat het om meer hoogwaardige toepassingen in de automobielindustrie, maar ook in speelgoed, tapijten en elektronische componenten. Het toegenomen milieubewustzijn van de consument speelt hierin een belangrijke rol. Een en ander heeft ertoe geleid dat grote spelers in de industrie, die eerst terughoudend

---

18 <http://www.fws.nl/nieuws/algemeen/markt-voor-bioplastics-gaat-verdubbelen>

waren, steeds meer overstappen op het gebruik van afbreekbare verpakkingen.<sup>19</sup>

Een studie van het Copernicus-instituut schat de wereldwijde productiecapaciteit voor bioplastics op dit moment op 0,36 Mt (op basis van cijfers uit 2007). De verwachting is dat deze markt zal groeien tot 3,46 Mt in 2020, zie figuur 3.9. Het totale technische potentieel wordt geschat op 270 Mt. Dan hebben we het over 90% van de huidige markt voor polymeren, die zo'n 268 Mt beslaat. Ongeveer een kwart van deze wereldwijde productiecapaciteit zal in Europa worden gerealiseerd.



FIGUUR 3.9: SCHATTINGEN VAN DE WERELDWIJDE PRODUCTIECAPACITEIT VOOR BIOPLASTICS (SHEN ET AL., 2009)

Dezelfde studie geeft een marktverkenning van de belangrijkste productcategorieën. Er wordt onderscheid gemaakt in een enorme range van producten. De belangrijkste productcategorieën zijn die van zetmeelpolymeren en PLA (Shen et al., 2009). Voor Europa is het zelfs zo dat zetmeelpolymeren en PLA respectievelijk 89% en 8% van de markt uitmaken.

<sup>19</sup> <http://www.fws.nl/nieuws/algemeen/markt-voor-bioplastics-gaat-verdubbelen>

De Nederlandse bedrijven Rodenburg, PURAC en PaperFoam bezorgen Nederland een schijnbaar sterke positie in deze belangrijke opkomende markten (zie onderstaande tabel).

Type of bio-based plastics	Share of global bio-based plastics capacity in 2020	Production capacity of the major global players in 2020
Starch plastics	38%	Novamont: 200 kt <sup>a</sup> ; Biotec: 300 kt <sup>a</sup> ; Rodenburg: 40 kt <sup>b</sup> ; Plantic: 15 kt <sup>c</sup> ; BIOP: 180 kt <sup>a</sup> ; Cereplast: 450 kt <sup>a</sup> ; Livan: 110 kt <sup>c</sup>
PLA	24%	NatureWorks: 450 kt <sup>b</sup> ; PURAC and partners: 300 kt <sup>b,c</sup> ; Pyramid: 60 kt <sup>c</sup> ; Teijin: 10 kt <sup>c</sup> ; HiSun: 5 kt <sup>c</sup>
Bio-based Ethylene	18%	Braskem: 200 kt (PE) <sup>c</sup> ; Dow-Crystalsev: 350 kt (PE) <sup>c</sup> ; Solvay: 60 kt (Ethylene) <sup>c</sup>
PHA	13%	Telles: 50 kt <sup>c</sup> ; Tianan: 50 kt <sup>c</sup> ; Kaneka: 50 kt <sup>a</sup> ; Meredian: 272 kt <sup>c</sup> ; DSM/GreenBio: 10 kt <sup>c</sup>
Bio-based Monomers	6%	Dow: 100 kt (ECH) <sup>c</sup> ; Solvay: 110 kt (ECH) <sup>c</sup>
Other	2%	Innovia: 20 kt (cellulose films) <sup>a</sup> ; DuPont: 10 kt (PTT) <sup>c</sup> ; Arkema: several thousands tonnes of PA 11 <sup>b</sup>
<b>Total</b>	<b>100%</b>	

<sup>a</sup> Data are collected from the questionnaire/survey

<sup>b</sup> Data are collected from personal communications

<sup>c</sup> Data are collected from publicly available company announcements

<sup>d</sup> Including PLA volumes at PURAC partners

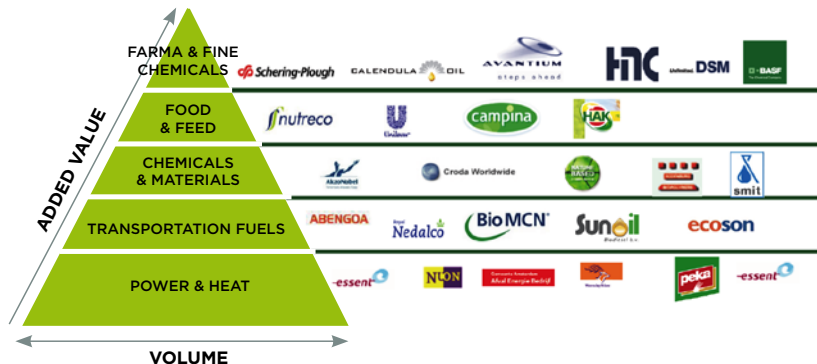
TABEL 3.3: MARKTPROJECTIES VAN DE BELANGRIJKSTE BIO-BASED PLASTICS OP BASIS VAN 'COMPANY ANNOUNCEMENTS' (SHEN ET AL, 2009)

Het is moeilijk te voorspellen wat de internationale ontwikkelingen in de markt voor bioplastics betekenen voor de toekomst van het Nederlandse innovatiesysteem. De internationale concurrentie is groot. Bovendien is het voor bedrijven die de afgelopen in Nederland een pioniersrol vervulden niet vanzelfsprekend dat zij de komende jaren hun productiefaciliteiten ook in Nederland uitbouwen. Zo heeft PURAC een demonstratieplant gebouwd in Spanje en een productiefaciliteit in Thailand. Ook fabrieken die momenteel door multinationals gepand zijn, worden veelal gevestigd in landen waar biomassa voor handen is, zoals in de VS, Frankrijk, Duitsland, Brazilië, Shanghai.

### 3.7 BAANBREKENDE INNOVATIES VOOR DE LANGERE TERMIJN

Het wenkend toekomstperspectief voor de lange termijn is dat van een bio-based economie waarin hoogwaardige producten voor voeding, farma en

fijnchemie rechtstreeks worden gewonnen uit algen en planten, terwijl de restfracties worden benut voor de productie van materialen en bulkchemicaliën en voor energiedoeleinden. Figuur 3.10 brengt deze waardenpyramide in beeld.

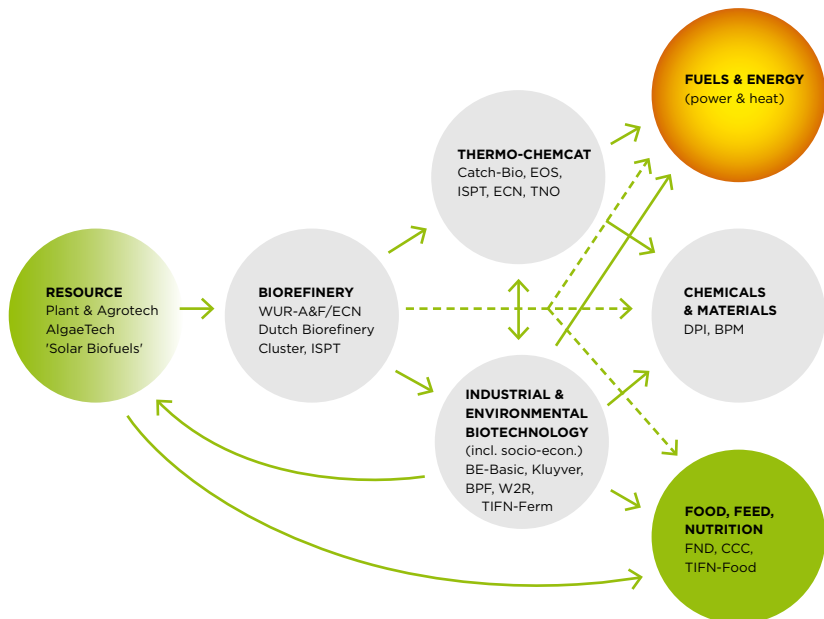


FIGUUR 3.10: DE WAARDENPYRAMIDE EN DE BIO BASED ECONOMIE.<sup>20</sup>

De stand van kennis en technologie is echter nog jaren verwijderd van realisatie van dit toekomstperspectief. Nieuwe, meer geavanceerde raffina-getechnieken moeten worden ontwikkeld voor ontsluiting en isolatie van waardevolle bestanddelen uit complexe biomassamengsels. Fundamenteel onderzoek is nodig naar het verkrijgen van inhoudsstoffen eiwitten, koolhy-draten, oliën en lignine in specifiek geteelde gewassen. Op deze en andere terreinen zullen gerichte investeringen in kennis- en technologieontwikke-ling de komende 10 tot 20 jaar de basis leggen voor een verdere verster-king van de bio-based economie. Dit geldt uiteraard niet alleen voor Nederland en Europa. Landen zoals de VS, Brazilië en China verhogen hun investeringen in onderzoek en technologie-ontwikkeling en ondersteunen grootschalige demonstratieprojecten waarin diverse Europese bedrijven participeren (KBBE, 2010).

20 AgentschapNL, 2011. Presentatie Mireille Reijme 'Marktontwikkelingen en overheidsvisie Bio-based Economy.'

Figuur 3.11 geeft een overzicht van de verschillende onderzoeksgebieden geclusterd naar de hoofdschakels in de biomassa-waardeketen. Een beknopte beschrijving van de belangrijkste onderzoeksgebieden is te vinden in de onderstaande tekstbox.



FIGUUR 3.11: ONDERZOEKSGBIEDEN MET DAARBIJ DE BELANGRIJKSTE PROGRAMMA'S EN INSTITUTEN<sup>21</sup>

21 Werkgroep Businessplan Bio-based Economy (2011) Een punt op de horizon. Aanzet voor een intersectoraal businessplan Bio-based Economy. Den Haag, 14 juni 2011.

### **Nederlandse onderzoeksprogramma's geclusterd naar schakels in de biomassawaardeketen<sup>14</sup>**

**Resource** - omvat alle programma's die betrekking hebben op de productie van biomassa. Enkele van die programma's 'draaien' binnen Plant Research International (PRI). Andere programma's in Wageningen zijn gericht op (conventionele) plantenteelt, maar ook op (micro)algen en cyanobacteriën (Algae Parc, BioSolar Cells).

**Biorefinery** - op het gebied van de bioraffinage voor de fractionering van ruwe biomassa in tussenproducten (intermediären) en eindproducten zijn consortia actief zoals ISPT (Institute for Sustainable Process Technology) en enkele kleinere consortia en andere programma's die vallen onder het regime van de EOS (Energie Onderzoek Subsidies), maar ook bilaterale en inhouse activiteiten van GTI's als ECN, DLO/WUR en TNO. Daarnaast zijn diverse industriële interesses en belangen gekoppeld in het zogenaamde Dutch Biorefinery Cluster (DBC), waarin Avebe, Cosun, Friesland-Campina, de Vereniging Nederlandse Papier- en Kartonfabrieken en anderen samenwerken.

**ThermoChemCat** - de thermische omzetting van biomassa naar energie (warmte, elektriciteit brandstoffen) is een belangrijk gebied voor de eerste grootschalige toepassingen van biomassa. Nederland heeft van oudsher belangrijke spelers op het gebied van (co)combustion, vergassing, asgedrag en efficiency. Die spelers komen uit onderzoekinstellingen als ECN, TUD, TUE, UT en TNO (vanuit eigen en EOS / EET20 programmering) en uit bedrijven als Shell, Essent, Eneco en anderen. In toenemende mate speelt de chemische /katalytische conversie een rol. De consortia CatchBio en ISPT brengen daar belangrijke spelers bijeen. Ook op dit gebied is een integratie en consolidatieslag naar een slagvaardige nationaal cluster opportuun.

**Industrial & Environmental Biotechnology** - de industriële biotechnologie (via B-Basic, Kluyver Center of Genomics in Industrial Fermentation (KCG) en TIFN) en milieubiotechnologie (via Ecogenomics) zijn van oudsher sterk georganiseerd en geïntegreerd met nationale en internationale industriële partijen. Recentelijk heeft de integratie plaatsgevonden van B-Basic en Ecogenomics tot BE-Basic, waaruit ook het initiatief



rondom de Bioprocess Pilot Facility te Delft is voorgekomen. Op dit moment is er reeds een akkoord bereikt om alle food en non-food spelers (BE-Basic, KCG, TIFN Fermentatief en een aantal kleinere STW/NWO initiatieven) samen te voegen tot een European Centre of Excellence E-Basic onder coördinatie van de TU Delft, in nauwe afstemming met de geplande Bioprocess Pilot Facility BV.

**Chemicals & Materials** - twee voorname spelers zijn het DPI waar een nieuw technology area “*Bio-based Polymers*” is opgericht, en het BPM programma dat wordt gecoördineerd door de WUR.

**Food, Feed & Nutrition** - dit gebied kent reeds geruime tijd een centrale coördinatie en locatie in Wageningen onder Food & Nutrition Delta alsmede het (onderzoeks) Topinstituut Food & Nutrition (TIFN).

**Cluster Fuels & Energy (luchtvaart)** - Alternatieve kerosine (2e of 3e generatie) vormt voorlopig een van de weinige duurzame mogelijkheden om CO<sub>2</sub> emissies in de luchtvaart te verminderen. Nederland loopt voorop in de wereld in het experimenteren met biokerosine.. Essentiële vakgebieden zijn plantenveredeling en petrochemie waarin Nederland een sterke kennisbasis heeft. Zo'n cluster kan het startpunt zijn van een nieuwe bedrijfstak met een potentieel grote omvang.

Nederlandse kennisinstellingen spelen Europees een toonaangevende rol in de ontwikkeling van nieuwe teelttechnieken, in de ontwikkeling van katalytische en biotechnologische processen voor het omzetten van biomassa en op het gebied van geavanceerde scheiding. Twee succesfactoren zijn kritisch om deze toonaangevende positie te kunnen vertalen in een sterke marktpositie.

Allereerst is een goede focusering van het onderzoek noodzakelijk. In het op (middel)lange termijn gerichte onderzoek is de marktvraag weliswaar niet leidend, toch zal de programmering van dit onderzoek moeten anticiperen op marktniches waarin Nederland en Europa zich kunnen onderscheiden. Doorbraken op het gebied van biomaterialen en de fijnchemie bieden in dit opzicht meer perspectief dan toepassingen met een lagere toegevoegde waarde in de bulkchemie.

Ten tweede is het van belang om te anticiperen op de transformatieve karakter van de doorbraken van de toekomst. De ontwikkeling van de bio-based economie is in essentie een maatschappelijke vernieuwing die inzet van vele disciplines en sectoren vereist en betrokkenheid van alle maatschappelijke geledingen. In programma's voor kennis- en technologieontwikkeling is hierop meer dan tot dusver te anticiperen door gericht interdisciplinaire samenwerking te bevorderen, industriële partijen actief in de opzet en uitvoering te laten deelnemen en praktijkproeftuinen te creëren waarin zo veel mogelijk ketenpartners en gebruikers worden betrokken.

## 4 ONDERWEG NAAR DE *BIO-BASED* ECONOMIE

Om een bio-based economie te realiseren is het nodig dat nieuwe technologieën worden ontwikkeld voor de teelt, productie, bewerking en conversie van groene grondstoffen. Naast doorbraken in sleuteltechnologieën voor genetische modificatie en industriële katalyse, is pionierswerk te verrichten aan een breed scala van conversie-technologieën die plantaardige en dierlijke producten omzetten in tussen- en eindproducten. Maar die kennisslag draagt pas bij aan de concurrentiekracht van Nederland wanneer nieuwe, bio-based waardeketens worden ontwikkeld. In die ketens komen vier economische sectoren bij elkaar: agrofood, chemie, energie en logistiek. Elk van deze sectoren heeft een eigen marktdynamiek, eigen formele en informele netwerken, een eigen cultuur, set van regels en tradities.

De realisatie van een bio-based economie is een sectoroverstijgende systeeminnovatie waarin nieuwe waardenketens worden ontwikkeld. Ketens die idealiter niet alleen technisch realiseerbaar zijn, maar ook in economisch, ecologisch en sociaal opzicht voordelig zijn ten opzichte van de huidige op fossiele grondstoffen gebaseerde ketens. Binnen deze nieuwe waardenketens zullen toeleveranciers, producenten en eindgebruikers met elkaar nieuwe regels en tradities moeten opbouwen en nieuwe markten moeten ontwikkelen. In de kern gaat het hier om een maatschappelijke transitie die alle betrokken partijen confronteert met nieuwe kansen en nieuwe onzekerheden.

In dit laatste hoofdstuk combineren we de inzichten uit de trendanalyse en de innovatiesysteemanalyse tot een overzicht van kritische succesfactoren die bepalend zijn voor de ontwikkeling van de bio-based economie in Nederland en Europa, in ieder geval de komende 5 jaar. Dit resulteert in een handelingsperspectief op hoofdlijnen voor overheid en bedrijfsleven.

## 4.1 ROBUUSTE TRENDS

Om een scherper zicht te krijgen op de drijvende en belemmerende krachten in de transitie naar een bio-based economie, hebben TNO en het Haags Centrum voor Strategische Studies (HCSS) een systeemverkenning uitgevoerd. Deze verkenning vertrekt vanuit trends en ontwikkelingen in de wereld en kijkt vervolgens naar de consequenties voor de EU en Nederland. Dit 'van buiten naar binnen' perspectief contrasteert met veel andere analyses die doorgaans vertrekken vanuit de kansen voor bio-based processen en producten en vooral ingaan op de 'gewenste' maatschappelijke context.

De trendanalyse laat zien dat een bijzonder groot aantal trends en ontwikkelingen direct of indirect van invloed is op de ontwikkeling van de bio-based economie. Veel van de trends zijn als robuust te karakteriseren, zeker op de korte en middellange termijn (d.w.z. tot 2020). Echter, een groot deel daarvan is voor Nederland en voor Nederlandse actoren een gegeven, een exogene trend die niet te beïnvloeden is op het Nederlandse schaalniveau.

Verwacht wordt dat de wereldbevolking de komende decennia verder groeit van de huidige 6 miljard naar 9 miljard mensen in 2050. De toename van de vraag naar grondstoffen, energie en water als gevolg van wereldwijde bevolkings- en welvaartsgroei is als een dominante combinatie van trends wellicht de belangrijkste drijfveer achter de ontwikkeling van een bio-based economie. Als gevolg van een toename in de vraag naar goederen en diensten wereldwijd zullen natuurlijke hulpbronnen schaarser worden. Recycling van reststromen wordt steeds belangrijker.

Europa en Nederland zijn voor hun grondstoffen in hoge mate afhankelijk van import en zijn bovendien op zoek naar nieuwe afzetmarkten voor hoogwaardige producten en technologieën. Een belangrijke voorwaardenschepende factor voor de totstandkoming van de bio-based economie in Nederland en Europa is een helder *level playing field* van groene grondstoffen ten opzichte van fossiele grondstoffen, gesteund door open multilaterale handel. De economische kracht van de Nederlandse sectoren chemie, agrofood en logistiek berust traditioneel op een gunstige ligging, met goede doorvoerroutes naar het achterland, daardoor goedkope importen en een sterke exportpositie. Ook de agrosector heeft van oudsher een sterke positie in ons land, gesteund door een sterke publieke R&D en goede

samenwerking met de agrifood industrie. Deze al bestaande internationale verbindingen en sterktes kunnen met de transitie naar een bio-based economie effectief worden ingezet.

De toekomst zal echter moeten uitwijzen of afspraken over internationale handel nog via WTO-kaders tot stand kunnen komen. Op korte termijn lijkt het huidige wereldhandelssysteem tamelijk robuust, maar de afgelopen jaren was reeds sprake van een sterke toename in het aantal bilaterale handelsakkoorden. De vorming van regionale handelsblokken dreigt verder door te zetten. Het gevaar van deze laatste ontwikkeling is een afnemende transparantie van prijs, kwaliteitsborging en andere handelsvoorwaarden. Die transparantie is echter kritisch voor de opkomende handel in bio-based commodities, zoals biodiesel en bio-ethanol. Zeker wanneer WTO-GATT geen opvolging krijgt en internationale handel nog verder binnen en tussen (regionale) handelsblokken zal gaan plaatsvinden, wordt deze handel verder bemoeilijkt. Het regelen van deze handel via prijs- en kwaliteitsafspraken levert additionele transactiekosten en verdere intransparantie op.

In geopolitiek opzicht zal de relatieve machtsverschuiving naar opkomende economieën in Oost- en Zuidoost Azië de komende decennia verder doorzetten. Deze opkomende economieën fungeren nu al als een magneet voor westerse investeringen en toonaangevende westerse bedrijven zullen de komende jaren hun investeringen in de productiecapaciteit én de R&D-capaciteit van onder meer China en India verder proberen te versterken. In Nederland en Europa blijven de uitgaven aan R&D onder invloed van de economische crisis de komende jaren relatief achter, zeker in het MKB. Europa dreigt op achterstand te komen bij de ontwikkeling van een bio-based economie wanneer de opkomende economieën fors gaan investeren in de chemie en life sciences en andere gebieden die vitaal zijn voor de ontwikkeling van een bio-based economie.

#### **4.2 BELANG VAN DE EUROPESE THUISMARKT**

De Europese thuismarkt vormt een belangrijke sleutel voor de verdere ontwikkeling van de bio-based economie. Dit geldt voor de bio-based producerende en afnemende industrie, maar ook voor de toeleverende sectoren van groene grondstoffen. De economische recessie kan Nederland en Europa de komende 5 tot 10 jaar hinderen om substantiële stappen zetten op weg naar een bio-based economie. Daar komt bij dat de maatschappe-

lijke weerstand in Europa en Nederland tegen een van de sleuteltechnologieën voor de bio-based economie, genetische modificatie van gewassen, nog altijd sterk is. Europese regelgeving op dit gebied is in vergelijking met bijvoorbeeld de Verenigde Staten en China, zeer restrictief.

Veel van de huidige wet- en regelgeving die direct of indirect ingrijpt op de ontwikkeling van de bio-based economie is van Europese herkomst. Zo gaan van het Europese klimaatbeleid op dit moment prikkels uit die contraproductief werken voor de brede ontwikkeling en uitrol van de bio-based economie. Een pregnant voorbeeld hiervan is de EU biobrandstofrichtlijn. Deze richtlijn bevordert energiebenutting van biomassa maar blijkt andere, meer hoogwaardige toepassingen van biomassa te ontmoedigen. Voorts is het Europees handelsbeleid sterk restrictief op bepaalde biomassa-importen, zoals bio-ethanol. Het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid zorgt niet alleen aan de Europese buitengrenzen, maar ook binnen Europa voor financiële prikkels die de ontwikkeling van een bio-based economie belemmeren.

Ook de nationale wet- en regelgeving werpt allerlei drempels voor de verdere ontwikkeling van de bio-based economie op. Voorbeelden zijn agrarische bestemmingen binnen het grondbeleid en voorwaarden aan recycling binnen het afvalbeleid. Belasting- en subsidiebeleid als ook kennis- en innovatiebeleid bieden weliswaar veel mogelijkheden om actieve en gerichte impulsen te geven, maar in het huidige beleid is het streven naar een bio-based economie nog onvoldoende geïncorporeerd. In ons land heeft dat onder meer tot gevolg dat innovatieve bedrijven tegen belemmeringen van wet- en regelgeving aanbotsen, bijvoorbeeld wanneer ze reststromen een nieuwe toepassing willen geven of micro-organismen een cruciale rol geven in hun productieproces. Het verkrijgen van een vergunning neemt dan vaak veel tijd in beslag.

Met gerichte prijsprikkels via belastingen en accijnzen kan de Nederlandse overheid een stimulans geven aan de ontwikkeling van lead markets die de komende 5 jaar als 'trekker' kunnen fungeren voor de ontwikkeling van een bio-based economie. Voorwaarde is wel dat deze maatregelen passen binnen een consistente meerjarenvisie en een gezamenlijk implementatieraamwerk op het niveau van de EU. Zo'n Europees beleidskader is nodig voor de continuïteit van beleid en daarmee een stabiel investeringsklimaat voor

bedrijven binnen Nederland en Europa. Bovendien zijn veel beleidsmaatregelen – in het bijzonder prijsprikkels – op nationaal niveau weinig effectief, vanwege de openheid en beperkte omvang van de Nederlandse economie.

#### 4.3 CONSUMENTEN EN STAKEHOLDERS

In de kern is de transitie naar een bio-based economie een ingrijpende verandering van productie- en consumptiepatronen. Op het snijvlak van economische en sociale trends, waar life styles, consumptiepatronen en besteedbaar inkomen samenkomen, zijn de meeste aanknopingspunten voor een doorslaggevende verandering richting bio-based te vinden. Stijgende koopkracht en verandering van consumptiepatronen, waarin kwaliteit van leven meer centraal komt te staan, passen in het beeld van een kennisintensieve duurzame samenleving. We zien nu al een groeiende kring bedrijven die duurzaamheid, groene grondstoffen en cradle-to-cradle concepten een centrale plek geeft in de business strategie. De ontwikkeling van *lead markets* voor bio-based producten vraagt om de inzet van dergelijke bedrijven, die het initiatief naar zich toe trekken en investeren in de ontwikkeling van ready-to-market producten. Overheden kunnen deze lead markets met een selectief inkoopbeleid (public procurement) als ‘launching customer’ gericht bevorderen. Samen kunnen deze bedrijven en overheden consumenten en burgers middels actieve voorlichting en gerichte marketing verleiden in de richting van bio-based producten.

Debat is eigen aan ingrijpende systeeminnovaties. Hoewel het concept van een bio-based economie op brede ondersteuning kan rekenen, zijn de komende jaren nog meningsverschillen te verwachten over de keuzen en onzekerheden die zich onderweg naar zo’n economie aandienen. Hoe is duurzaamheid te waarborgen bij grootschalige benutting van groene grondstoffen? Hoe zijn nadelige effecten voor landgebruik en biodiversiteit te voorkomen? Wat zijn mogelijk de effecten op voedselprijzen? Hoe is de veiligheid van nieuwe generaties biotechnologie voor mens en milieu te borgen? En hoe zijn de kosten en baten tussen westerse en opkomende economieën verdeeld in nieuwe, internationale waardenketens?

Een goede maatschappelijke dialoog over deze vragen kan aanvullende inzichten opleveren vanuit het specifieke gezichtspunt van consumenten, milieuorganisaties, investeerders of boeren hier en elders. Het is echter wel belangrijk om die dialoog te ‘framen’ als een maatschappelijk leerproces

binnen het bredere kader van de ontwikkeling van een bio-based economie. Bedrijven en overheden kunnen consumenten, opinion leaders en burgers hierin meenemen door hen actief te informeren en zo vroeg mogelijk bij nieuwe ontwikkelingen te betrekken.

De onderstaande tabel geeft een samenvattend overzicht van de belangrijkste kritische succesfactoren die de ontwikkeling van een bio-based economie in Nederland en Europa op de korte termijn (de komende 5 jaar) zullen bepalen.

KRITISCHE SUCCESFACTOREN OP BASIS VAN MAATSCHAPPELIJKE TRENDS	INCENTIVES
Ontwikkeling lead markets en lead customers die als 'trekker' voor bio-based kunnen dienen, in bijv. papierindustrie, bouw, mobiliteit, farma, hightech	Bedrijven die ready-to-market producten ontwikkelen en promoten Overheden met green public procurement
Toename in verscheidenheid consumptiepatronen en lifestyles, meer aandacht voor duurzaam, natuurlijk en biologisch afbreekbaar	Productontwikkeling en Promotie/marketing door bedrijven
Maatschappelijke weerstand tegen genetische modificatie/groene biotechnologie in Europa	Maatschappelijke dialoog en voorlichting door bedrijven en overheden
Borgen duurzaamheid van bio-based waardeketens. Doorontwikkeling en implementatie van duurzaamheidscriteria, lettend op o.m. internationale verdeling kosten-baten, indirect land use en arbeidsomstandigheden in toeleverende landen	Ontwikkeling en implementatie van duurzaamheidscriteria door EU en Nederlandse overheid in samenwerking met bedrijfsleven en maatschappelijke stakeholders
Wegnemen negatieve prikkels in huidig beleid: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbreden Europese biobrandstofrichtlijn van bijmenging t.b.v. transport naar toepassing als grondstof voor groene chemie</li> <li>• Wegnemen negatieve prikkels die uitgaan van o.m. Europees handelsbeleid en landbouwbeleid en Nederlands beleid t.a.v. agrarische bestemmingen, verpakkingsbeleid en afvalbeleid (definities afval, grondstof, benutting dierlijke mest)</li> </ul>	Omschakeling naar bio-based economie als basis voor beleid van EU en nationale overheid
Facilitering van internationale handel voor biocommodities, o.m. door ontwikkeling van Europese en internationale standaarden en certificering van groene grondstoffen, bio-based producten	Wegnemen van handelsbelemmeringen door EU en Nederlandse overheid in afstemming met bedrijfsleven
Bevorderen van level playing field (t.o.v. fossiele grondstoffen) voor bio-based grondstoffen, materialen en producten d.m.v. accijnzen, BTW, heffingen	Prijzmaatregelen d.m.v. accijnzen, BTW, heffingen door Nederlandse overheid, de EU of buurlanden (bijvoorbeeld Duitsland)

TABEL 4.1 KRITISCHE SUCCESFACTOREN EN INCENTIVES BIJ REALISATIE VAN BIO-BASED ECONOMY (0-5 JAAR)



#### 4.4 HET NEDERLANDSE INNOVATIELANDSCHAP

Nederland heeft de ambitie om op het gebied van de bio-based economie een substantiële positie op te bouwen en beschikt over een goede uitgangspositie om daarin te slagen. De kennispositie op belangrijke onderwerpen, zoals de conversie van plantaardig materiaal, is sterk. Ook zijn in ons land een aantal grote, innovatieve bedrijven (food, chemie, energie) gevestigd die een stuwende kracht kunnen vormen bij de realisatie van een bio-based economie. In een analyse van het Nederlandse innovatielandschap is gekeken naar belangrijke spelers en netwerken en naar sleutelactiviteiten zoals ondernemerschap, kennisuitwisseling, visievorming en marktontwikkeling.

#### VERBRANDEN ALS DOMINANTE TECHNOLOGIE

Het meest volwassen innovatiesysteem dat is gebaseerd op benutting van biomassa wordt op dit moment gevormd door grote bedrijven uit de energie- en afvalsector. In grootschalige installaties verbranden zij biomassa en produceren zo elektriciteit en warmte. In 2005-2006 bereikte dit zijn voorlopige hoogtepunt met de grootschalige import van palmolie.

Tegenwoordig gaat het vooral om geïmporteerde houtpellets, naast reststromen van huishoudens en uit de agrosector en voedings- en genotmiddelenindustrie.

De drijvende kracht achter dit innovatiesysteem is een stimuleringspakket, zowel nationaal als Europees, dat mikt op een verduurzaming van de energievoorziening. Deze instrumenten stimuleren energiebenutting van biomassa, maar bevorderen niet samenwerking tussen de energiesector en andere sectoren (bijv. chemie, maakindustrie) die nodig is voor een hoogwaardiger benutting van biomassa. In feite dreigt een lock in-situatie: door verdere optimalisatie van (bijna) volwassen technologieën wordt de energiebenutting van biomassa steeds efficiënter, maar een hoogwaardige benutting van biomassa komt niet tot ontwikkeling. Denk bijvoorbeeld aan de ontwikkeling van fijnchemicaliën en bio-polymeren, vezels en schuim op basis van ligno-cellulose uit hout. Aanpassing of afbouw van de huidige stimulering van bijstook van geïmporteerde biomassa in grootschalige verbrandingsinstallaties is nodig, om ruimte te creëren voor een innovatiesysteem dat meer toegevoegde waarde realiseert, bijvoorbeeld in de chemie en de maakindustrie.

### **BIOBRANDSTOFFEN ALS SCHAKEL TUSSEN ENERGIE EN CHEMIE**

Een sterk, cross-sectoraal innovatiesysteem ontwikkelt zich tussen grote bedrijven uit de chemie, de energie- en de transportsector. Zij importeren en/of produceren biodiesel en bio-ethanol voor toepassing in de transportsector. Drijvende kracht achter dit innovatiesysteem is de Europese klimaatregelgeving, of meer concreet: de zogenaamde Bijmengverplichting die voorschrijft dat aan de pomp een vastgesteld percentage biobrandstoffen moet worden toegevoegd aan de fossiele transportbrandstoffen.

De samenwerking die in dit innovatiesysteem tot stand is gekomen is voor de toekomst interessant omdat verbindingen worden gelegd tussen de groene chemie en de petrochemie. Voor vrijwel alle platformmoleculen van de petrochemie is een bio-based alternatief in ontwikkeling. Deze alternatieven zijn identiek qua samenstelling en werking en daardoor relatief makkelijk in te passen in de bestaande (grootschalige) infrastructuur van opslagtanks, buisleidingen en bulktransport van de petrochemie. Bij een stijgende olieprijs, of gerichte stimulering, wordt de overstap van petro naar bio in de bulkchemie renderend.

Naast een level playing field ten opzichte van fossiele grondstoffen is een open, multilaterale handel in groene grondstoffen en biobulkchemicaliën een essentiële voorwaarde voor het succes van dit innovatiesysteem. Het innovatiesysteem rijkt namelijk aanzienlijk verder dan alleen Nederland of Europa. Op dit moment zijn de Verenigde Staten en Brazilië onbetwist de mondiale marktleiders, met name op het gebied van ethanol-productie. Binnen Europa zijn Frankrijk en Duitsland de belangrijkste producenten van ethanol. Grootschalige import van biograndstoffen of biobulkchemicaliën is onmisbaar om in Nederland een positie op te bouwen. De Nederlandse havens en infrastructuur zijn goed gepositioneerd voor invoer, verwerking en doorvoer van deze bulkstromen. Het is overigens nog niet evident hoeveel dit innovatiesysteem aan de Nederlandse economie en werkgelegenheid kan bijdragen. De economische betekenis staat of valt met de toegevoegde waarde die Nederlandse bedrijven leveren in de conversie en toepassing, het transport en de handel van biograndstoffen en biochemicaliën. De economische betekenis zou beperkt zijn wanneer de waardeketen uitsluitend gedragen wordt door multinationale ondernemingen, zeker wanneer deze zich op termijn zouden vestigen in die delen van de Europa en de wereld waar biomassa voldoende beschikbaar en betaalbaar is.

## PERFORMANCE MATERIALEN

In ons land is een veelbelovend innovatiesysteem rond performance materialen in ontwikkeling, dat wordt getrokken door bedrijven uit het MKB die specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten toepassen in producten. Hierbij zijn twee hoofdrichtingen te onderscheiden: enerzijds de ontwikkeling van materialen uit bio-based bouwstenen en anderzijds de ontwikkeling van materialen op basis van natuurlijke polymeren. Bij natuurlijke polymeren (koolhydraten, lignine, eiwitten) gaat het zowel om industrieel geproduceerde natuurlijke polymeren, als om het omzetten en functionaliseren van reststromen die op dit moment op het land achter blijven of als afval worden beschouwd. Naast het traditionele voorbeeld van bioplastics op basis van (aardappel)zetmeel, zijn er inmiddels veel meer waardenketens in ontwikkeling op basis functionele bestanddelen van voedingsgewassen (zoals aardappels, maïs en bieten) of plantaardige en dierlijke reststromen.

Het gaat in dit opkomende innovatiesysteem merendeels om op zichzelf staande business cases die worden ontwikkeld door individuele bedrijven, soms in samenwerking met kennisinstellingen. Tussen deze bedrijven bestaan geen structurele samenwerking en de samenwerking met kennisinstellingen is gebonden aan projecten. Meer samenwerking en bundeling van de innovatiekracht is nodig. De internationale concurrentie is namelijk groot. Ook zou de ontwikkeling van *lead markets* voor en lead customers voor biomaterialen, zoals biopolymeren en biovezels voor toepassing in bijvoorbeeld de verpakkingsindustrie, de papierindustrie, de bouw of mobiliteit, dit innovatiesysteem substantieel versterken. En ook hier geldt dat bedrijven die de afgelopen jaren in Nederland een pioniersrol vervulden niet vanzelfsprekend hun productiefaciliteiten ook in Nederland uitbouwen. Niettemin liggen er met een actief innovatiebeleid voor Nederland goede marktkansen door de groeiende vraag naar duurzame alternatieven voor bestaande op fossiele grondstoffen gebaseerde producten.

## BAANBREKENDE INNOVATIES VOOR DE LANGE TERMIJN

Het wenkend toekomstperspectief voor de lange termijn is dat van een bio-based economie waarin hoogwaardige producten voor voeding, farma en fijnchemie rechtstreeks worden gewonnen uit algen en planten, terwijl restfracties worden benut voor de productie van materialen en bulkchemicaliën en voor energiedoeleinden. De stand van kennis en technologie is echter nog jaren verwijderd van realisatie van dit toekomstperspectief. Wel spelen

Nederlandse kennisinstellingen Europees een toonaangevende rol in de ontwikkeling van sleuteltechnologieën, bijvoorbeeld op het gebied van nieuwe teelttechnieken, in de ontwikkeling van katalytische en biotechnologische processen voor het omzetten van biomassa en op het gebied van geavanceerde scheiding.

Een goede focusering van het onderzoek is noodzakelijk om te anticiperen op marktniches waarin Nederland en Europa zich internationaal kunnen onderscheiden. De terugval in overheidsmiddelen voor innovatie binnen Europa en de sterke concurrentie van landen als de Verenigde Staten, Brazilië, China en anderen, die hun investeringen in onderzoek en technologie-ontwikkeling juist verhogen, dwingen tot meer samenwerking in de kennisinfrastructuur en bundeling van onze innovatiekracht. De vorming van kennisplatforms waarin ook bedrijven en maatschappelijke stakeholders participeren, een vroegtijdige herkenning van kansrijke business cases / waardeketens en een vergroting van de experimenteerruimte (financieel en in regelgeving) voor veelbelovende pilots zijn hierin essentieel.

KRITISCHE FACTOREN IN HET ACTUELE INNOVATIELANDSCHAP	INCENTIVES
Huidige stimulering van bijsmaak van biomassa in verbrandingsinstallaties trekt hoogwaardige biomassastromen (m.n. geïmporteerde houtpellets) naar laagwaardige benutting.	Aanpassing of afbouw van stimulans voor bijsmaak van geïmporteerde biomassa door EU en Nederlandse overheid
Innovatiesysteem op het gebied van biocommodities als schakel tussen energie en chemie vereist transparante afspraken over de internationale handel in biocommodities, naast maatregelen gericht op het realiseren van een level playing field voor biocommodities t.o.v. fossiele grondstoffen	Handelsafspraken en prijsmaatregelen (accijnzen, BTW, heffingen) door EU en Nederlandse overheid in afstemming met bedrijfsleven
Ontwikkeling van lead markets en lead customers voor biomaterialen, zoals biopolymeren en biovezels voor toepassing in de verpakkingsindustrie, de papierindustrie, de bouw, of mobiliteit.	Bedrijven die ready-to-market producten ontwikkelen en promoten Overheden met green public procurement
Voorkomen van versplintering van Nederlandse innovatiekracht. Focusering van onderzoek en versterking van samenwerking op het gebied van biomaterialen, geïntegreerde bioraffinage en innovaties in biomassaproductie.	Kennisplatforms van kennisinstellingen, bedrijven en stakeholders Vroegtijdige identificatie van kansrijke business cases / waardeketens Vergroting van de experimenteerruimte voor veelbelovende pilots

TABEL 4.2 KRITISCHE SUCCESFACTOREN EN INCENTIVES BIJ REALISATIE VAN BIO-BASED ECONOMY (0-5 JAAR)

#### 4.5 EEN HANDELINGSPERSPECTIEF OP HOOFDLIJNEN

De ontwikkeling van een bio-based economie is een maatschappelijke transitie die een langjarige, gezamenlijke en gerichte inspanning vraagt van overheden, bedrijven, consumenten en maatschappelijke organisaties. In een groot aantal landen over de gehele wereld onderkennen bedrijven, kennisinstellingen en overheden de kansen die een bio-based economie biedt voor een duurzame economische ontwikkeling. Met zijn sterke kennispositie op het gebied van chemie, agrofood en life sciences kan Nederland in beginsel een sterke concurrentiepositie in de internationale markt realiseren. Maar daarvoor is nog veel werk te doen.

#### EEN EUROPEES BELEIDSKADER IS NODIG

De trendanalyse die in het kader van deze studie is uitgevoerd laat zien dat huidige Europese en Nederlandse beleid de energiewinning uit biomassa stimuleert, maar belemmeringen opwerpt voor een meer hoogwaardige benutting van biomassa. Dat geldt voor het energiebeleid en het klimaatbeleid, maar ook het landbouwbeleid, het afvalbeleid en het handelsbeleid werpen barrières op voor een grootschalige inzet van biomassa als grondstof voor o.m. farmacie, chemie en maakindustrie.

- Nederland zou op Europees niveau krachtige ondersteuning moeten geven aan de ontwikkeling van een *nieuw, integraal beleidskader<sup>22</sup> (met gezamenlijk implementatieraamwerk), dat is gebaseerd op een consistente meerjarenvisie op de Europese bio-based economie*. Dit beleidskader dient de integratie tussen afzonderlijke beleidsdossiers (energie, klimaat, landbouw, handel, afval en grondstoffen, biodiversiteit, innovatie) te versterken en het bestaande instrumentarium zodanig te heroriënteren dat een stabiel en uitnodigend en investeringsklimaat ontstaat voor bio gebaseerde bedrijvigheid binnen Europa en Nederland.
- Belangrijk onderdeel van het instrumentarium zijn maatregelen die bijdragen aan *level playing field* van groene grondstoffen ten opzichte van fossiele grondstoffen. Ook bij een verder stijgende olie- en gasprijs zijn hiervoor aanvullende prijsmaatregelen (heffing of stimulans) of verplichtingen (zoals de bijmengverplichting) nodig. Bij invoering op nationaal niveau zijn dergelijke maatregelen onvoldoende effectief.

---

22 Een aanzet hiervoor is recent gedaan: "Innovating for Sustainable Growth: A BioEconomy for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions COM (2012) 60 final. Brussel, 13 februari 2012.

### TRANSITIEPADEN OM LOCK IN TE VOORKOMEN

Gesteld wordt wel dat energiebenutting van biomassa de weg effent voor meer hoogwaardige benutting van groene grondstoffen. De geldigheid van dit argument moet kritisch worden gezien. Zo is het verbranden van geïmporteerde houtpellets in grootschalige centrales (AVI's en kolencentrales) oogpunt van klimaat- en energiebeleid een welkom alternatief voor de productie van warmte en elektriciteit uit fossiele bronnen, vanuit een breder perspectief is hier een belangrijke kanttekening bij te zetten. Deze conversieroute sluit namelijk goed aan bij de sterkten van grote spelers in de energie- en afvalwereld maar leidt niet tot verbreding naar andere sectoren (agro, chemie, maakindustrie). In feite dreigt een lock in-situatie: door verdere optimalisatie van volwassen technologieën wordt de energiebenutting van biomassa steeds efficiënter, maar komt een hoogwaardige benutting van biomassa niet tot ontwikkeling.

- Het **wenkend lange termijn perspectief van een bio-based economie dient veel scherper te worden vertaald naar de *transitiepaden* die vanuit de huidige situatie lopen naar de bio-based economie in 2050.** Deze transitiepaden dienen antwoord te geven op vragen als: waar komen de biograndstoffen vandaan, welke portfolio van waardeketens genereert op (middel)lange termijn additionele omzet en werkgelegenheid in ons land, welke innovatiesystemen hebben een impuls nodig om deze portfolio te realiseren? Zo'n aangescherpte visie voor Nederland biedt een houdbare basis voor maatschappelijke afwegingen en helpt voorkomen dat het wenselijke toekomstperspectief voor het nu haalbare wordt ingewisseld.
- Hoewel het concept van een bio-based economie op brede ondersteuning kan rekenen, is een *maatschappelijke dialoog* noodzakelijk over de keuzen en onzekerheden die zich onderweg naar zo'n economie aandienen. Een geïnformeerde dialoog kan verwarring en meningsverschillen wegnemen over kwesties zoals de duurzaamheid van groene grondstoffen en de bijbehorende productiemethoden. Bovendien kan zo'n dialoog de kwaliteit van deze transitie verrijken met inzichten vanuit het specifieke gezichtspunt van consumenten, milieuorganisaties, investeerders of boeren hier en elders.

### VIA BIOBRANDSTOFFEN NAAR GROENE BULKCHEMIE?

Onder invloed van klimaatbeleid ontwikkelt zich momenteel een sterk, cross-sectoraal innovatiesysteem tussen grote bedrijven uit de chemie,

de energie- en de transportsector. Zij importeren en/of produceren biodiesel en bio-ethanol voor toepassing in de transportsector. De samenwerking die in dit innovatiesysteem tot stand is gekomen is voor de toekomst interessant omdat verbindingen worden gelegd tussen de groene chemie en de petrochemie. Voorwaarde voor het succes van dit innovatiesysteem is – naast een level playing field t.o.v. fossiele grondstoffen – een open, multilaterale handel in groene grondstoffen. Bovendien is het noodzakelijk om een goede ecologische en sociale performance te borgen. Wanneer de biomassaproductie plaatsvindt in grootschalige mono-cultures kan dit leiden tot waterschaarste en verontreiniging en uitputting van vruchtbare gronden. Ook kunnen indirecte effecten op landgebruik en biodiversiteit optreden en ongewenste gevolgen voor voedselprijzen die de verschillen tussen arm en rijk verder vergroten en tot sociale instabiliteit leiden.

- Een *kritische analyse* is nodig van de vraag of, op welke termijn en onder welke voorwaarden de zich ontwikkelende markt voor bio-based transportbrandstoffen gaat bijdragen aan de ontwikkeling van een bio-based bulkchemie met een substantiële betekenis voor Nederlandse economie en werkgelegenheid.
- Nieuwe, bio-based waardeketens moeten economische waarde toevoegen en in ecologisch en sociaal opzicht voordelig zijn ten opzichte van de huidige op fossiele grondstoffen gebaseerde ketens. Met name bij bulkstromen is het noodzakelijk om een adequate vorm van *ketenmanagement* te realiseren om een goede ecologische en sociale performance te borgen.

### STERKTEN HERKENNEN EN INNOVATIEKRACHT BUNDELEN

Rond performance materialen ontwikkelt zich een veelbelovend innovatiesysteem dat wordt getrokken door bedrijven uit het MKB die specifieke plantaardige of dierlijke ingrediënten toepassen in performance materialen en bioproducten. Het gaat in dit opkomende innovatiesysteem merendeels om op zichzelf staande business cases die worden ontwikkeld door individuele bedrijven, soms in samenwerking met kennisinstellingen. Dit innovatiesysteem is kwetsbaar, onder meer omdat er geen structurele samenwerking bestaat tussen bedrijven en kennisinstellingen.

Geïntegreerde bioconversieketens, waarin hoogwaardige producten voor voeding, farma en fijnchemie rechtstreeks worden gewonnen uit algen en planten, terwijl restfracties worden benut voor de productie van materialen

en bulkchemicaliën en voor energiedoelinden, vormen het wenkend toekomstperspectief voor de lange termijn. De stand van kennis en technologie is echter nog jaren verwijderd van realisatie van dit toekomstperspectief. Wel spelen Nederlandse kennisinstellingen Europees een toonaangevende rol in de ontwikkeling van sleuteltechnologieën. Meer samenwerking in de kennisinfrastructuur en bundeling van onze innovatiekracht is noodzakelijk, mede gezien de sterke concurrentie van landen als de Verenigde Staten, Brazilië, China en anderen, die hun investeringen in onderzoek en technologieontwikkeling verhogen.

- Een actief innovatiebeleid is nodig om ontwikkeling van veelbelovende innovatiesystemen rond performance materialen en geïntegreerde bioconversieketens in ons land substantieel te versnellen. Elementen van dit innovatiebeleid zijn: (i) *kennisplatforms* die de samenwerking tussen MKB bedrijven en kennisinstellingen structurele versterken, (ii) *systematisch overzicht* van de initiatieven van kennisinstellingen en ondernemers, met aandacht voor technologische haalbaarheid, time-to-market, toegevoegde waarde en duurzaamheid, om tijdig in te spelen op kansrijke businesscases, (iii) vergroting van de *experimenteeruimte* voor veelbelovende pilots en (iv) vorming van *lead markets* voor biomaterialen te bevorderen door middel van green procurement door overheden en gerichte marketing door bedrijven richting consumenten.
- Een goede focusering van kennis- en technologieontwikkeling ten behoeve van de ontwikkeling van geïntegreerde bioconversieketens is noodzakelijk om de gebundelde innovatiekracht te richten op kennisgebieden en marktniches waarin Nederland en Europa zich op middellange termijn internationaal kunnen onderscheiden. Daarvoor is een goede internationale *benchmark van Nederlandse sterkten en zwakten* onmisbaar. Dit in aansluiting bij de door de Europese Commissie voorgestelde Europese Bioeconomy Observatory.



## BIJLAGE: GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Albrecht, J. et al. (2010) The Knowledge Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. 14 September 2010. Clever Consult

Annevelink, B. en P. Harmsen (2010) Bioraffinage. Naar een optimale verwerking van biomassa. Wageningen UR, oktober 2010

Asveld, L., R. van Est, D. Stermerding (2011) Naar de kern van de bio-economie. De duurzame beloftes van biomassa in perspectief. Den Haag: Rathenau Instituut

Bogdanksi, A., O. Dubois, C. Jamieson, R. Krell (2010) Making Integrated Food-Energy Systems Work for People and Climate. An overview. FAO Environment and Natural Resources Management, working paper 45. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations

Bos, H.(2010) Agrificatie en de *Bio-based* economie. Een analyse van 25 jaar beleid en innovatie op het gebied van groene grondstoffen, Wageningen UR, 2010/2011

Bron, G.J. van den, J.P.M. Ros (2006) Biograndstoffen voor de chemische industrie. Evaluatie van transitie op basis van systeemopties. Bilthoven: Milieu en Natuur Planbureau, rapport 500083005/2006

Cuppen, E., S. Breukers, E. Bergsma, M. Hisschemöller (2008) Nederlandse perspectieven op duurzaamheid van biomassa. Resultaten van interviews met stakeholders in het kader van de Biomassa dialoog. Amsterdam: Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit, rapport W-08/02

Darzens, A., P. Pienkos, L. Eyde (2010), 'Current status and potential for algal biofuels production', a report to IEA Bioenergy Task 39, <http://www.mvo.nl/>

portals/0/duurzaamheid/biobrandstoffen/nieuws/2010/08/2010\_not\_public\_current\_status\_and\_potential\_for\_algal\_biofuels\_production\_tcm24-340482.pdf

Dornburg, V., A. Faaij, P. Verweij et al. (2008) Biomass Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, biodiversity, energy, demand and economy', Climate Change Scientific assessment and policy analysis, januari 2008, p. 38

Enzing, C., J. van Groenesteijn, M. van Dongen (2008) *Bio-based* economie - Verkenning van kansrijke gebieden voor Nederland. Delft: TNO, Innotact Consulting b.v

Evans, L.T. (1998) Feeding the ten billion: Plants and population growth, ISBN 0-521-64081-4, Cambridge University Press, Cambridge, UK

ETPs and EUFETEC (2010) The European Bioeconomy in 2030. Delivering Sustainable Growth by addressing the Grand Societal Challenges

Fresco, L. (2007) Biomass, Food and Sustainability. Is there a dilemma? Rabobank, 2007

IEA Bioenergy Task 42 on Biorefineries, 2009a. Biorefineries: adding to the sustainable utilisation of biomass. Zie: [www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com](http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com)

KBBE (2010). The Knowledge Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. Full report. 14 September 2010

Krebbekx, J. , W. de Wolf, J. Lenselink, P. Nossin (2010) Van glazen bol tot rondbodemkolf, Nu de sleutelrol waarmaken', voorstudie Chemie MEE/MJA 3. Berenschot, VNCI, DPI, november 2010

Langeveld, H., J. Sanders en M. Meeusen (2010) The bio-based economie. Biofuels, Materials and Chemical in the Post-Oil Era. London: Eartscan, 2010

Lysen, E., S. van Egmond (2008) Biomass assessment. Assessment of global biomass potentials and their links to food, water, bio diversity, energy demand and economy. Bilthoven: Milieu en Natuur Planbureau, rapport WAB 500102012, january 2008

Ministerie LNV (2007) Overheidsvisie op de bio-based economy in de energietransitie. 'De keten sluiten'. Den Haag, ministerie LNV, 2007

OECD (2009) The bio-economy to 2030. Designing a policy agenda. Parijs: OECD, 2009

OECD, Biotechnology Statistics Database, December 2011

OECD, (2010) Greener and Smarter. ICTs, the Environment and Climate Change. September 2010

Platform Groene Grondstoffen (2010) Speerpunten in 2010. [www.creatieve-energie.nl](http://www.creatieve-energie.nl)

REN21 (2011). Renewables 2011. Global Status Report

Ros, J.P.M., K.P. Overmars, E. Stehfest, S.A.G. Prins, J. Noteboom, M. van Oorschoot (2010) Identifying the indirect effect of bio-energy production. Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving, publicatie nr. 500143003, februari 2010

Sanders, J., Van der Hoeven, (2008) Opportunities for a *Bio-based* Economy in the Netherlands. *Energies* 2008, 1, 105-119

Schutter, O. de (2010) Food commodities speculation and food price crises. Regulation to reduce the risks of price volatility. UN Briefing Note 02, september 2010

Shen, L., J. Haufe, M.K. Patel (2009) Product-overview and market projection of emerging bio-plastics. PRO-BIB 2009. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, University Utrecht, June 2009

Sociaal Economische Raad (2010) Meer chemie tussen groen en groei. De kansen en dilemma's van een bio-based economie. Den Haag: SER-advies 10/05

Smil, V. (2002a) The Earth's biosphere: Evolution, dynamics, and change, ISBN 0-262-19472-4, MIT Press, Cambridge (Mass.), USA

Tilman, D., K.G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor and S. Polasky (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices, *Nature* 418, 671-677

USITC (2008) - Industrial Biotechnology: Development and Adoption by the U.S. Chemical and Biofuel Industries

Vriend, H. de en D. Stermerding (2011) Innovatie: op weg naar een bio-economie? In: Asveld, L., R. van Est, D. Stermerding (2011) Naar de kern van de bio-economie: de duurzame beloftes van biomassa in perspectief', Rathenau Instituut, februari 2011

Werkgroep Businessplan Bio-based economie (2011) Een punt op de horizon. Aanzet voor een intersectoraal Businessplan *Bio-based* economie

Westhoek, H.J., R. van Oostenbrugge, A. Faber, A.G. Prins, D.P. van Vuuren (2010) Voedsel, biodiversiteit en klimaatverandering. Mondiale opgaven en nationaal beleid. Den Haag/Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving, rapport 500414004

Wetenschappelijke en Technologische Commissie voor de *Bio-based* economie (2011) Naar groene chemie en groene materialen

Whitman, W.B. et al (1998), 'Prokaryotes, The unseen majority'. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, no.12, p. 6578-6583, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/issues/551/>

Wijffels, R.H., M.J. Barbosa (2010), 'An outlook on microalgal biofuels', in: *Science* 329, no. 5993, p. 796-799

HCSS, LANGE VOORHOUT 16, 2514 EE DEN HAAG

T: +31 (0)70-3184840 E: INFO@HCSS.NL

W: STRATEGYANDCHANGE.NL

