

# DE RIJZENDE STER VAN WATERSTOF

De ster van waterstof als sleutel tot een duurzame samenleving rijst razendsnel. Voor industriële processen, opslag, mobiliteit en de gebouwde omgeving lijken de blauwe, groene en gele variant welhaast onmisbaar. De grote vraag is of het snel genoeg gaat. En hoe verhoudt waterstof zich eigenlijk tot de biobased economy?

Tekst Marjolein Roggen Beeld ISPT, TKI, Waterstofcoalitie, Gasunie en Shutterstock

**E**en nationaal waterstofprogramma van 40 miljoen, waterstofhubs, een groene waterstofcoalitie en een H<sub>2</sub>-platform, een speciale waterstofgezant, een landelijk waterstofnetwerk, zo'n 200 waterstofprojecten en meer dan 250 bedrijven die zich ermee bemoeien. Over belangstelling heeft het eerste element uit het periodiek systeem niet te klagen.

## KENTERING

Waar komt die hausse aan initiatieven vandaan? Waterstof is al jaren een belangrijke grondstof in de procesindustrie en chemie voor de productie van ammonia/kunstmest (60%), metha-

nol en voor de ontwavering van olieproducten. In totaal gaat het om zo'n 800.000 ton H<sub>2</sub> ofwel 100 PJ per jaar, dat in vijf regio's geproduceerd en toegepast wordt (zie Figuur 1). Daar bleef het tot voor enkele jaren grotendeels bij. Tot de noodzakelijke omschakeling naar een fossielvrije en circulaire samenleving voor een kentering zorgde.

Waterstof is nu afkomstig uit aardgas dat via steam reforming gekraakt wordt. Als waterstof op grote schaal uit duurzame elektriciteit (groen) of in elk geval zonder CO<sub>2</sub>-emissie (blauw) geproduceerd kan worden, gaat dat pas echt helpen. Want bij de productie van een ton

waterstof uit aardgas komt maar liefst negen ton CO<sub>2</sub> vrij. Reden waarom overheden, milieuorganisaties, netbeheerders, de chemie, energiebedrijven en wetenschappers de handen ineen slaan. "Je ziet enorm veel innovatie," zegt Jörg Gigler van innovatieplatform TKI Nieuw Gas van de Topsector Energie. "In 2017 telden we zo'n honderd projecten, nu zijn dat al twee keer zo veel." Er is veel enthousiasme, constateert ook Andreas ten Cate, programmadirecteur Systeem Integratie bij het Institute for Sustainable Process Technology (ISPT) dat meerdere elektrolyseprojecten initieert, coördineert en als scheidsrechter tussen partijen optreedt. "Het is een goed begin. Het aantal

partijen dat aan opschaling van duurzame waterstof werkt, is beperkt. Denk aan bedrijven als Engie, Air Liquide, Shell, Nouryon, Yara, OCI Nitrogen, Ørsted, Dow Chemical en Gasunie."

## KRACHT VAN WATERSTOF

Hoe onmisbaar is waterstof? "Uit berekeningen van het PBL blijkt dat we alle opties nodig hebben om in 2050 volledig CO<sub>2</sub>-vrij te zijn", zegt Gigler, "Als we één ding uitsluiten, halen we het gewoon niet." Vanuit het perspectief van de chemie lijkt waterstof dé sleutel tot verduurzaming. De chemie is als grootgebruiker van fossiele grondstoffen naarstig op zoek naar alternatieven. (Groene) elektriciteit kan door elektrolyse omgezet worden in waterstof en zuurstof. "Dat is de kracht van waterstof", stelt Gigler, "De industrie heeft moleculen nodig. De koppeling van elektriciteit aan moleculen maakt waterstof interessant. Je kunt namelijk niet alle processen elektrificeren. Voor sommige processen heb je waterstof als grondstof nodig en voor hoge-temperatuurwarmte in de procesindustrie zijn alternatieven beperkt. Als je die processen zonder aardgas wilt realiseren en daarvoor duurzame bronnen wilt gebruiken, moet dat in de basis via waterstof." Het is dan ook niet toevallig dat de chemie met haar neus vooraan staat bij plannen voor waterstoffabrieken. >>



## 'HET IS DE VRAAG OF WATERSTOF UIT BIOMASSA ALS GRONDSTOF VOOR CHEMISCHE PRODUCTEN DE MEEST EFFICIËNTE ROUTE IS'

- ANDREAS TEN CATE

in biomassa zijn namelijk lang met in verhouding weinig waterstof. Dit in tegenstelling tot aardgas. Bij biomassa is dus een overschot aan koolstof en tekort aan waterstof. Biomassa bevat ook veel zuurstof. Om plastics als polypropyleen te produceren moet je de zuurstof kwijt zien te raken. "Het is de vraag of waterstof uit biomassa halen als grondstof voor chemische producten de meest efficiënte route is", aldus Ten Cate, "Hoeveel moeite wil je doen?"

### INTEGRALE AANPAK

Andersom wel. Illustratief voor de verwevenheid van waterstof en biobased grondstoffen zijn de

In eerste instantie via de blauwe route en op termijn via de groene route (zie Tabel 1, pagina 12).

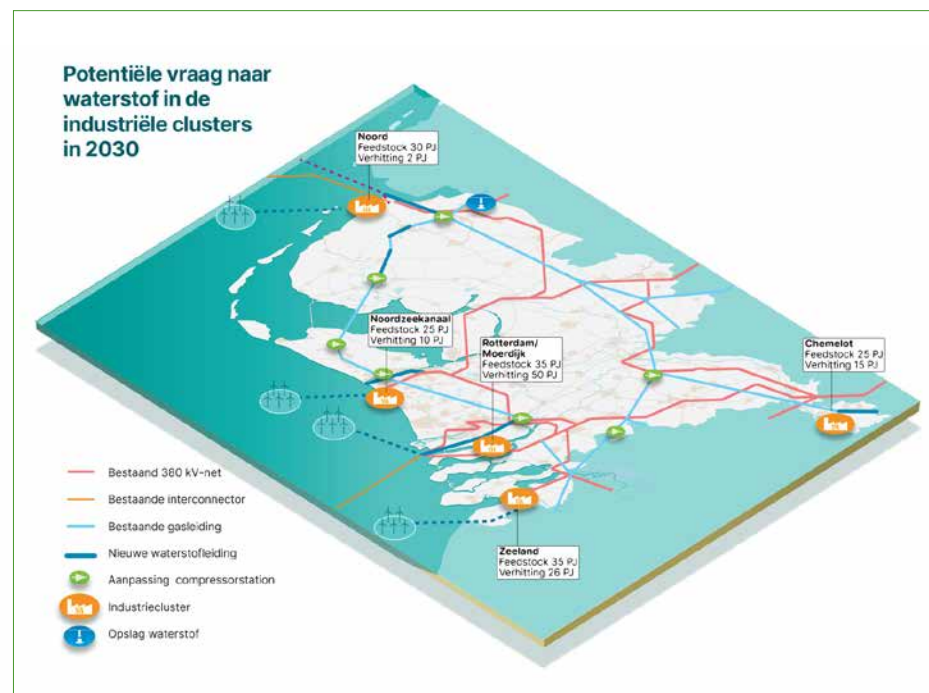
### RELATIE MET BIOBASED ECONOMY

Hoe zit het eigenlijk met de bruine route: waterstof uit biomassa? Hoe verhoudt waterstof zich tot de biobased economy? Het is niet iets dat direct oppopt, maar de raakvlakken en parallellen met de biobased economie zijn interessant. "Waterstof en biomassa hebben elkaar nodig", stelt Gigler. Om hoge-temperatuurwarmte te produceren kan biomassa een alternatief zijn voor aardgas. Net als waterstof is biomassa op dit moment schaars. Voor biomassa zal dit echter niet dramatisch gaan veranderen, terwijl voor waterstof de bronnen in principe oneindig zijn.

Crucialer is dat voor chemische processen vier moleculen onmisbaar zijn: C, H, O en N. Waterstof en zuurstof kan de industrie via elektrolyse uit water halen en stikstof uit de lucht, voor koolstof is dat een ander verhaal. Koolstof komt nu hetzij uit fossiele koolwaterstoffen hetzij uit biomassa. "In theorie kun je koolstof ook uit de lucht plukken, CO<sub>2</sub> genoeg, maar voordat Direct Air Capture rijp en rendabel is, zijn we wel 15 tot 20 jaar verder", aldus Gigler. Blijft biomassa als klimaatneutraal alternatief over. Koolstof kan uit biomassa onttrokken worden via pyrolyse of vergassing. Aan die bio-aardolie moet de chemie echter vaak H<sub>2</sub> toevoegen om chemische producten te kunnen maken. De koolstofketens

projecten in de Eemshaven. De komende twaalf jaar wil Noord-Nederland maar liefst 2,8 miljard euro investeren in waterstof. Het doel is installaties te ontwikkelen voor groene waterstof van minstens 100 MW en een productielocatie voor blauwe waterstof van minimaal 1,2 GW. Bij het Integraal Waterstofplan zijn niet alleen overheden, energieproducenten en netbeheerders betrokken, maar ook biomassacentrales, de chemie en grondstofproducenten als Suikerunie en Avebe.

BioMCN, een dochter van OCI Nitrogen, bouwt in de Eemshaven een installatie voor biomethanol, een grondstof voor de chemie en biobrandstoffen. BioMCN produceert biomethanol op twee manieren: met biogas uit bestaande



**Figuur 1. Vraag naar waterstof in Industrie**

In het klimaatakkoord is de potentiële vraag naar waterstof in kaart gebracht. Hieruit volgt dat er in 2030 alleen al aan de kust een grote potentiële vraag naar waterstof is voor industriële toepassingen (circa 125 tot 213 PJ). Het industriecluster Chemelot in Limburg kent een potentiële vraag naar waterstof van circa 25 tot 40 PJ. Daarnaast kan aan de kust een aanvullende vraag naar waterstof ontstaan voor elektriciteitsproductie. Bron: waterstofcoalitie

## 'DE INDUSTRIE HEEFT MOLECULEN NODIG. DE KOPPELING VAN ELEKTRICITEIT AAN MOLECULEN MAAKT WATERSTOF INTERESSANT'

- JORG GIGLER



biovergisters dat opgewerkt wordt tot gasnetkwaliteit en via CO<sub>2</sub>-injectie. "In ons proces hebben we een overschot aan waterstof", meldde Søren Jacobsen, CEO van BioMCN eind 2018. "Bij het opwerken van biogas komt CO<sub>2</sub> vrij. Die CO<sub>2</sub> nemen we af, transporteren we naar onze fabriek en injecteren het in onze waterstof, om er zo biomethanol mee te produceren." Op weg naar verdere verduurzaming studeert BioMCN op drie mogelijkheden: allereerst de bouw van een eigen biovergister, ten tweede de bouw van een 20 MW-electrolyser samen met Gasunie en Nouryon om zo duurzaam geproduceerde waterstof en CO<sub>2</sub>-injectie te benutten voor biomethanol en ten slotte doet het bedrijf onderzoek naar de vergassing van huishoudelijk afval om dit syngas in te zetten in de fabriek.

In het waterstofcluster participeert ook de elektriciteitssector. De magnumcentrale moet op waterstof gaan draaien en bij de Eemscentrale zal CO<sub>2</sub> worden afgevangen. "De vraag naar groene waterstof is groot, dus daar kun je niet genoeg fabrieken voor hebben," vertelde RWE-woordvoerder Rob Hageman tegen RTV Noord. "Naast het windpark en de kolencentrale staat een fabriek voor super zuiver water. De stoomketels van onze kolencentrale moeten namelijk blijven doordraaien zonder dat kalksteen ontstaat. Als er geen wind is, moet het verbranden van biomassa in de Eemshavencentrale de energie opleveren waarmee de waterstof gemaakt wordt." In dit cluster zijn biobased en waterstof al met al op elkaar aangewezen.

### GZI NEXT

Ook Emmen werkt aan een integraal plan voor duurzame elektriciteit, biogas en waterstof. Op het voormalig terrein van de gaszuiveringsfabriek moet naast een zonnepark straks ook biogas en waterstof geproduceerd gaan worden. De pijpleidingen en aansluiting naar Gasunie zijn al aanwezig. NAM, Emmtec en Gasunie onderzoeken of ze die kunnen gebruiken voor waterstof en groen gas. Vier kilometer verder ligt het Emmtec-terrein. De industrie daar staat in de top tien van aardgasverbruikers. Daar willen ze vanaf, eerst door aardgas uit het buiten-

land geschikt te maken, later door over te stappen op waterstof of biogas. Het ligt voor de hand dat de gasleiding die naar het Emmtec-terrein gelegd moet worden ook geschikt is voor waterstof of groen gas. En dat in dezelfde sleuf een warmteleiding komt te liggen voor de groei van bacteriën in de biogasin-stallaties. De elektriciteit die de zonnepanelen opwekken is later ook bedoeld voor het maken van waterstof.

### GASTRANSPORT EN OPSLAG

Als het om transport en opslag gaat, worden biogas en waterstof vaak in één adem genoemd. Beide worden ingezet voor de opslag van duurzaam opgewekte elektriciteit. Gasunie is dan ook een van voortrekkers (zie [www.gasunie.nl/expertise/waterstof/waterstofprojecten](http://www.gasunie.nl/expertise/waterstof/waterstofprojecten)). Program Manager Hydrogen Gasunie, René Schutte ging onlangs op een bijeenkomst van het H<sub>2</sub>-platform in op de belangrijke rol van groene waterstof en biogas voor de industrie, vervoer en verwarming. Schutte: "Het bestaande gasnetwerk kan gesplitst worden in een netwerk voor waterstof en voor methaan en heeft voldoende capaciteit. Er is een grote behoefte aan omvangrijke energieopslag in de vorm van waterstof of biogas om seizoenen te kunnen overbruggen. Het is een goedkopere oplossing dan grootschalige opslag van energie in batterijen." Gasunie verwacht dat tegen 2030 een landelijk waterstofnetwerk gereed kan zijn.

### INPASSING

Zowel waterstof als biogas worden lokaal geproduceerd en dus decentraal ingevoerd. Dat betekent extra kwaliteitscontroles aan de poort. Voor biogas is daar al ervaring mee. Anders dan waterstof moet biogas eerst gereinigd worden. Daar staat tegenover dat het handiger is om groen gas in de bestaande gasinfrastructuur in te passen, omdat het perfect mengt met aardgas. Je kunt de bestaande gasopslagfaciliteiten gebruiken. Waterstof is weliswaar schoner, maar je kunt niet zomaar waterstof in het gasnet vullen of in lege gasvelden opslaan. Als kleinste

element verspreidt het zich veel makkelijker in allerlei materialen. H<sub>2</sub> kan wel probleemloos in zoutavernes worden opgeslagen, zoals bij het HyStock-project in Zuidwending de bedoeling is (zie [figuur 2 online\\*](#)). De gangbare materialen als PVC, PE en staal zijn in principe geschikt voor het transport van waterstof. Wel moeten bijvoorbeeld compressoren in het gasnet worden aangepast of vervangen; bij aardgas daalt de temperatuur bij drukverlaging in gasontvangstations, terwijl bij waterstof juist warmte vrijkomt.

Anders dan biogas mag waterstof wettelijk nog niet in hoge percentages met aardgas gemengd worden, hooguit 0,5 procent. Gas Transport Services doet daar nu ervaring mee op. Sinds begin juli 2019 stroomt waterstof door een twaalf kilometer lange oude hoofdgasleiding van Dow Benelux in Terneuzen naar kunstmestproducent Yara in Sluiskil. Gigler: "Dat had qua wet- en regelgeving wel wat voeten in de aarde."

### SNELHEID

Wat zijn de grootste uitdagingen met groene waterstof? De ambitie van het nationale waterstofprogramma is om in 2030 3-4 GW aan electrolyzers te hebben gerealiseerd (zie [Tabel 2 online\\*](#)). Ten Cate: "We moeten nog heel veel opschalen en zorgen voor een stabiel proces. Er zijn nog niet veel electrolyzers van minstens 10 MW. Daar moeten we mee leren werken. De technologie moet flexibeler en efficiënter worden. Dat staat centraal in de technolo- >>

Waar	Doel/ toepassing	Capaciteit	Initiatiefnemers	Kleur	status	Oplevering
<b>Elektrolyse</b>						
Eemshaven	Waterstofketen	100 MW	Engie, Gasunie	Groen (wind)	Haalbaarheidsstudie	2023
Eemshaven	Grondstof en brandstof industrie, transport, verwarming	100 MW	RWE, Innogy	Groen (onshore wind), bruin (biomassa bij tekort)	Haalbaarheidsstudie najaar 2019 afgerond	
Eemshaven	Opslag Ammoniak, Regelvermogen, Stroomproductie		Nuon, Gasunie, Statoil	2020; Blauw, 2030 groen	Ombouw magnum-centrale: turbines op H2	2025-2028
Eemshaven	Grondstof voor biomethanol (BioMCN)	20 MW	Nouryon, Gasunie	Groen (wind)	Investeringsbeslissing later 2019	
IJmuiden	Alternatieve brandstof, waterstof combineren met emissies uit staalproductie voor nieuwe grondstoffen (kunststoffen)	100 MW = 15 kton/jaar	Nouryon, Tata Steel Havenbedrijf Amsterdam	Groen (offshore wind)	Plan, investeringsbesluit 2021	2023- 2030
Rotterdam	Grond/brandstof Olieraffinaderij BP	250 MW = 45 kton/jaar	Nouryon, BP, Havenbedrijf Rotterdam	Groen	Investeringsbeslissing 2022	
Maasvlakte	Grondstof en brandstof (ondervuring) voor industrie voor het opwekken van hoge temperaturen en elektriciteitsproductie	3200 MW = > 700 kton/jaar	H-vision: TNO, Deltalinqs en 16 bedrijven, oa BP, Shell en Uniper, Air Liquide, E.ON, ENGIE, Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie, Oci Nitrogen, Statoil, Taqa Offshore, Vopak			
Blauw (aardgas en raffinaderijgas met CCS (lege gasvelden noordzee)	Haalbaarheidsstudie, 2021 investeringsbeslissing, begin 2026 eerste installatie	2026-2030				
Zeeland (Kanaalzone of Sloegebied)	Chemie	100 MW	Dow, Yara en Zeeland Refinery	Groen (offshore wind)	Studie	
Overig		1 GW (1000 MW)	ISPT, Nouryon, Shell, Yara, OCI Nitrogen, Gasunie, DOW Chemical, Ørsted, Frames, ECN (onderdeel van TNO), Utrecht University en Imperial College London		Studie	
<b>Pilots</b>						
Groningen	Hydrohub	1 MW	ISPT		Test centre	2020
Veendam/Zuidwending	Hystock: productie en opslag in zoutcaverne Zuidwending	1 MW	Gasunie New Energy, Energystock	Groen (8500 PV – panelen)	Pilotinstallatie geopend juni 2019; 1,4 MW voor eigen energievoorziening	2019
Emmen	Regionale industrie		GZI Next: Emmen, prov. Drenthe, NAM, Emmtec, Gasunie	Groen (PV)	Haalbaarheidsstudie	2021
Overig			TNO, TU Delft	Turquoise (pyrolyse)	Studie, pilot	2021
<b>Offshore</b>						
Offshore (voor scheveningen)	Opslag	1 MW	Neptune Energy, NexStep, TNO	Groen (offshore wind)	Ombouw boorplatform, pilot	2020
Offshore	Opslag duurzame elektriciteit		North Sea Wind and Power Hub: Gasunie, TenneT, het Deense Energinet.dk en de Rotterdamse Haven	Groen	Studie, Onderdeel wind-energie eiland in de Noordzee	
<b>Duitsland</b>						
Nedersaksen (Duitsland)	Opslag (regelvermogen), industrie, mobiliteit	100 MW	Gasunie Deutschland, TenneT en Thyssengas	Groen (offshore wind)		2022
Rheinland (Duitsland ten zuiden van Keulen)	Ontzweving, Grondstof raffinaderij (lichte producten als lpg, benzine, diesel), later transport	10 MW, 13 kton/jaar	Shell, ITM Power, Noorse onderzoeksorganisatie Sintef, het Britse software-bedrijf Thinkstep en het Britse adviesbureau Element Energy	Groen	Bouw Refhyne gestart Grootste PEM ter wereld	2020

Tabel 1. Plannen voor waterstoffabrieken

gieprogramma's." Sommige waterstoffabrieken maken reeds gebruik van alkalische elektrolyse, vertelt Gigler. "Zo heeft Nouryon een installaties van 20 MW in onderzoek. Alkalische electrolyzers zijn basislastinstallaties, die schakel je niet zomaar in of uit. Voor het fluctuerende aanbod van zon- en wind heb je het liefst een flexibeler installatie met PEM-technologie. Die kunnen snel op- en afschakelen. In Nederland is de grootste nu 1 MW, in Duitsland bouwen ze een installatie van 10 MW. Daar komt nu nog, vanwege de schaal, veel handwerk aan te pas."

### KOSTENVERLAGING

Daarnaast moeten de kosten van electrolyzers omlaag. De waterstofcoalitie, waarin 27 partijen samenwerken, wenst electrolyzers op te schalen naar 1 GW bij een kostenreductie van 65 procent. Volgens de eerste berekeningen kost zo'n 1 GW-fabriek rond 1 miljard euro; dat moet dus terug naar 350 miljoen. Onder de vlag van ISPT ontwerpt een consortium van een tiental partijen zo'n 1 GW-fabriek. "1 gigawatt komt overeen met de capaciteit van de huidige steam reformers op aardgas en sluit aan bij de plannen voor offshore windparken", verklaart Ten Cate. "De hamvraag is hoe je electrolyzers meer en efficiënter H<sub>2</sub> kunt laten produceren. Welke keuzes moet je maken? Het wordt niet één fabriek met één grote electrolyser, eerder een opbouw met 100 of meer electrolyzers van 10 MW. We kijken naar de lokale situatie in de vijf regio's om te beoordelen wat de mogelijkheden zijn. Als het technisch lokaal nog niet kan, geeft dat weer sturing aan ons technologie- en testprogramma."

Dan de marktkant. Groene waterstof is nog te duur. De belangrijkste vraag is volgens Gigler of we er snel genoeg in slagen voldoende zon- en windstroom beschikbaar te hebben. De markt ontwikkelt zich niet vanzelf. "Kun je er geld mee verdienen?", verwoordt Ten Cate de vraag van de industrie. "De prijs voor groene stroom is te hoog en van CO<sub>2</sub> te laag. De overheid kan daarin sturen." Tel daarbij de hele trits aan maatschappelijke, veiligheids- en wetgevingsvragen die nog beantwoord moet worden en mag duidelijk zijn dat we nog aan het begin staan. "We moeten niet onderschatten hoeveel tijd en energie dat kost", besluit Gigler. ●

\* Meer informatie kunt u online vinden via [www.agro-chemie.nl/artikelen/de-rijzende-ster-van-waterstof](http://www.agro-chemie.nl/artikelen/de-rijzende-ster-van-waterstof)



## COLUMN

### GROEIENDE INTERESSE IN BIOGEBASEERDE MARKTTOEPASSINGEN

Er is vaak beweerd dat een gebrek aan beleid aan de vraagzijde, zoals geen specifiek kader om biobased producten te promoten, of de afwezigheid van een beleid voor 'groene openbare aanbestedingen' dat biobased producten promoot, belangrijke obstakels waren bij de ontwikkeling van de bio-economie in Europa. Dit werd verergerd door een laag publiek bewustzijn van de voordelen van biobased producten.

Dit lijkt geleidelijk te veranderen. Er is een groeiende waardering voor duurzaamheid, inclusief klimaatverandering, bij EU-consumenten - met name jongere generaties - en biobased producten worden in toenemende mate verkocht voor dezelfde kosten als die op fossiele basis met vergelijkbare of verbeterde prestaties.

Markten worden al lang erkend als belangrijke drijfveren voor innovatie. Door de time-to-market van nieuwe innovatieve producten en toepassingen te verkorten, kunnen opkomende sectoren sneller groeien, omdat bedrijven een sneller rendement op hun investeringen in R&D en innovatie zullen zien. Dit is duidelijk aangetoond door de Europese BBI JU die projecten ondersteunt, inclusief demo- en flagshipprojecten, die leiden tot nieuwe commercieel beschikbare producten en toepassingen.

Nog interessanter is de groeiende deelname van merkeigenaren en bedrijven aan projecten die biobased producten op de markt en bij de consument brengen. Geen enkele merkeigenaar nam deel aan de eerste BBI JU-projecten in de loop van de lancering ervan in 2014. Tegenwoordig nemen meerdere bedrijven deel uit verschillende sectoren zoals persoonlijke verzorging, bouw, meubels, mode en textiel, automotive, eten en drinken, verf, gezondheidszorg en voeding, verpakkingen en nog veel meer. Dit illustreert de groeiende marktpenetratie van biobased producten.

Het is daarom van cruciaal belang dat de nieuwe Europese Commissie doorgaat met dit soort initiatieven en partnerschappen in Europa, voortbouwend op de goede ervaringen van de afgelopen jaren.

Hoewel we enige vooruitgang boeken, is er ook behoefte aan transparantere communicatie naar het grote publiek en naar consumenten en consumentenorganisaties. Consumenten moeten nog steeds op een eenvoudige manier worden geïnformeerd op basis van feiten over de duurzaamheid, uitdagingen en voordelen van biogebaseerde producten, evenals de maatschappelijke innovatievoordelen van verschuiving naar de bio-economie. BBI JU-projecten zoals BioCannDo, BioWays en BioBridges zijn goede initiatieven die hulpmiddelen en materialen ontwikkelen die vrij beschikbaar zijn voor alle belanghebbenden. We raden aan om naar hun websites te kijken en gebruik te maken van hun tools.

Dirk Carrez

Directeur Bio-based Industries Consortium