



# Technologie als hefboom voor duurzame ontwikkeling

**Joost van Kasteren**

in opdracht van

De aandacht voor duurzame ontwikkeling is groeiende. Bedrijven en consumenten nemen steeds meer hun verantwoordelijkheid en de overheid stimuleert en faciliteert dit, dwingt dit af, of geeft er zelf een flinke impuls aan door bijvoorbeeld duurzaam in te kopen.

Maar gaat het snel genoeg? Creëren we een duurzame toekomst door ons gedrag aan te passen en efficiënter om te gaan met onze natuurlijke grondstoffen? Of zijn er grote technische veranderingen nodig? De rol van milieutechnologie komt in dit essay aan de orde. Geïnspireerd door interviews met een aantal toonaangevende personen schreef wetenschapsjournalist Joost van Kasteren dit boekje.

Aanleiding voor dit essay is het twintigjarig jubileum van het programma Milieu & Technologie dat SenterNovem uitvoert voor de ministeries van VROM, EZ en LNV. Sinds 1988 stimuleert het programma bedrijven in de industrie bij het milieuvriendelijker en innovatiever maken van hun productieprocessen, producten en diensten. Door onder andere subsidie, kennisnetwerken en kennisoverdracht helpt het bedrijven praktische oplossingen te vinden voor de praktische problemen die ze tegenkomen bij de ontwikkeling en toepassing van milieutechnologie.

Met die twintig jaar is Milieu & Technologie één van de langstlopende programma's van de overheid, en daarmee een stabiele factor in het beleidsinstrumentarium. Stabiel wil echter niet zeggen onveranderlijk, want de inhoud en accenten zijn in de loop van de tijd meeveranderd met de behoeften van het bedrijfsleven en ontwikkelingen in het overheidsbeleid. Mijlpalen zijn bijvoorbeeld de aansluiting bij de integrale milieutaakstellingen van de diverse branches in de jaren '90 en de ondersteuning van marktonderzoek sinds 2000 om te zorgen dat milieuinnovaties niet op de plank blijven liggen maar beter aansluiten op de markt.

Dit essay is gelardeerd met technische en marktgerichte projectvoorbeelden uit het programma Milieu & Technologie, juist om weer een verbinding tussen theorie en praktijk te maken. Want het programma Milieu & Technologie zal altijd met de voeten stevig op de grond blijven staan, ook in de toekomst, net als het industriële midden- en kleinbedrijf waar het zich op richt.

Gaarne wens ik U veel leesplezier en inspiratie toe.



drs. Jef Pleumeekers  
Algemeen directeur SenterNovem



## **INHOUD**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>VOORWOORD</b>                      | <b>1</b>  |
| <b>INLEIDING</b>                      | <b>5</b>  |
| <b>1. HET BEGIN</b>                   | <b>7</b>  |
| <b>2. HET OPRUIMEN VAN DE ROMMEL</b>  | <b>10</b> |
| <b>3. OOG VOOR HET PROCES</b>         | <b>18</b> |
| <b>4. DE GRENZEN VAN HET SYSTEEM</b>  | <b>28</b> |
| <b>5. BIOLOGISCHE VOEDINGSSTOFFEN</b> | <b>30</b> |
| <b>6. VOEDSELWEBBEN</b>               | <b>44</b> |
| <b>7. TECHNISCHE VOEDINGSSTOFFEN</b>  | <b>47</b> |
| <b>8. TOT SLOT</b>                    | <b>62</b> |



# Technologie als hefboom voor duurzame ontwikkeling

Twintig jaar geleden nog werd technologie vooral gezien als deel van het probleem; de snelle technologische ontwikkeling van na de Tweede Wereldoorlog was volgens velen de drijvende kracht achter de groeiende milieuvervuiling. Inmiddels is duidelijk dat technologie op zijn minst een deel van de oplossing is. Technologische vernieuwing is onontbeerlijk als we het groeiend aantal mensen niet alleen van voldoende voedsel willen voorzien, maar ook in staat willen stellen om een redelijk niveau van welvaart te bereiken zonder de draagkracht van de planeet nog verder te ondergraven.

Duurzame ontwikkeling vraagt echter om een ander soort technologische ontwikkeling. Een ontwikkeling van producten en processen waarbij ontwerpers en ingenieurs de natuur niet buitensluiten, maar beschouwen als voorbeeld en als inspiratiebron. Niet het beheersen van, maar het werken mét de natuur. De laatste jaren wordt die benadering op verschillende terreinen toegepast. In het waterbeheer bijvoorbeeld, waar naast 'harde' dijken ook de aandacht groeit voor 'zachte' vormen van kust- en oeververdediging. En in de landbouw, waar biologische bestrijding met sluipwespen en roofmijten en de aanleg van schuilplaatsen voor een deel de 'harde' plaagbestrijding met synthetische middelen vervangt.

In de industriële productie vormt de natuur eveneens een inspiratiebron. De bladeren van de Lotusplant, waar vocht en vuil geen vat op krijgen dankzij microscopisch kleine wassen nopjes op het oppervlak, blijken een voorbeeld voor de ontwikkeling van grafitti-bestendige muurverven en autolakken. Met 'witte biotechnologie' worden op de natuur geïnspireerde processen de fabriek binnengehaald, vaak in combinatie met een verschuiving van fossiele naar groene grondstoffen. Samenwerking tussen producenten zorgt ervoor dat reststoffen steeds minder vaak als afval moeten worden afgevoerd, maar gebruikt kunnen worden als grondstof voor andere processen. De voedselwebben van een ecosysteem fungeren daarbij als voorbeeld en als inspiratiebron.



Deze 'ecologisering van de productie' is vaak niet erg zichtbaar. Een omwenteling van het technologisch paradigma laat zich immers niet vergelijken met de bestorming van de Bastille of andere revoluties. Veel meer is het een zaak van kleine stappen, waarvan je pas achteraf kunt zeggen: 'hier is iets fundamenteel veranderd'. Terugkijkend op twintig jaar Programma Milieu en Technologie zie je inderdaad dat het denken over (milieu-)technologie fundamenteel is veranderd. Van 'opruimen van de rommel' via procesvernieuwing naar duurzame ontwikkeling door het sluiten van technische en biologische kringlopen. Dit essay vormt een terugblik op die geleidelijke verandering. Het is gebaseerd op een zestal interviews, die ook in de tekst zijn opgenomen, met respectievelijk Ed Nijpels, Wim Reij, Rombout van Herwijnen, Oscar Goddijn, Han Brezet en Anke van Hal.

# I. Het begin

Tijdens de eerste Wereldmilieuconferentie in Stockholm in 1972 hield Barry Commoner een lezing waarin hij een analyse gaf van het ontstaan van milieuproblemen en de relatie met de ontwikkeling van het industriële productie-systeem. Commoner, inmiddels 91 jaar oud, was indertijd hoogleraar aan de Washington University in St. Louis en had zijn naam gevestigd door zijn onderzoek naar de effecten van radioactieve straling als gevolg van atoomproeven in de woestijn van Nevada. Mede dankzij de druk van een door hem opgerichte beweging waren die atoomproeven in 1963 stopgezet door president Kennedy.

Tijdens zijn lezing voor het Environment Forum wees Commoner er op dat de milieubelasting in de periode tussen 1945 en 1970 gemiddeld genomen tien keer zo groot was geworden. In diezelfde 25 jaar was de bevolking van de Verenigde Staten anderhalf maal groter geworden, terwijl ook het welvaartsniveau met circa 50 procent was gestegen. Met andere woorden, de toename van de milieubelasting was vele malen groter dan verklaard kan worden uit de groei van de bevolking en van de welvaart.

Volgens Commoner had dat alles te maken met een ingrijpende verschuiving in de aard van de productie. Natuurlijke materialen zoals katoen en wol werden op grote schaal vervangen door op aardolie gebaseerde kunststoffen, zoals nylon. Daarnaast hebben we in de periode na de Tweede

Wereldoorlog een enorme toename gezien van andere synthetische producten zoals bestrijdingsmiddelen en detergenten. Daarnaast worden hout en ijzer meer en meer vervangen door een energie-intensief materiaal als aluminium en worden automotoren zodanig ontworpen dat ze veel meer vermogen leveren dan de T-Fordjes van voor de oorlog. En daarmee ook veel meer brandstof vragen.

Een bijkomende factor was volgens Commoner de schaalvergroting die na de Tweede Wereldoorlog werd ingezet. Weliswaar kunnen arbeid en machines daardoor efficiënter worden ingezet, maar schaalvergroting leidt ook tot minder efficiënt gebruik van grondstoffen en energie en bijgevolg meer afval. De lage olieprijs zorgde er bovendien voor dat de urgentie om efficiënter met fossiele grondstoffen



## Milieuvriendelijke asfaltlagen

## zonder oplosmiddel

*Latexfalt ontwikkelde met subsidie van M&T een bitumendeklaag voor asfaltwegen waarbij raapzaadolie in plaats van vluchtige oplosmiddelen wordt gebruikt. Hierdoor vermindert de emissie en werkt het prettiger en veiliger. Bovendien is de productietechniek van het nieuwe product verbeterd.*

*Het mengen van de ingrediënten gaat simpeler door een in-line blending techniek. Het nieuwe product wordt inmiddels succesvol toegepast in binnen- en buitenland.*

*Op de foto: directeur Bert Jan Lommerts.*

om te gaan ontbrak. Pas begin jaren zeventig, met de Club van Rome, drong het besef door dat grondstoffen niet onuitputtelijk zijn.

‘In mijn ogen,’ zo stelde Commoner indertijd, ‘is de drijvende kracht achter de groeiende vervuiling niet de overbevolking, noch de welvaartsgroei, maar de grootschalige introductie van nieuwe technieken – vooral na 1945 – die door hun aard niet compatibel zijn

met natuurlijke, gebalanceerde processen die het milieusysteem in stand houden.’ De milieucrisis illustreert volgens hem een tragische paradox, namelijk dat de nieuwe technieken en de bijbehorende producten en productieprocessen het biologisch kapitaal vernietigen, dat essentieel is voor hun productiviteit. Of, zoals de Buckminster Fuller - de architect die bekend werd door zijn geodetische koepels - het uitdrukte: Je kunt niet



straffeloos morrelen aan de 'life support systems' van het Ruimteschip Aarde.

De analyse van Barry Commoner was opmerkelijk in de zin dat hij als een van de weinigen een verbinding legde tussen het productiesysteem en de milieuvervuiling. Bij overheid en industrie overheerste indertijd de houding dat de industriële ontwikkeling wat rommel had veroorzaakt die even opgeruimd moest worden. We zien dat terug in het milieubeleid van die tijd, dat zich vooral richtte op het schoonmaken van de milieu-compartimenten water, lucht en bodem. Tegelijkertijd bekritiseerde hij de toenmalige milieubeweging die prachtige 'blueprints for survival' maakte, maar nauwelijks of geen oog had voor armoede en sociaal-economische verhoudingen.

Volgens Commoner wordt het milieu-probleem veroorzaakt door de botsing tussen de 'technosfeer' en de 'ecosfeer'. Waar vroeger grootschalige verstoringen, zoals stormen, droogte en overstromingen konden worden beschouwd als 'acts of God', blijken ze nu steeds vaker te worden veroorzaakt door 'acts of man'. De enige manier om

ze te voorkomen of in ieder geval te minimaliseren is een ingrijpende verandering van het productiesysteem door de technosfeer te integreren in de ecosfeer. Het zou echter nog enige tijd duren voor de analyse van Commoner weerklink vond. Voorlopig lag de nadruk op het opruimen van de rommel.

## 2. Het opruimen van de rommel

### 2.1 Milieu als economische waarde

In de jaren zeventig lag de nadruk in het milieubeleid op het opruimen van de rommel. Er werden normen opgesteld voor lozing en emissie, waarvan de naleving werd (en wordt) afgedwongen via een systeem van vergunningverlening en handhaving. Waar nodig werden heffingen in het leven geroepen, waarmee in feite een economische waarde wordt toegekend aan de kwaliteit van de omgeving. Het milieu, de 'ecosfeer', wordt als het ware een onderdeel van het systeem van productie en consumptie, de 'technosfeer'. De intrinsieke waarde van ecosystemen verdwijnt uit beeld; ze zijn handelswaar geworden.

Het opruimen van de rommel vormde het motief voor een hele serie wetten, te beginnen met de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo), die dateert van 1970. Deze stelde normen aan de hoeveelheid afvalwater die geloosd mocht worden en verplichtte bedrijven en particulieren tot het betalen van een zuiveringsheffing. Bij bedrijven werd de hoogte van de heffing bepaald door hoeveelheid en

mate van vervuiling. Huishoudens betaalden en betalen nog steeds een forfaitaire heffing gebaseerd op inwoner equivalenten.

Na de Wvo volgde de Wet Luchtverontreiniging en de Wet geluidhinder en een reeks wetten en besluiten om afvalstoffen op een nette manier af te voeren en te verwerken. Hoewel niet iedereen bereid of in staat was om zich aan de regels te houden, werkte de aanpak grosso modo wel. De ontwikkeling van nieuwe zuiveringstechnieken maakte Nederland geleidelijk aan schoner. Deed zich een onverwacht probleem voor, zoals de Lickebaert-affaire, dan kon de overheid snel optreden.

De Lickebaert-affaire ontstond toen bleek dat de melk van koeien, die graasden onder de rook van de Afvalverwerking Rijnmond, teveel dioxine bevatte. De toenmalige minister Nijpels voerde een zeer strenge norm in om de emissie van dioxine bij de verbranding van afval tot vrijwel nul terug te brengen. Allereerst werd die norm onhaalbaar geacht, maar bij de eerstvolgende installatie die in gebruik

werd genomen, werd deze ruimschoots gehaald.

Naast positieve effecten heeft het toekennen van economische waarde aan de kwaliteit van het milieu ook nadelen. Voor de verontreiniging van lucht, water en bodem is met enige moeite nog wel een heffingsgrondslag vast te stellen, gebaseerd op de kosten van zuivering. Voor andere aspecten van de leefomgeving zoals de kwaliteit van het landschap of de aanwezigheid van bijzondere soorten is het een stuk

lastiger, zo niet onmogelijk om de economische waarde vast te stellen.

Bovendien loop je het risico dat de economische waarde van een natuurgebied of ecosysteem vervolgens wordt uitgeruild tegen iets dat op dat moment nog waardevoller wordt geacht.

Bijzondere ecosystemen, zoals blauwgraslanden en trilveen, laten zich moeilijk beschermen, door er via heffingen een economische waarde aan toe te kennen. Als de druk groot is, wordt de waarde van het natuurgebied al snel





*Met subsidie van M&T onderzocht Synbra Technology hoe ze hun polystyreenhoudend afvalslib nuttig konden hergebruiken. Door het slib met een zeefpers te drogen kon het als vulstof bij de productie van polystyreengranulaat in het bedrijf gebruikt worden. Synbra Technology bespaart hiermee € 241.000 per jaar.*

*Op de foto: Jan Noordegraaf, directeur Synbra Technology.*

## Afvalstroom wordt grondstof

uitgeruild tegen andere waarden, zoals werkgelegenheid. In Nederland kiezen we in zo'n geval vaak voor natuurcompensatie, waarbij het verdwijnen van bijzondere natuur, bijvoorbeeld vanwege de aanleg van een bedrijventerrein, elders wordt gecompenseerd met de aanleg van nieuwe natuur. Een wat gekunstelde aanpak, die een beetje doet denken aan het behoud van bijzondere diersoorten door fokprogramma's van dierentuinen. Het wezenlijke probleem,

aantasting van de natuur, los je er niet mee op. Een andere oplossing is om een hek om waardevolle natuurgebieden heen te zetten. Nadeel daarvan is dat je daarmee de verdere ontwikkeling van een gebied en van de mensen die er wonen blokkeert. In Nederland zijn we rijk genoeg om de getroffen te compenseren, maar in Afrika en Azië is dat een stuk lastiger en komen mensen in het gedrang als de dieren worden beschermd.

### 2.2 End of pipe-technologie

Technologisch gezien leidt het toekennen van waarde aan de kwaliteit van de omgeving vaak tot het treffen van 'end of pipe'-maatregelen. In geval van de Wvo bijvoorbeeld werden de heffingen gebruikt om zuiveringsinstallaties aan te leggen. Op zich heeft dat gunstige economische effecten gehad. Nederlandse adviesbureaus en bedrijven hebben wereldwijd een vooraanstaande positie weten op te bouwen op het gebied van waterzuivering.

Een nadeel is echter dat het probleem, zeker in eerste instantie werd verplaatst. Het oppervlaktewater werd weliswaar schoner, maar het resultaat van de acties was een berg zuiverings-slib waarmee je niet veel meer kunt doen dan verbranden. Bovendien waren en zijn de heffingen – en de bijbehorende zuiveringstechnologie – onvoldoende gebleken om het oppervlaktewater echt schoon te krijgen, met name doordat diffuse bronnen, zoals uit- en afspoeling van akkers, weiden en wegen zich niet met 'end-of-pipe' technieken laten elimineren.

De invoering van de Kaderrichtlijn Water laat zien dat de 'end of pipe'-aanpak geen garantie is voor echt schoon water. Anders dan bij de Wvo, wordt in de Kaderrichtlijn uitgegaan van de ecologische kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater.

*(lees verder op pagina 17)*







***Ed Nijpels:***

# Nederland verdient geld met milieutechnologie

‘Twintig jaar geleden was milieu een kostenpost voor bedrijven, tegenwoordig verdienen ze er geld mee’, zegt Ed Nijpels, voorzitter van ONRI, brancheorganisatie van advies-, management- en ingenieursbureaus. Een omslag, die volgens hem vooral is te danken aan technologische ontwikkeling in combinatie met een stevig milieubeleid.

Eind jaren tachtig was Ed Nijpels als minister van VROM eerstverantwoordelijke voor het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) ‘Kiezen of Verliezen’. Een paradigmatische omwenteling in het denken over milieu, zegt hij zelf. ‘Tot die tijd was het beleid er vooral op gericht om de effecten van vervuiling te bestrijden. In het NMP werd voor het eerst ingezet op het daadwerkelijk aanpakken van de oorzaken. Met als onmisbare bouwsteen het stimuleren van schonere productieprocessen. Technologische ontwikkeling in wat we nu ‘duurzame’ richting noemen is daarbij onmisbaar gebleken.’

Het stimuleren daarvan, onder meer via het nu twintigjarige Programma

Milieu & Technologie, is echter maar een deel van het verhaal. Nijpels: ‘Als je alleen wacht op technologische ontwikkeling gebeurt er niets. Je moet als overheid ook duidelijke normen stellen om beleidsmatig druk op de ketel te houden. Indertijd speelde de ‘Lickebaert-affaire’: koeien die graasden onder de rook van de Afvalverbranding Rijnmond bleken een te hoog gehalte dioxine in de melk te hebben. Op een golf van maatschappelijke verontrusting heb ik toen de strengste norm ter wereld geformuleerd voor verbrandingsinstallaties. Onmogelijk te realiseren, riep iedereen in koor, maar een jaar of wat later ging de eerste installatie open die aan die norm voldeed.’

Andere voorbeelden uit die tijd zijn de verplichte driefwegkatalysator voor auto's en het verwijderen van fosfaat uit wasmiddelen. Nijpels: 'Steeds weer bleek die combinatie van beleidsdruk en technologische ontwikkeling te leiden tot innovatieve oplossingen die positief uitpakten voor het milieu en tegelijkertijd bedrijven zeker geen windeieren hebben gelegd. Voorwaarde is wel dat je niet alleen normen oplegt, inclusief een periode waarbinnen bedrijven aan die normen moeten voldoen, maar ze ook handhaaft. Wel met stevige sancties en op basis van het uitgangspunt dat de vervuiler betaalt voor de milieuschade die hij aanricht.'

De combinatie van beleidsdruk (normen/sancties) en technologische ontwikkeling is succesvol gebleken in de aanpak van klassieke milieu-problemen zoals water- en lucht-vervuiling en geluidsoverlast. Nederland is immers een stuk schoner dan twintig jaar geleden. De vraag is of die combinatie ook voldoende is om het hoofd te bieden aan hardnekkiger problemen zoals de uitstoot van CO<sub>2</sub>. Nijpels: 'De CO<sub>2</sub>-uitstoot en de eventuele gevolgen zijn inderdaad van een andere orde dan de zuivering van

afvalwater, omdat de aanpak ervan rechtstreeks raakt aan onze manier van leven. Maar het probleem is niet hopeloos.'

Hoewel hij nog maar kort voorzitter van ONRI is, signaleert Nijpels dat het broeikasprobleem heel wat creativiteit losmaakt. 'Naast voorkomen van CO<sub>2</sub>-uitstoot, bijvoorbeeld door omzetten van organisch afval in biogas, wordt die creativiteit ook ingezet om CO<sub>2</sub> nuttig te gebruiken, bijvoorbeeld door er algen mee te kweken. Daarnaast steken Nederlandse ingenieurs veel creativiteit en energie in het aanpassen aan de eventuele klimaatverandering bijvoorbeeld door nieuwe vormen van waterbeheer of door klimaatbestendig bouwen. Slimme ideeën die nu al omzet genereren voor Nederlandse bedrijven en adviseurs. Wat dat betreft kan de geschiedenis van de milieutechnologie zich herhalen.'

*(vervolg van pagina 13)*

Ondanks alle inspanningen om lozingen terug te dringen, blijkt het nog niet zo eenvoudig om aan die kwaliteitsdoelstellingen te voldoen. Volgens de ex ante evaluatie van de Kaderrichtlijn, uitgevoerd door het planbureau voor de leefomgeving worden de doelstelling van ecologische kwaliteit voor 40 tot 60 procent gehaald in de periode tot 2015.

Een ander aspect is dat heffingen in combinatie met 'end of pipe'-technieken het milieu voor bedrijven tot een kostenpost maakt. Er zijn bedrijven die verdienen aan zuiveringstechnieken, maar voor de meeste bedrijven staat het milieu aan de negatieve kant van verlies- en winstrekening. Dat motiveert niet erg om meer te doen dan de wettelijke normen voorschrijven. Bovendien dwingt het overheden tot het in stand houden van een kostbaar systeem van vergunningverlening en handhaving waarin gedetailleerd wordt voorgeschreven wat bedrijven wel en niet mogen doen. Een bijkomend nadeel is dat als het economisch klimaat guurder wordt, zoals in de jaren tachtig, het draagvlak voor maatregelen die het milieu moeten beschermen, snel afbrokkelt.

Desondanks wordt de 'end of pipe'-aanpak incidenteel nog steeds bepleit. Een voorbeeld is het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> (CCS, Carbon Capture & Storage). Volgens de publiek-private Task Force CCS is dat nodig omdat we enerzijds moeten voldoen aan de doelstellingen om de uitstoot van CO<sub>2</sub> met 30 procent te verminderen in 2020. Anderzijds omdat schone, hernieuwbare energiebronnen – die geen CO<sub>2</sub> opleveren – de komende jaren nog niet in voldoende mate beschikbaar zijn, zodat we nog een tijd lang fossiele brandstoffen moeten verstoken. CCS vormt niet alleen financieel, maar ook energetisch een kostenpost, omdat het het rendement van een elektriciteitscentrale met ergens tussen de tien en twintig procent doet afnemen. Een andere interessante en eenvoudigere mogelijkheid is om het vrijkomende CO<sub>2</sub> te benutten, bijvoorbeeld voor de productie van algen, die weer als grondstof kunnen dienen voor chemicaliën en biodiesel.

## 3. Oog voor het proces

### 3.1 Kentering

Vanwege de nadelen van de 'end of pipe'-aanpak zien we medio jaren tachtig dan ook een kentering. Daarbij komt de nadruk meer en meer te liggen op het verminderen van vervuiling door het aanpassen van productieprocessen. Het concept 'proces-geïntegreerde oplossingen' doet zijn intrede. Niet in de laatste plaats dankzij de activiteiten van de Commissie Milieu en Industrie, een samenwerkingsverband van overheden, industrie en wetenschap.

In 1987, kort voor de start van het Programma Milieu & Technologie, publiceert de Commissie het boek 'Milieutechnologie, meer dan milieu en technologie' met daarin een aantal voorbeelden van bedrijven die hun processen aanpassen om de milieubelasting te verminderen. Daarbij gaat het om voorzieningen voor onder meer het terugwinnen van oplosmiddelen, het vervangen van CFK's als drijfmiddel bij de vervaardiging van polystyreenschuim en een nieuwe vorm van oppervlaktebehandeling waarbij het giftige cadmium wordt

vervangen door een microlaagje aluminium.

Rondom het concept 'proces-geïntegreerd' kwam, achteraf gezien, een aantal lijntjes bij elkaar. Voor de overheid was het steeds duidelijker geworden dat een aanpak per compartiment (lucht, water, bodem, geluid) niet erg effectief was. De oplossing in het ene compartiment, water bijvoorbeeld, leidde tot problemen in een ander compartiment. Bovendien werden lagere overheden en bedrijven bijna overspannen van de grote hoeveelheid niet op elkaar afgestemde regels en de bijbehorende wirwar aan vergunningen en controles. Een integrale aanpak was geboden en die kreeg dan ook gestalte in het eerste Nationaal Milieubeleidsplan 'Kiezen of verliezen' uit 1988.

In diezelfde periode vroeg en kreeg het bedrijfsleven ook ruimte voor een integrale aanpak. Niet langer lag de nadruk op het naleven van de regels, maar op de verinnerlijking ervan, de internalisering in het toenmalige jargon. Per bedrijfstak worden bovendien

#### PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



## Polyesterproductie zonder styreen-emissie

*Met subsidie van M&T heeft Peardove bij polyester-verwerker Alpmat een proefopstelling gebouwd van een spuitrobot die preforms vervaardigt. Preforms worden gebruikt bij de productie van glasvezelversterkte polyester vormen. Bij de huidige open-maltechniek is het vrijkomen van styreen een groot milieuprobleem. De spuitrobot kan geprefabriceerde glasvezelmatten, de preforms, maken. Hierdoor is het mogelijk ook ingewikkelder vormen met een gesloten-maltechniek te maken, waarbij bijna geen styreen vrijkomt. Daarnaast is de methode sneller en goedkoper en levert het een beter resultaat op. Op de foto: John van der Neut (l, Peardove) en Patroclus Fasseas (r, Alpmat) bij de spuitrobot.*

convenanten afgesloten, waarin werd afgesproken wanneer bepaalde emissiedoelstellingen bereikt zouden zijn. Daardoor kregen bedrijven de ruimte om milieuvoorzieningen te treffen op een moment dat het hen uitkwam. Bijvoorbeeld als onderdeel van een investeringsprogramma, waarbij toch al installaties moesten worden vervangen.

Het Programma Milieu & Technologie leverde daar een bijdrage aan door voor

sommige bedrijfstakken, voorbeeldprojecten te stimuleren, die lieten zien hoe bedrijven maatregelen uit het milieuhandboek konden vertalen naar hun eigen bedrijf. De nadruk lag daarbij op samenwerken met andere bedrijven, zoals toeleveranciers en afnemers. Zo werd onder meer onderzoek gedaan naar de voor- en nadelen van de overstap van de open mal- naar de gesloten maltechniek bij de productie van vezelversterkte kunststofdelen.

Een derde ontwikkeling was dat met name grote bedrijven de verantwoordelijkheid voor een schonere leefomgeving naar zich toe trokken. Eind jaren tachtig waaide het programma Responsible Care over vanuit Canada naar Europa; een vrijwillig initiatief van de chemische industrie wereldwijd.

Met hun ondertekening van het programma verbinden bedrijven zich aan het continu verbeteren van de prestaties van hun bedrijf op het gebied van gezondheid, veiligheid en bescherming van het leefmilieu. En om het publiek daarover te vertellen. 'Be good and tell it'.

Een vergelijkbare ontwikkeling was de invoering van bedrijfsinterne milieuzorg. Ook hier gaat het om een vrijwillige actie van bedrijven, zij het dat een milieuzorgsysteem meestal deel uitmaakte van een convenant of bedrijfsmilieuplan. Vanaf medio jaren negentig werden milieuzorgsystemen genormeerd op een wijze vergelijkbaar met de systemen voor kwaliteitszorg. Bedrijven konden hun systeem laten certificeren op basis van de NEN-ISO 14000-reeks.

Deze ontwikkelingen kwamen bij elkaar in de Nota Technologie en Milieu (1991) die ervan uitgaat dat milieuproblemen het beste kunnen worden opgelost met procesgeïntegreerde voorzieningen en een integrale aanpak. Bij procesgeïntegreerde voorzieningen gaat het volgens de officiële definitie om aanpassingen aan processen of





installaties, waardoor vervuiling wordt voorkomen. Daarbij moeten we onder meer denken aan het aanpassen van branders in centrales om de uitstoot van stikstofoxiden te verminderen, het terugwinnen en hergebruiken van zware metalen bij oppervlaktebehandeling, het voorkomen van de emissie van vluchtige organische stoffen door gebruik van dampretourleidingen et cetera.

## 3.2 Factordenken

Een belangrijke stimulans voor het treffen van procesgeïntegreerde voorzieningen was het factordenken, dat begin jaren negentig opkwam. Om tot een werkelijk duurzame samenleving te komen, met een zeker niveau van welvaart voor iedereen was het opruimen van de rommel niet voldoende. Waar het om ging was het vergaand terugdringen van de milieubelasting per eenheid product. Uitgangspunt voor het factordenken was de vergelijking:

$$MB = B \times W \times M$$

Waarbij MB staat voor milieubelasting, B voor bevolkingsgroei, W voor welvaartsgroei en M voor de milieu-aantasting per eenheid van welvaart. Als in de periode tot 2050 de bevolking verdubbelt (factor 2) en de gemiddelde welvaart wereldwijd vervijfvoudigd (factor 5) dan zou de milieubelasting met een factor 10 toenemen. Aannemende dat we die belasting juist met de helft zouden willen verminderen, dan zouden we een factor 20 efficiënter om moeten gaan met grondstoffen en energie. Ofwel, de M in de vergelijking, die je ook kunt lezen als het industrieel metabolisme zou een factor 20 efficiënter moeten worden.

### MEMBRAAN-ELEKTROLYSE

*Sinds eind negentiende eeuw werd chloor gemaakt door elektrolyse van pekkel, een sterk geconcentreerde oplossing van natriumchloride. In essentie komt het proces erop neer dat de chloorionen zich verzamelen bij de anode, waar chloorgas wordt gevormd. De kathode bestaat uit een laag kwik op de bodem van de elektrolysecel dat reageert met natriumionen tot kwikamalgam. In een afzonderlijke reactor wordt het amalgaam gesplitst in loog (NaOH) en kwik dat vervolgens weer wordt hergebruikt. Daarbij komt ook waterstof vrij, dat elders nuttig gebruikt wordt bijvoorbeeld bij het kraken van ruwe olie. In de afgelopen jaren is de kwikelektrolyse in Nederland vervangen door zogeheten membraan-elektrolyse. Het membraan deelt de elektrolysecel in twee compartimenten, het anode- en het kathodegedeelte. Pekkel wordt ingelaten in het anodecompartiment, terwijl aan de kathode zuiver water wordt toegevoegd. Aan de anode vormt zich chloorgas terwijl de natriumionen zich door het membraan naar de kathode geven. Daar ontstaat loog. De waterstof die vrijkomt bij de elektrolyse van water wordt onder meer gebruikt als hulpstof bij de productie van andere chemicaliën.*

Een dergelijke efficiency-verbetering lijkt veel, maar is de afgelopen decennia al vaker vertoond. De eerste computer bijvoorbeeld, de ENIAC, gebouwd in de jaren vijftig, had een omvang van enkele klaslokalen, gebruikte evenveel energie als een zware elektrische locomotief en kon veel minder dan een eenvoudig rekenmachientje. De eerste vliegtuigen gebruikten honderd keer meer brandstof per passagierkilometer dan de huidige generatie en de uitstoot van zwavel- en stikstofoxiden door centrales en bedrijven is de afgelopen decennia zeker met een factor 20 afgenomen.

#### FACTOR 4

*Begin jaren negentig ontstond er een beweging in Nederland en West-Europa onder de noemer Factor 4. Aan de basis ervan lag een rapport van het Duitse Wuppertal Institut für Klima, Energie und Umwelt met als titel 'Doppelter Wohlstand, halbierte Naturverbrauch'. Daarin geven Carl Friedrich von Weizsäcker van het Wuppertal Institut en Amory Lovins, die zijn eigen onderzoeksinstituut heeft in Colorado, een groot aantal voorbeelden om de milieu-efficiency van de productie van goederen en diensten te verbeteren.*

*Daarnaast bepleiten zij een industriële transformatie, waarbij niet alleen gekeken wordt naar producten en diensten als zodanig, maar naar de functies die ze vervullen.*

*Een voorbeeld: als de functie van een vliegtuig het uitwisselen van informatie is aan een collega, toeleverancier of afnemer, zou je die functie dan niet ook goedkoper en milieuvriendelijker kunnen vervullen met behulp van een transatlantische videoverbinding.*

### 3.3 Knijpen

Het factordenken vormde een belangrijke stimulans om de hoeveelheden energie, water, grondstoffen en afval per eenheid product te beperken. 'Pinch' (letterlijk: knijpen) en 'exergie' zijn termen die medio jaren negentig hun intrede deden. Ze stonden voor technieken waarmee werd geanalyseerd waar 'lekkages' optraden en waar mogelijkheden lagen voor hergebruik. Gebaseerd op de Eerste en Tweede Hoofdwet van de thermodynamica wordt vooral gekeken naar de kwaliteit van de energie en hoe die optimaal te benutten.

De centrale verwarming bijvoorbeeld, om een huis-, tuin- en keukenvoorbeeld te gebruiken is uit oogpunt van exergie een onding omdat hoogwaardige energie (aardgas) wordt gebruikt voor de productie van laagwaardige warmte. Het is beter om het aardgas om te zetten in elektriciteit – bijvoorbeeld in een microwarmtekrachtcentrale - en de vrijkomende warmte te gebruiken voor warm water en verwarming.

De 'pinch' wordt ook gebruikt om de waterstromen binnen een bedrijf te optimaliseren door hergebruik,

#### PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



**Ketenaanpak**

**succesvol**

*De Vereniging Milieubeheer Kunststofverpakkingen bracht, ondersteund door subsidie van M&T, producenten en afnemers zoals IKEA, Jardin, Isover uit de verpakkingsketen bij elkaar om meer gerecycled materiaal in plasticverpakkingen toe te passen.*

*Op de foto: Siem Haffmans (I, iD-L) en Emiel Hanekamp (r, Partners for innovation) die het project voor VMK uitvoerden.*

regeneratie en zuivering. Vaak wordt daarbij gebruik gemaakt van cascadering, waarbij zuiver water direct wordt toegepast in het productieproces en reststromen worden gebruikt als spoelwater of koelwater. Doel is vermindering van het gebruik van zoet water en het reduceren van de stroom afvalwater. Wederom op huis-, tuin- en keukenniveau toegepast zou een Water Pinch er waarschijnlijk toe leiden dat was- en douchewater wordt

gebruikt om het toilet te spoelen.

Op grotere schaal werden hele bedrijfstakken doorgelicht op water- en energieverbruik en het verminderen van de productie van afvalstoffen. Zo werd in de periode 1995 – 1998 de textiel- en tapijtindustrie doorgelicht in het kader van het Programma Milieu & Technologie op watergebruik, gebruik van kleurstoffen en de emissie van schadelijke stoffen.

*(lees verder op pagina 27)*



*Wim Reij:*

**Oplossing  
milieuproblemen vergt  
ingenieursmentaliteit**

‘Als je bij milieuvragen alleen maar denkt in termen van problemen, dan ziet het er tamelijk hopeloos uit met een nog steeds groeiende bevolking die ook nog eens wil delen in de welvaart. Wil je de milieuproblemen oplossen, dan heb je een ingenieursmentaliteit nodig, want die proberen er altijd het beste van te maken.’

Wim Reij, die als Directeur-Generaal Milieuhygiëne (1971 – 1988) maar liefst zes ministers bij stond, verloochent zijn Delftse wortels niet. ‘Technologie is de sleutel tot het oplossen van milieuproblemen. Dat was zo begin jaren zeventig en dat is nu nog zo. Verandering van gedrag moet ook, maar dat kan de overheid niet afdwingen. Vooral sinds de Tweede Wereldoorlog zijn Nederlanders daar allergisch voor. Als overheid kun je hooguit proberen om het gedrag van burgers en bedrijven indirect te beïnvloeden via heffingen en dergelijke.’

Hoewel technologie de sleutel is voor het oplossen van milieuproblemen, moet je je ook realiseren wat de beperkingen zijn. Reij: ‘In de beginjaren van het milieubeleid kregen we een aantal dingen snel en goed voor elkaar. De Wet Luchtverontreiniging bijvoorbeeld en de Wet Geluidhinder. Die hebben ook een behoorlijk positief effect gehad op de kwaliteit van de omgeving. Andere dingen, zoals bodemvervuiling, bleken een stuk

lastiger. De ambitie van een ‘schone’ bodem hebben we moeten inruilen voor de ambitie van een bodem die zo schoon is als nodig voor een bepaalde toepassing, omdat het opruimen van alle vervuiling veel te duur zou worden.’

Datzelfde pragmatisme kenmerkte de Commissie Milieu en Industrie, die in 1971 werd opgericht door de gezamenlijke werkgevers. Reij werd gevraagd om die Commissie voor te zitten en dat heeft hij gedaan tot 1988. De Commissie werd voor het merendeel bevolkt door ingenieurs dus het ging niet vaak over macro-economische problemen. Reij: ‘We vonden elkaar op de techniek.’ Hoewel Reij aarzelt om het te bevestigen, werd in die Commissie de basis gelegd voor het pragmatische en daarmee effectieve Nederlandse milieubeleid, waarbij bedrijven veel ruimte krijgen om zelf in te vullen hoe ze de overeengekomen milieudoelen realiseren. In eerste instantie ging het daarbij vooral om het opruimen van afval: de ‘end-of-pipe’ techniek. Later

werden ook pogingen ondernomen om schonere productieprocessen te ontwikkelen, onder meer door de heffing in het kader van de Wet Luchtverontreiniging te gebruiken voor het stimuleren van schone technologie. 'Daarbij waren we niet altijd even succesvol', zegt Reij. 'Zo hebben we behoorlijk wat geld gestoken in de Stirlingmotor die indertijd bij Philips werd ontwikkeld. Veel resultaat heeft dat nog niet opgeleverd. Gelukkig hadden we meer succes met onder meer het ontwikkelen van technieken voor het verwerken van afvalwater, waarin Nederland wereldwijd voorop liep.'

Hoewel bedrijven relatief veel ruimte kregen, wil dat niet zeggen dat de overheid braaf meeliep. 'Integendeel', stelt Reij, 'de vonken vlogen er soms vanaf, bijvoorbeeld als het ging om het vastleggen van milieunormen. Dan hoorde je heel wat geknars der tanden. Bedrijven vonden het bijvoorbeeld van de gekke dat minister Nijpels indertijd koos voor de strengste norm ter wereld voor de uitstoot van dioxine. Ook de verwijdering van fosfaat uit wasmiddelen heeft heel wat boze brieven opgeleverd. Maar het overheersende besef was

toch dat we er samen uit moesten zien te komen.'

Na zijn pensionering is Reij nog een tijdlang hoogleraar Milieutechnologie in Delft geweest, waar hij een naar eigen zeggen een 'bescheiden bijdrage' leverde aan het groeiende milieubewustzijn van de toekomstige ingenieurs. Daar ligt ook de bron van zijn hoop op een 'schonere' toekomst. 'Studenten en afgestudeerden zijn veel meer dan vroeger opgevoed in milieudenken. Een nieuwe mentaliteit die, in combinatie met het spreekwoordelijke pragmatisme van ingenieurs, tot hele creatieve oplossingen zal leiden voor de vraagstukken waar we vandaag mee worstelen.'

*(vervolg van pagina 23)*

In feite was de ontwikkeling van schonere processen indertijd het voornaamste motief voor de oprichting van het Programma. Via financiële stimulansen, adviezen en ondersteunende maatregelen zouden bedrijven worden uitgedaagd om schonere processen te ontwikkelen en zo de emissies naar lucht, water en bodem en de productie van afvalstoffen te verminderen.

De afgelopen twintig jaar hebben 'pinch' en het aanbrengen van procesgeïntegreerde voorzieningen een aanzienlijke bijdrage geleverd aan het vermindering van de milieubelasting. De productie van afval is soms met factoren gedaald, onder meer in de farmaceutische industrie, terwijl ook het gebruik van grondstoffen, energie en water fors is gedaald. Wat daarbij is opgevallen is dat technologische vernieuwingen op zich onvoldoende zijn om dergelijke veranderingen te bewerkstelligen. Zeker als het gaat om de doelgroep van het Programma Milieu & Technologie, het middelgrote en kleine bedrijf, is diffusie van kennis minstens zo belangrijk. Rond de eeuwwisseling vertaalt zich dat in meer aandacht voor kennisoverdracht. Niet alleen via publicaties, maar ook via demonstratieprojecten en de vorming van netwerken.

De inzet van schone technologie heeft ertoe geleid dat de milieubelasting per eenheid product fors is gedaald. Een vaak aangehaald voorbeeld is het yoghurtbekertje waarvoor nog maar de helft van de hoeveelheid kunststof nodig is vergeleken met 1990. Eenzelfde verhaal kan worden verteld over drank- en conservenblikjes, maar ook over bijvoorbeeld de hoeveelheid energie die nodig is voor het leveren van een pk motorvermogen van een auto.

Daar zit echter het probleem. De milieubelasting in de vorm van enerzijds afval en emissies, anderzijds gebruik van grondstoffen en energie is weliswaar afgenomen, maar per eenheid product. In totaal echter neemt die belasting - en dan met name het gebruik van grondstoffen, energie en water - nog steeds toe als gevolg van de welvaartsgroei en de materiële vertaling daarvan. Niet alleen in de traditionele industrielanden, maar vooral in opkomende landen en regio's zoals China, India en het Midden-Oosten en Latijns-Amerika. Je kunt bij wijze van voorbeeld de milieubelasting van een product met een factor vier terugdringen, maar als de verkoop ervan vervijfvoudigd neemt de milieubelasting netto nog steeds toe.



## 4. De grenzen van het systeem

In de opkomende landen vertaalt de welvaartsgroei zich niet alleen in een enorme vervuiling van lucht, water en bodem - met de Olympische smog in Beijing als treffende illustratie - maar ook in een onstilbare honger naar grondstoffen. Een enorme eetlust die zich vertaalt in snel stijgende prijzen. De olieprijs heeft afgelopen jaar ongekennde hoogten bereikt, terwijl ook de prijzen voor ijzer, aluminium en andere metalen de pan uitrijzen.

Anders dan de Club van Rome in het rapport Limits to Growth ooit suggereerde raken die grondstoffen niet echt op. Zelfs van aardolie - waarvan de productie volgens sommigen zijn 'peak' nadert - is er nog meer dan voldoende aanwezig in leisteen en teerzand en in voorkomens op nu nog vrijwel onbereikbare dieptes in de zee.

Ook de voorraden aan metalen en andere elementen is vrijwel onbeperkt. Ze kunnen bij wijze van spreken worden gewonnen uit zeewater. Je moet alleen niet vragen wat het kost in termen van geld en energie en in termen van schade aan het milieu.

Nu al wordt koper gewonnen uit erts die tien maal minder van het metaal bevatten dan de erts die dertig jaar geleden werd gewonnen. Dat betekent een evenredige grotere schade in de vorm van afgegraven grond en productie van restmateriaal, 'tailings', die niet alleen resten van het

metaal bevatten, maar ook van de chemicaliën die nodig waren om het erts te ontsluiten. Wat voor koper geldt, geldt voor vrijwel alle andere materialen die via mijnbouw worden gewonnen, van exotische metalen als platina en rhodium tot bulkstoffen als kalk en grind.

Met andere woorden: ondanks de enorme milieuwinst die de afgelopen dertig jaar geboekt is met de inzet van 'end of pipe' zuiveringstechnieken en het verbeteren van processen, blijft de 'techno-sfeer' botsen met de 'eco-sfeer'. Met als uiteindelijk gevolg de dreigende ontregeling van onze 'life support'-systemen. Een paradox die volgens de in het begin aangehaalde Barry Commoner, alleen valt op te lossen door een ingrijpende verandering van de industriële productiewijze. Een transitie waarbij het natuurlijk ecosysteem dient als voorbeeld en inspiratiebron. De natuur niet alleen als

leermeester der kunsten, zoals boven de ingang van dierentuin Artis valt te lezen (Natura Artis Magistra), maar ook voor ingenieurs en bedrijven.

Grosso modo zijn er twee routes naar ecologisering van de productie, die elkaar overigens regelmatig overlappen. De ene is de 'bio-based economy', waarbij we weer opnieuw leren 'leven van het land' en de zon niet alleen

voorziet in de energiebehoefte, maar ook in het grootste deel van onze materialenbehoefte. De andere route is gebaseerd op het ecologisch principe dat afval voor de één, voedsel is voor de ander. Wat de industriële productie betreft vertaalt zich dat enerzijds in het sluiten van kringlopen, met 'Cradle to Cradle' als moderne variant, anderzijds in de ontwikkeling van industriële ecosystemen.

#### PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



**Zonnige toekomst voor  
zonnecellen**

*Solland Solar Energy gebruikte TeMa-subsidie voor marktonderzoek, marktintroductie en het vinden van financiers voor de productie van innovatieve Back Side Contact zonnecellen met een hoger rendement. Bij de productie zijn minder chemicaliën en reinigingsmiddelen nodig dan bij conventionele zonnecellen. Nederlandse en Duitse investeerders, die mede dankzij de TeMa-subsidie gevonden zijn, brachten zo'n 20 miljoen euro bijeen voor de start van de onderneming in 2004. De omzet was in 2007 circa 80 miljoen, in 2010 moet dat 1 miljard zijn.*

*Op de foto: Henk Koerselman, directeur operations van Solland Solar.*

## 5. Biologische voedingsstoffen

De bio-based economy is gebaseerd op de gedachte dat we op termijn grotendeels in onze materiële behoeften kunnen voorzien dankzij de fotosynthese, het proces waarbij zonlicht wordt omgezet in biomassa. Tot op zekere hoogte doen we dat nu ook: fossiele brandstoffen zoals olie, aardgas en steenkool zijn immers niets anders dan biomassa die duizenden jaren geleden is gevormd. In de bio-based economy wordt echter veel minder gebruik gemaakt van fossiele biomassa. Bovendien worden ook niet-organische materialen, zoals metalen, zoveel mogelijk vervangen door biologische materialen. Het Platform Groene Grondstoffen gaat ervan uit dat 40 procent van de grondstoffen voor de chemische industrie in 2030 'groen' zal zijn, dat wil zeggen van agrarische oorsprong. Nu is dat circa 5 procent.

### 5.1 Historie

Op zich is de bio-based economy niet nieuws. Tot de Tweede Industriële Revolutie, eind negentiende eeuw was de samenleving in hoge mate afhankelijk van biomassa. Hout was een belangrijk bouw materiaal en kleding groeide op het land (linnen, katoen) of werd dieren afhandig gemaakt (wol, leer, bont). Lijnolie vormde het bindmiddel voor verven, kleurstoffen kwamen uit planten en dierlijk vet, touw werd gemaakt van hennep en plantaardige oliën zorgden voor verlichting.

Eind negentiende eeuw veranderde dat, te beginnen met de productie van synthetische kleurstoffen zoals aniline en indigo uit koolteer, een reststof van de cokesproductie, als vervanging van

hun plantaardige voorlopers. Ook de pijnstiller in de wilgenbast - salicylzuur - werd vervangen door zijn synthetische variant, gemaakt uit koolteer, beter bekend als het aspirientje. Met name de Eerste Wereldoorlog vormde een stimulans voor de chemische industrie. Omdat Duitsland over onvoldoende grondstoffen beschikte werd alles op alles gezet om 'ersatz'-producten te maken, met als kroon op het werk de productie van synthetisch ammonium, ofwel stikstofkunstmest. Ook de productie van kunststoffen zoals synthetische rubber en bakeliet werd door de oorlog fors gestimuleerd.

PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



# Innoveren om te overleven

*Gieterij Eurotech ontwikkelde met subsidie van M&T een geautomatiseerde zandvormlijn met gebruik van natuursand, dat vaker gebruikt kan worden dan bentonietzand. Dit levert winst voor het milieu, een goede concurrentiepositie en een mooier oppervlak van het gietstuk op.*

*Op de foto: Jos Ploegmakers (l, operations director Eurotech Systems & Parts) en Geert van de Kerkhof (r, operations director Eurotech Castings).*

De rol van de landbouw als leverancier van industriële grondstoffen nam slechts langzaam af. Wat dat betreft zou je kunnen spreken van een transitie in omgekeerde richting. Begin jaren dertig ontstond in de Verenigde Staten de 'chemurgy'-beweging, bedoeld om de in crisis verkerende landbouw nieuwe perspectieven te bieden. Zo werden pinda's en zoete aardappelen gebruikt als grondstof voor lijm, zeep en kleurstoffen, terwijl het onkruid 'milkweed' (bij ons bekend

als zijdeplant) niet alleen rubber leverde maar ook een dunne, holle vezel die uitstekend bruikbaar was als isolatiemateriaal voor onder meer vliegeniersjacks.

De automobiellindustrie (na de bouw de grootste slokop van materialen) experimenteerde eveneens met groene grondstoffen. Henry Ford geloofde niet alleen dat ethanol uit planten de brandstof van de toekomst was, maar bouwde ook een auto waarvan de

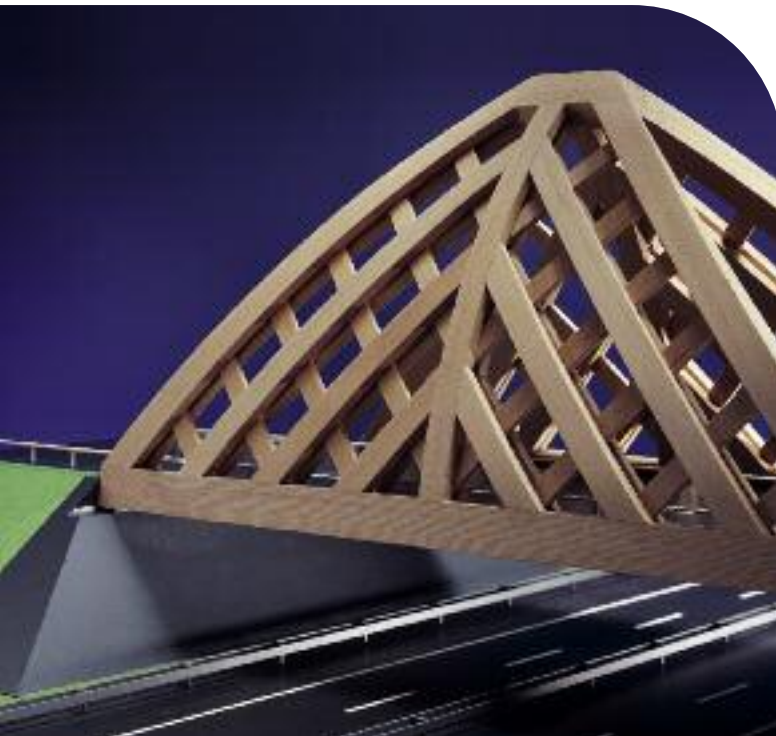
panelen waren gemaakt van plastic, verstevigd met vezels van hennep, sisal en tarwestro. Hoewel lichter dan staal, was de vezelversterkte kunststof veel slagvaster, zo blijkt uit een experiment met een voorhamer, gefilmd in 1941 (te bekijken op YouTube: hemp car).

## 5.2 Back with a vengeance

Een nieuwe poging begin jaren negentig tot wat inmiddels agrificatie was gaan heten, werd al snel gefrustreerd door dalende olieprijsen. Maar inmiddels is de 'chemurgy' het gebruik van groene grondstoffen 'back with a vengeance', aldus het toonaangevende tijdschrift Economist (28 juni 2008). In eerste instantie gaat de aandacht vooral uit naar geneesmiddelen en fijnchemicaliën, stoffen die in kleine volumes worden geproduceerd en een hoge toegevoegde waarde hebben, zoals bestrijdingsmiddelen en enzymen voor wasmiddelen.

De hoge prijzen voor olie en andere grondstoffen stimuleren ook andere toepassingen in beeld. Samen met Tate & Lyle bijvoorbeeld ontwikkelde DuPont propaandiol op basis van mais. Een halffabrikaat dat enerzijds kan worden gebruikt voor de productie van een biologische nylon - Sorona - die gebruikt kan worden als textielvezel voor onder meer kleding en tapijten. Diezelfde stof wordt gebruikt als antivriesmiddel, als basis voor cosmetica en als oplosmiddel. Ook bulkchemicaliën zoals etheen, grondstof voor onder meer poly-ethen, uit groene grondstoffen

De brug van Accoya



komen in beeld nu de olieprijs hoog blijft. Volgens een woordvoerder van producent Dow is biologische etheen concurrerend met petrochemisch etheen bij een olieprijs van rond de 50 dollar per vat.

Het gebruik van groene grondstoffen blijft niet beperkt tot de chemische industrie. De resulterende half-fabrikaten vinden hun weg naar uiteenlopende producten, waar ze – tot op zekere hoogte – ook andere grondstoffen zoals ijzererts, bauxiet en andere metalen kunnen vervangen. In de automobielenindustrie kunnen – we zagen het al bij Henry Ford – metalen panelen vervangen worden door met hennep- en sisalvezel versterkte kunststof op basis van soja-olie of polymelkzuur. Mercedes onderzoekt het gebruik van vlasvezel als vervanger van glasvezel in dashboards en recent ontwikkelde Ford een poly-urethaanschuim (onder meer voor zittingen) dat voor 40 procent bestaat uit soja.

Een andere benadering is die waarbij klassieke groene grondstoffen, zoals hout, worden gemodificeerd, waardoor ze breder inzetbaar worden. Een mooi voorbeeld daarvan is Accoya® een nieuwe houtsoort, die tropisch

hardhout kan vervangen. Het in Arnhem gevestigde bedrijf Titan Wood slaagde er als eerste in om zacht snelgroeiend hout om te zetten in duurzaam hout.

De techniek, waarbij het hout wordt behandeld met azijnzuuranhydride, is weliswaar al jaren bekend, maar is dankzij een 'neue Kombination', waarbij inzichten uit de chemische technologie worden toegepast op hout, tot wasdom gekomen. Sterkte, gewicht en duurzaamheid van het aldus behandelde hout zijn zodanig dat het kan dienen als alternatief voor staal en aluminium, getuige de fietsbrug bij Sneek, gemaakt van Accoya.

Andere 'groene' materialen zoals bamboe en kurk worden gebruikt in de bouw onder andere als steigermateriaal (bamboe) en als vloerbedekking of wandbekleding. Momenteel loopt er een onderzoek bij de TU Delft naar de mogelijkheden om deze materialen zodanig te modificeren met behulp van chemische technieken dat het aantal toepassingen wordt verbreed. Zo zou met bamboe gewapend beton beter bestand zijn tegen aardbevingen, terwijl gemodificeerde kurk als gevelplaat kan worden gebruikt.

A man with dark, curly hair, wearing a dark blue suit, a light blue striped shirt, and a pink tie with small dark spots, is seated in an ornate wooden chair. He is looking off to the right with a thoughtful expression. His hands are clasped on a wooden table in front of him, where a white cup of coffee is also visible. The background is dark and out of focus, suggesting an indoor setting with wood paneling.

*Rombout van Herwijnen:*

# Duurzaam hout verbindt twee werelden



‘Hout en chemie behoren tot twee compleet gescheiden werelden. Het succes van Accoya®, de naam van de nieuwe houtsoort, is gebaseerd op het feit dat wij die met elkaar hebben weten te verbinden’, zegt Rombout van Herwijnen general manager van Titan Wood. Een Nederlands bedrijf dat zacht, snelgroeiend grenenhout omzet in duurzaam hout dat – zonder bescherming – dertig tot vijftig jaar meegaat. Van Herwijnen: ‘Het is dubbel duurzaam, omdat het én lang meegaat én het kappen van tropisch regenwoud verbodig maakt.’

Het procédé van Titan Wood is, evenals vele andere chemische processen, geïnspireerd op de natuur. Van Herwijnen: ‘Mensen die met hout werken weten al eeuwen dat het duurzamer wordt als je het eerst een tijd in een sloot of ven legt. Een licht zure omgeving, waardoor de samenstelling van het hout verandert. In de jaren dertig van de vorige eeuw zijn pogingen ondernomen om dat op industriële schaal te doen met gebruik van azijnzuuranhydride, geconcentreerd keukenazijn. De technische problemen bleken indertijd lastig oplosbaar, maar dankzij onze huidige kennis van de procestechnologie lukt het ons nu wel.’

Het bijzondere van het procédé is niet zozeer dat een natuurlijk materiaal wordt gebruikt als grondstof voor een chemisch proces. Dat gebeurt wel vaker. Het verschil is dat bij andere chemische processen met natuurlijk materiaal als uitgangspunt (bijvoorbeeld verwerking van aardolie), de

grondstof meestal wordt ontleed tot zijn bouwstenen, vaak relatief kleine moleculen. Van Herwijnen: ‘In dit geval is de grondstof ook het eindproduct. Dat betekent dat je te maken hebt met een groot aantal variabelen, die het proces beïnvloeden, zoals het vochtgehalte, maar ook de chemische samenstelling van het hout.’

Het verduurzamen van zacht hout wordt gestimuleerd doordat tropisch hardhout steeds schaarser - en dus duurder wordt – maar ook slechter van kwaliteit. ‘Bovendien’, zo voegt Van Herwijnen er aan toe, ‘zijn de klassieke middelen voor houtverduurzaming, zoals creosoot en wolmanzouten inmiddels verboden of worden binnen afzienbare tijd verboden, omdat het gaat om giftige stoffen die via uitloggen in bodem en water terechtkomen. Het mooie van ons procédé is dat er niets onnatuurlijks wordt toegevoegd. Er loogt niets uit en aan het eind van zijn levensduur kan het bij wijze van spreken gewoon in de open haard.’

De grondstof voor Accoya®, bestaat tot op heden vooral uit grenen, dat op duurzame wijze wordt geteeld in onder meer Chili en Nieuw Zeeland. Inmiddels weten we dat ook onze eigen populier, ook een zeer snel groeiende soort, zich leent voor omzetting tot duurzaam hout. Ook eik en beuk komen in aanmerking, maar die groeien wat minder snel. Omzetten in duurzaam hout komt er op neer dat de uiteinden van de moleculen in hout die vocht aantrekken worden vervangen. Van Herwijnen: 'Daardoor krijgen schimmels die houtrot veroorzaken geen kans meer, terwijl bovendien het hout niet meer 'werkt', dat wil zeggen zwelt en krimpt door opnemen of afstaan van vocht. Het blijft zijn vorm houden of het nu zomer of winter is.'

Accoya® is niet alleen vormvast, maar ook lichter en relatief sterker dan tropisch hardhout. Naast 'klassieke' toepassingen in de bouw, zoals kozijnen en dakconstructies, kun je het materiaal ook gebruiken in de grond-, weg- en waterbouw. Binnenkort wordt in Sneek een fraai vormgegeven viaduct over de A7 in gebruik genomen, dat een woonwijk verbindt met het centrum, waarbij ook het dragende deel – een overspanning van 35 meter

– is gemaakt van Accoya®.

Van Herwijnen: 'Die brug maakt Accoya® drielukkig duurzaam. Niet alleen gaat het lang mee en voorkomt het de kap van tropische woud, maar bovendien wordt een eindige grondstof, zoals staal of aluminium, vervangen door een hernieuwbare.'

### 5.3 Biotechnologie

Het grote verschil met eerdere pogingen tot inzet van agrarische grondstoffen is de snelle ontwikkeling van de biotechnologie. Dankzij genetische modificatie van micro-organismen worden bestaande fermentatieprocessen - veel - efficiënter en dus goedkoper, terwijl nieuwe fermentatieprocessen binnen bereik komen, die vaak goedkoper en milieuvriendelijker zijn dan processen gebaseerd op aardolie en organisch-chemische synthese.

Een inmiddels klassiek voorbeeld is de productie van 7-ACDA, een grondstof voor cefalosporines, een bepaald type antibiotica. DSM Anti-Infectives ontwikkelde een procédé waarbij een aantal chemische stappen werd vervangen door een fermentatiestap met behulp van een genetisch gemodificeerde schimmel. Daarmee werd het productieproces niet alleen een stuk goedkoper, maar ook nog eens een stuk milieuvriendelijker, omdat het gebruik van oplosmiddelen vrijwel overbodig werd.

De 'witte' of industriële biotechnologie levert niet alleen efficiëntere en nieuwe fermentatieprocessen op, maar ook nieuwe biokatalysatoren, enzymen die

groene grondstoffen vaak sneller en milieuvriendelijker omzetten in gewenste producten. Omgekeerd kunnen ook die grondstoffen zodanig genetisch worden gemodificeerd dat ze gemakkelijker te verwerken zijn. Avebe en BASF hebben bijvoorbeeld een amylosevrije aardappel ontwikkeld, die het makkelijker maakt om zetmeel te winnen uit fabrieksaardappelen. Het proces is niet alleen goedkoper, maar levert ook een betere kwaliteit zetmeel en is ook nog een stuk milieuvriendelijker.

Met behulp van 'groene' biotechnologie kunnen planten er ook toe worden aangezet om stoffen te produceren die ze normaliter niet of slechts in kleine hoeveelheden maken. Zo wordt er geëxperimenteerd met aardappelen waarin een genencassette is ingebouwd, een serie soorteigen genen, waardoor ze grote hoeveelheden lysine (een aminozuur) en citroenzuur maken. In de Verenigde Staten groeit de belangstelling voor de plant 'guayule' (*Parthenium argentatum*) als bron van rubber. Gerichte veredeling met behulp van genetische modificatie moet de opbrengst op korte termijn verhogen, vijf jaar in plaats van twintig jaar.

Industriële biotechnologie, waarbij genetisch gemodificeerde micro-organismen worden ingezet in afgesloten reactorvaten, is inmiddels vrij breed geaccepteerd. Genetische modificatie van planten echter stuit op maatschappelijk verzet, omdat in de ogen van veel mensen de voordelen niet opwegen tegen de risico's. Wil de bio-based economy van de grond komen dan lijkt de inzet van genetische technieken, variërend van marker assisted breeding tot inbouw van soortvreemde genen, echter onvermijdelijk.

## 5.4 Cascade

De recente stijging van de voedselprijzen roept de vraag op of er wel voldoende grond beschikbaar is voor zowel de teelt van voedsel als de teelt van energiegewassen en groene grondstoffen voor bouw en industrie.

In principe kan die vraag met ja worden beantwoord. Medio jaren negentig verscheen het WRR-rapport 'Duurzame risico's', waarin dat bij optimale benutting van het voor landbouw geschikte areaal jaarlijks 72 gigaton aan graanequivalenten geproduceerd kan worden. Zelfs bij een Westers dieet dat omgerekend neerkomt op van 4,2 kg graanequivalent per persoon per dag, zou dat voldoen-

de moeten zijn voor een bevolking van 47 miljard mensen. Dat is ruim vijfmaal het aantal mensen (9 miljard) dat naar verwachting in 2050 de aarde bevolkt.

Op dat getal valt wel het een en ander af te dingen. Niet alle voor landbouw geschikte grond wordt daarvoor gebruikt. Er is ook grond nodig voor de bouw van woningen en het aanleggen van wegen en kanalen. Bovendien is er grond nodig voor het behoud van biodiversiteit via het aanleggen van natuurgebieden. Zelfs met al die slagen om de arm is er in principe voldoende grond om de toekomstige wereldbevolking 2,5 tot 3 maal te voeden. Er is, met andere woorden, in principe voldoende grond beschikbaar voor de productie van groene grondstoffen en brandstoffen.

Om die potentiële capaciteit te benutten, zonder het milieu extra te belasten, moet er wel het nodige gebeuren. Enerzijds door de efficiency te verbeteren, waardoor de opbrengsten stijgen. Niet alleen per hectare, maar ook per liter water, per kilo kunstmest en per gram bestrijdingsmiddel. Anderzijds door gewassen beter te benutten met behulp van een aanpak die bekend staat als bioraffinage.

Verbetering van de efficiency vraagt om precisielandbouw waarbij de mestgift nauwkeurig wordt afgestemd op de groeifase van de plant en de samenstelling van de bodem ter plekke. Bestrijding van ziekten en plagen gebeurt zoveel mogelijk door uit te gaan van ecologische principes zoals de inzet van roofmijten en sluipwespen (biologische bestrijding) en gemengde teelten. Synthetische middelen voor zover nodig zullen zo min mogelijk bijwerkingen mogen hebben op het gewas zelf en het totale (agro)ecosysteem.

Bioraffinage is gebaseerd op het uitgangspunt dat de hele plant wordt benut. In plaats van meteen de energie te winnen door de planten te verbranden of om te zetten in alcohol of biodiesel, zou je er eerst andere nuttige producten uit moeten halen. Voedsel bijvoorbeeld, maar in voorkomende gevallen ook grondstoffen voor medicijnen en andere producten met een hoge toegevoegde waarde.

Een volgende stap is het benutten van de onderdelen van de plant die zich lenen voor gebruik als bouw- of verpakkingsmateriaal. Hout en bamboe zijn voorbeelden, maar ook de vezels van vlas en hennep zijn bruikbaar als bouwsteen voor vezelplaat of voor



vezelversterkte kunststoffen. Wat nog resteert, zou vervolgens afgebroken kunnen worden tot eenvoudige moleculen zoals ethanol en etheen om er kunststoffen en andere producten van te maken.

*(lees verder op pagina 43)*



**Oscar Goddijn:**

# Milieubewustzijn maakt veel creatieve energie los

‘Mensen zijn zich steeds meer bewust van de grote problemen waar we voor staan, zoals armoede, klimaatverandering en het opraken van hulpbronnen. Daar kun je somber van worden, maar bij DSM en bij andere bedrijven zie je dat er juist een hele hoop creatieve energie vrij komt voor het aanpakken van die problemen.’

Oscar Goddijn, directeur van DSM Business Incubator, een broedplaats voor nieuwe bedrijvigheid, is optimistisch. ‘Simpele oplossingen bestaan niet, maar we hebben de afgelopen 150 jaar zoveel bagage opgedaan, dat we ook een toekomst met veel minder fossiele grondstoffen met vertrouwen tegemoet kunnen zien. Zolang we die opgedane kennis zonder reserves in gaan zetten.’

Volgens Goddijn is de procesindustrie bij uitstek geëquipeerd om veel problemen het hoofd te bieden. Of het nu gaat om materialen, voedsel of brandstoffen, het is in feite voor een groot deel chemische technologie. Goddijn: ‘Op dit moment woedt een emotionele discussie over de vraag of je land-

bouwgrond en -gewassen moet gebruiken om er food of fuel van te maken. Maar het is niet of-of, maar én-én. We zullen technieken moeten ontwikkelen, die het mogelijk maken om planten te gebruiken als voedsel, maar ook als brandstof en als grondstof voor de bouw en de chemische industrie. Een enorme uitdaging waar bedrijven creatief op in proberen te spelen.’ Dat gaat niet altijd meteen goed. Goddijn: ‘Innovatie kan een pijnlijk proces zijn. Vaak moet je een paar keer met je kop tegen de muur zijn gelopen om een brain wave te krijgen waardoor de stukjes van de puzzel op hun plaats vallen. Een ‘eureka-moment’ dat ontstaat als mensen emotioneel betrokken zijn én de ruimte krijgen om van gebaande paden af te wijken.’



DSM zelf heeft in de loop der jaren een behoorlijk 'track record' opgebouwd als het gaat om het ontwikkelen van duurzame technologie. Goddijn: 'We zijn al jaren bezig het verbruik van energie en water terug te dringen en de hoeveelheid afval en emissies te reduceren. Voor een deel door 'good housekeeping', maar steeds vaker ook door de introductie van innovatieve nieuwe schonere processen.'

Een belangrijk hulpmiddel daarbij is 'witte biotechnologie', het gebruik van al dan niet gemodificeerde micro-organismen om producten te maken. Als voorbeeld noemt Goddijn de productie van antibiotica (Cephalexin) in Delft. 'Dankzij het gebruik van witte biotechnologie hebben we de milieubelasting van het proces minimaal gehalveerd. Bij antibiotica gaat het nog om stoffen die in relatief kleine hoeveelheden worden gemaakt en die een hoge toegevoegde waarde hebben. Inmiddels zijn we zo ver dat we ook denken aan het inzetten van micro-organismen voor de productie van basischemicaliën.'

Ook de milieubelasting van producten wordt verminderd. Een ander voorbeeld is de introductie van bindmiddelen

voor verf die veel minder oplosmiddel bevatten. Die oplosmiddelen zijn schadelijk voor het milieu en voor de gezondheid van de schilders. Dankzij een door DSM ontwikkelde techniek bleek het mogelijk om het gehalte aan oplosmiddelen aanzienlijk te verlagen. Volgens Goddijn is het van belang om naar de hele keten te kijken, van grondstof tot en met afvalstadium. 'Alleen op die manier kun je de milieubelasting daadwerkelijk verminderen en nieuwe mogelijkheden exploreren, zoals hergebruik van reststoffen.'

Al met al heeft milieutechnologie een heel andere plaats gekregen binnen DSM. Goddijn: 'Vroeger ging het vooral om het netjes opruimen van de rommel, met name vanwege de druk van de overheid. Tegenwoordig maakt duurzame ontwikkeling een integraal deel uit van onze strategische visie en dat vertaalt zich in nieuwe processen, producten en markten, maar ook in meer samenwerken in de keten. Dat opent hele nieuwe perspectieven.'

*(vervolg van pagina 39)*

Succesvolle bioraffinage vraagt dus eigenlijk om gewassen die meerdere doelen dienen. Een klassiek voorbeeld is vlas, waarvan de olie wordt gebruikt als bindmiddel voor verven, het vrijkomende schroot (lijnkoeken) als veevoer en de vezel voor de productie van linnen. Ook andere bestaande gewassen zoals hennep en soja lenen zich voor meervoudig gebruik. Zelfs met gras kun je meer

doen dan koeien voeren. Zo bevat gras een aantal oligosacchariden, vetten en organische zuren die zich lenen voor verdere verwerking tot onder meer kleurstoffen en andere chemicaliën. Uit berekeningen van Wageningen UR blijkt dat de componenten van gras, indien afzonderlijk afgezet, een waarde vertegenwoordigen van circa 700 euro per ton, het tienvoudige van wat gras op dit moment waard is als voer.



## 6. Voedselwebben

Bij bioraffinage gaat het erom biomassa, in feite gestolde zonne-energie, zo efficiënt mogelijk te benutten. De natuur is daarbij een belangrijke inspiratiebron. Via 'trial and error' zijn in de loop van vier miljard jaar evolutie ecosystemen ontstaan, waarin de energie van de zon wordt vastgelegd en vervolgens benut als brandstof (voedsel) en als bouwstof voor de vermenigvuldiging en groei van vele honderden organismen, variërend van eencellige bodembacteriën tot zoogdieren die enkele tonnen wegen.

Kenmerkend voor dit soort systemen is dat wat ecologen voedselwebben noemen. Netwerken van voedselketens, die laten zien hoe energie- en bouwstoffen worden overgedragen van het ene organisme naar het andere op verschillende trofische niveaus. Een klassiek voorbeeld is een zoetwatermeer waar algen zonlicht omzetten in biomassa. De algen worden gegeten door kreeftjes die op hun beurt worden gegeten door een forel die op zijn beurt wordt gegeten door een snoek. De snoek valt uiteindelijk ten prooi aan een zeearend of hij gaat dood door ziekte of ouderdom, waarna hij dient als voedsel voor aaseters en micro-organismen.

Voedselwebben vormen niet alleen een voorbeeld voor het benutten van biomassa, maar ook voor fossiele grondstoffen die zich niet gemakkelijk laten vervangen door groene grondstoffen, zoals ijzererts, bauxiet en

andere ertsen, zand, klei en grind en andere stoffen die via mijn- of dagbouw aan de aardkorst worden onttrokken: technische voedingsstoffen, bestemd voor het metabolisme van de industriële productie.

Vanaf medio jaren negentig ontwikkelt zich het concept van de industriële symbiose, ook wel industriële ecologie genoemd (Paul Hawken: 'The Ecology of Commerce'). Uitgangspunt is dat de industriële productie op een gegeven locatie beschouwd kan worden als een ecologisch systeem, een voedselweb, waarbij de reststromen van het ene bedrijf, de hulpstoffen van het andere bedrijf vormen en de basisgrondstof voor weer een derde.

Het klassieke voorbeeld van industriële symbiose is Kalundborg, een bedrijven-terrein op het Deense eiland Sjaelland, waar vijf bedrijven via energie- en

materiaalstromen met elkaar verbonden zijn. Ook Nederland kent voorbeelden van industriële ecosystemen. In Musselkanaal (Groningen) is het bedrijf Ten Kate Vetten gevestigd, dat dierlijke vetten maakt uit slachtafval voor onder meer de diervoeder- en levensmiddelenindustrie.

Een ander voorbeeld is het benutten van afvalwarmte en CO<sub>2</sub> van een elektriciteitscentrale in het Rotterdamse havengebied voor de kweek van garnalen. Het bedrijf, Happy Shrimp, kweekt zelf de algen die het voedsel vormen voor de garnalen. De garnalenvoer wordt gebruikt als meststof voor de teelt van zeebraam en lamsoor.

#### TEN KATE VETTEN

*Een belangrijk nevenproduct bij de verwerking van slachtafval wordt gevormd door dierlijke eiwitten. Deze worden onder meer verkocht aan het eveneens op het bedrijventerrein gevestigde AFB. Dat zet de eiwitten om in geur- en smaakstoffen, bestemd voor gebruik in diervoeders. Tijdens de verwerking van slachtafval komt ook een eiwitrijke stroom proceswater vrij. Geen afvalwater, maar een gewaardeerde grondstof voor Gelita, een dochter van Deutsche Gelatine Fabriken, die er halffabrikaten van maakt voor de levensmiddelenindustrie. De reststroom van Gelita, een condensaat, wordt gebruikt als brandstof voor de warmtekrachtcentrale die elektriciteit en stoom levert. De vrijkomende warmte wordt gebruikt voor het verwarmen van de gebouwen en kantoren. Het aardappelverwerkende bedrijf Avebe, ook een van de deelnemers, zorgt voor de zuivering van de nog resterende afvalwaterstroom van de deelnemende bedrijven.*

In Zeeland tussentijdse groeit een 'Bio Valley' in de regio Vlissingen/Terneuzen, waarbij het plantaardig afval van de melasse-fabriek van Cargill wordt gebruikt als grondstof voor de nieuw te bouwen fabriek van Nedalco voor de productie van tweede generatie bio-ethanol, die niet van suiker maar van niet-verteerbare plantendelen wordt gemaakt. De vrijkomende CO<sub>2</sub> en warmte worden benut voor de teelt onder glas - uiteindelijk zo'n 250 hectare - van tomaten, komkommers en paprika's.

Elders worden eveneens initiatieven genomen om industriële ecosystemen te ontwikkelen. Vaak blijft het nog beperkt tot eenvoudige voedselketens, zoals de levering van een reststroom CO<sub>2</sub> uit de Rijnmond aan tuinders in het Westland en de 3B-hoek (Bleiswijk, Berkel, Bergschenhoek).

Industriële ecosystemen zijn naar hun aard beperkt, zowel in geografie als in aantal 'organismen' (bedrijfseenheden). Een van de doelstellingen is immers het verminderen van transport. De vraag is of je die technologische voedselwebben kunt uitbreiden, zowel geografisch als wat betreft het aantal organismen.

Zou je met andere woorden een technologisch Gaia kunnen bedenken waarin niet alleen de verschillende industriële ecosystemen met elkaar zijn gekoppeld, maar waarin ook de consument is opgenomen. Een voedselweb waarin de technische voedingsstoffen, zoals Braungart en McDonough ze noemen in hun boek 'Cradle to Cradle', voortdurend blijven circuleren.

#### PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



## Toekomst voor biogas

*Gastreatment Services ontwikkelde een techniek die CO<sub>2</sub> en vervuilingen uit biogas haalt, zodat de calorische waarde gelijk wordt aan die van aardgas. Hierdoor wordt biogas geld waard, in plaats van een afvalstroom die meestal afgefakkeld wordt. Gastreatment Services kreeg een goed beeld van de markt door met M&T-subsidie onder andere een quickscan te doen bij producenten van biogas. De quickscan gaf de producenten inzicht in de mogelijke besparingen die toepassing van de techniek hen kon opleveren. Hierdoor was de respons hoger dan bij een gewone peiling van hun interesse en productie-volumina. Verder zijn de afzetmogelijkheden van CO<sub>2</sub> onderzocht. Het bleek dat vooral voor CO<sub>2</sub> in vaste vorm een markt bestaat.*

*Op de foto: Mathieu de Bas, directeur Gastreatment Services.*

# 7. Technische voedingsstoffen

## 7.1 Historie

Vanouds worden er pogingen gedaan om in ieder geval sommige van die technische voedingsstoffen in de kringloop te brengen en te houden. Metalen zoals ijzer, staal, koper en aluminium bijvoorbeeld worden al meer dan een eeuw verhandeld omdat ze nog waarde hadden. Oud ijzer wordt bijgemengd in hoogovens voor de productie van nieuw staal. Als tweedehands staal wordt het ook gebruikt als wapening in beton. Ook reststromen aluminium zijn populair omdat het secundaire materiaal kan worden teruggewonnen voor een fractie van de (energie-)kosten die nodig zijn om virgin aluminium te maken. Tweedehands koper is inmiddels zo waardevol dat het tegenwoordig nog voor het einde van zijn eerste levensduur op grote schaal wordt gestolen.

Hergebruik van andere materialen zoals zand, klei, grind en kunststof is van recenter datum. Begin jaren tachtig begonnen bedrijven met inzameling en verwerking van kunststoffen. In eerste instantie relatief schone stromen zoals landbouwplastic

(lagedichtheid polyethyleen) en later ook andere stromen zoals frisdrankflessen (PET), compact discs (polycarbonaat) en koffiebekertjes (polystyreen).

Andere bedrijven legden zich toe op hergebruik, maar beperkten zich vooral tot schone reststromen uit de productie of goed gedefinieerde stromen als bierkatten. Hoe schoner de reststroom, hoe hoogwaardiger het zogeheten regranulaat kon worden ingezet. Laagwaardig regranulaat afkomstig van bijvoorbeeld verpakingsafval werd vooral ingezet voor het maken van bermpaaltjes en kabelafschermplaten.

Rond die tijd kwam ook de glasrecycling van de grond. Tussen 1978 en 1985 werden in Nederland zo'n 25.000 glasbakken geplaatst. Een fijnmazig systeem waarmee mensen werden uitgenodigd om hun verpakkingsglas op kleur te scheiden en in te leveren. Met inleverpercentages in de orde van 80 à 90 procent bleek glasrecycling tamelijk succesvol. Inmiddels worden vele andere producten en materialen gescheiden aangeleverd, variërend van bruin- en witgoed tot batterijen

en van textiel tot sloopafval. Niet alleen door burgers, maar ook door bedrijven. Zo worden op de bouwplaats de verschillende stromen bouwafval gescheiden en zoveel mogelijk herverwerkt.

Eenvoudig is dat niet altijd. Vaak staan wetten in de weg en praktische bezwaren, zoals onbekendheid met het materiaal, waardoor de afzet van secundaire grondstoffen wordt belemmerd. Om die problemen te ondervangen heeft SenterNovem in het kader van het Programma Milieu & Technologie verschillende zogeheten doelgroeptrajecten ontwikkeld. Zo bleek de afzet van granulaatbeton, waarin kiezel vervangen is door betonpuin, op problemen te stuiten bij de afzet, hoewel het materiaal aan alle technische eisen voldoet. Inventarisatie van de knelpunten leerde dat de afnemers twijfels hadden over de beschikbaarheid en de prijs. Een ander voorbeeld van een doelgroeptraject is de ontwikkeling van koper-vrije aangroeiwerende verf voor jachten en motorboten. Ook daar bleken onbekendheid met het product en onzekerheid over de effectiviteit belangrijke oorzaken voor de stagnerende afzet.

## 7.2 De ladder van de afvalverwerking

Leidraad bij scheiden en hergebruik was de Ladder van Lansink, vernoemd naar het Tweede Kamerlid Ad Lansink, die een gradatie aanbracht in soorten hergebruik. De in milieukundig opzicht beste methode is hergebruik als product: een bierkratje dat meer-malen als bierkratje wordt gebruikt al dan niet dankzij het heffen van statiegeld. Ook onderdelen van auto's, maar ook trottoirtegels en bakstenen lenen zich voor hergebruik als product.

De tweede trede op de ladder van Lansink is hergebruik van het materiaal, meestal na een bewerking. Een voorbeeld is hergebruik van kunststof als regranulaat voor nieuwe kunststof producten. Soms hetzelfde product, zoals het geval is bij PVC dat wordt gebruikt om er rioolbuizen van te maken. Als vervuiling van het materiaal wordt voorkomen, kan het materiaal wel zes of zeven keer worden hergebruikt in dezelfde toepassing.

Soms wordt het materiaal gebruikt voor andere producten. We noemden al ongedefinieerd regranulaat dat zich alleen nog maar leent voor relatief laagwaardige toepassingen. Een ander



voorbeeld is het granulaat afkomstig uit de puinbreker dat wordt gebruikt als wegfundering of als toeslag in beton. Zaak is, zo suggereert de Ladder van Lansink, om zo hoog mogelijk te mikken bij hergebruik van materiaal.

De derde, onderste trede van de Ladder is wat eufemistisch wordt aangeduid als 'thermische recycling' en heeft vooral betrekking op kunststoffen. Waar het om gaat is dat de energie-inhoud van de kunststof of een ander brandbaar afvalmateriaal wordt benut om er elektriciteit en warmte van te maken. Verbranden dus, waarbij de eventuele reststromen - vliegas en sintels - zo mogelijk worden hergebruikt in bouw en wegenbouw.

### 7.3 Downcycling

Hoe nuttig ook, Braungart en McDonough leggen in hun bestseller 'Cradle to Cradle' terecht de vinger op de zwakke plek van al deze vormen van recycling. In bijna alle gevallen gaat het - in hun terminologie - om 'downcycling'. Het materiaal kan op zijn best worden benut voor een laagwaardiger toepassing dan waarvoor het als 'virgin' materiaal werd gebruikt. Of het nu gaat om een hoogwaardige

aluminiumlegering of het polystyreen van een koffiebekertje en zelfs de PVC van rioolbuizen dat een paar honderd jaar meekan, de kwaliteit van het materiaal neemt af.

Er zijn natuurlijk invloeden van buitenaf die de kwaliteit van het materiaal doen verminderen. Aluminium oxideert, ijzer roest en kunststof vergeelt en wordt uiteindelijk bros onder invloed van zonlicht. De belangrijkste oorzaak voor de achteruitgang van het materiaal echter wordt al ingebouwd bij het ontwerp van producten. Om te voldoen aan de eisen voor sterkte, stijfheid en tegenwoordig ook steeds vaker gewicht, worden stoffen gemengd.

Aluminium bijvoorbeeld komt nauwelijks als zodanig op de markt, maar vrijwel als legering met andere materialen. Momenteel zijn er 400 soorten kneedlegeringen op de markt en nog eens 200 soorten gietlegeringen, waarbij het zuivere aluminium wordt gemengd met uiteenlopende gehalten magnesium, koper, mangaan, silicium of andere elementen. Ook roestvast staal is er in vele variëteiten, met verschillende gehalten aan chroom,

*(lees verder op pagina 52)*



*Han Brezet:*

**Producten moeten  
verleiden tot  
duurzaam gedrag**

‘Producten zijn weliswaar duurzamer geworden, maar omdat we meer consumeren, neemt de milieubelasting eerder toe dan af. Onze opgave is om producten te ontwikkelen die mensen verleiden tot gedragsverandering in een meer duurzame richting.’ Han Brezet, hoogleraar duurzame productontwikkeling aan de TU Delft, wordt soms een beetje wanhopig over de traagheid van duurzame ontwikkeling. ‘Het gaat wel hard, maar niet hard genoeg om het tempo waarin we de aarde opeten bij te benen.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Meestentijds echter is hij optimistisch. De afgelopen tien, vijftien jaar heeft hij gezien hoe duurzaamheid verweven is geraakt in het ontwerpen van producten en processen. Brezet: ‘Toen ik begon bestond milieutechnologie uit het aanbrengen van filters en het ontwikkelen van zuiveringsinstallaties, waarmee je de vervuiling eigenlijk alleen maar verplaatste. Daarna kwam de fase van schoner produceren. ‘Good housekeeping’ en gerichte investeringen zorgden ervoor dat emissies met tientallen procenten verminderden.’ | maar de totale milieubelasting vermindert niet. Sterker nog, die groeit nog steeds. Voor een deel omdat de welvaart wereldwijd gezien toeneemt, maar voor een deel ook omdat het overvloedig aanbod niet aanzet tot zuinigheid.’                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ecodesign, het ontwikkelen van duurzame producten is de derde fase. Daarbij ligt de nadruk op verminderen van het energiegebruik en het toepassen van materialen die hetzij afbreekbaar zijn hetzij opnieuw te gebruiken. Brezet: ‘De verwachtingen waren hooggespannen, maar in de praktijk viel het toch een beetje tegen. De producten worden wel steeds duurzamer,                                                                                                                                                                | Het klassieke voorbeeld is de spaarlamp, die weliswaar minder energie gebruikt, maar daarom voor veel mensen een uitnodiging is om hem onbeperkt te laten branden. Ook de grote sprongen voorwaarts in de techniek van de verbrandingsmotoren worden voor een belangrijk deel teniet gedaan door de aanschaf van grotere auto’s met een zwaardere motor. Een paradox die volgens Brezet, voor een groot deel kan worden opgelost met technieken om het gedrag van mensen te beïnvloeden. Geen ‘brain washing’, maar producten zodanig ontwerpen dat ze leiden tot gedragsverandering. Een auto die niet start als je je |

veiligheidsgordel niet om hebt is een voorbeeld van technologie die gedragsverandering afdwingt.

Brezet denkt echter liever in termen van 'verleiding': technologie die mensen niet dwingt maar juist uitdaagt om bijvoorbeeld minder energie te gebruiken. Bij voorkeur in de vorm van een spel. 'Veel mensen spelen met overgave computergames. Waar wij aan denken is om elementen uit die games te gebruiken om mensen uit te dagen om minder energie te gebruiken. Je zou er een wedstrijd van kunnen maken, bijvoorbeeld als je minder energie gebruikt dan je burens, gaat de prijs per kilowattuur omlaag. Het lijkt me dan ook een goed idee als de programma's voor CO<sub>2</sub>-reductie en 'Cradle to Cradle' veel meer gebruik zouden maken van creativiteit van ontwerpers en jonge ondernemers.'

Het denken in termen van spel en verleiding kan ook helpen om vastgeroeste patronen te doorbreken. Brezet: 'Veel ontwerpers en constructeurs beperken zich tot het denken in materialen waarmee ze vertrouwd zijn. Andere materialen vallen geheel buiten hun blikveld. Ten onrechte. Een aantal van mijn promovendi doet

onderzoek naar hernieuwbare materialen zoals kurk en bamboe. Dankzij nieuwe bewerkingstechnieken worden die materialen bruikbaar voor uiteenlopende producten die nu van metaal of kunststof worden gemaakt.'

Al met al ziet Brezet legio mogelijkheden voor duurzame productontwikkeling. 'Het gaat langzaam, te langzaam eigenlijk naar mijn smaak, maar er zit wel beweging in. En ik heb hoge verwachtingen van de generatie die nu in de college- en schoolbanken zit. Ze zijn niet alleen in staat, maar ook buitengewoon gemotiveerd om dingen anders te doen. Dat moet ook, want er is nog een hoop werk aan de winkel.'

(vervolg van pagina 49)

nikkel en molybdeen en kunststoffen zijn vaak een smeltkroes van verschillende polymeren aangevuld met additieven om sterkte, stijfheid, slagvastheid en UV-bestendigheid te verbeteren. En dan hebben we het nog maar niet over de coatings die het product moeten beschermen.

Hergebruik van dergelijke mengelmoesjes leidt vrijwel altijd tot kwaliteitsverlies, zeker ten opzichte van het maagdelijk materiaal. Downcycling in de C2C-terminologie. Dat stelt de ontwerper voor een duivels dilemma. Aan de ene kant is 'vermenging' nodig om te voldoen aan de technische en maatschappelijke eisen die aan een product worden gesteld. Aan de andere kant maakt vermenging terugwinning en hergebruik bijzonder lastig.

Auto's bijvoorbeeld moeten steeds zuiniger worden en een van de mogelijkheden is gewichtsreductie. Als gevolg daarvan worden in moderne auto's veel meer lichte metalen (aluminium, magnesium), hoge sterkte staal-soorten en kunststoffen gebruikt.

Meestal in de vorm van legeringen of mengsels om aan de eisen voor sterkte, stijfheid en duurzaamheid te voldoen. Mengsels die na gebruik niet of alleen

tegen hoge energiekosten weer uit elkaar te halen zijn.

### 7.4 Nooit meer slopen

De vraag is hoe je als ontwerper aan dit dilemma kunt ontsnappen. Het antwoord luidt kortweg 'nooit meer slopen'. Ofwel, producten of onderdelen ontwerpen die in principe eeuwig meegaan. Een analyse van duurzaam bouwen, een paar jaar geleden uitgevoerd door de Rijksgebouwendienst met behulp van GreenCalc, laat zien dat de grootste milieubelasting in de bouw voortkomt uit het materiaal-gebruik. De meest duurzame gebouwen zijn in feite de gebouwen die het langste meegaan, zoals de grachtenpanden in de Hollandse binnensteden, hoe tochtig ze ook zijn.

'Nooit meer slopen' betekent dat je in het technologisch ecosysteem producten ontwerpt die duurzaam zijn, in de zin dat ze lang meegaan. Niet alleen omdat ze robuust zijn (bestand tegen de tand des tijds), maar ook omdat mensen ze de moeite waard vinden. Ze belanden bij wijze van spreken eerder op marktplaats.nl dan in de afvalbak. Omdat verschillende onderdelen van een product niet in hetzelfde tempo slijten zouden ze ook zodanig ontworpen moeten worden dat ze makkelijk te

repareren zijn, dan wel dat eventueel ook onderdelen opnieuw zijn te gebruiken. In de praktijk gebeurt dat al - tot op zekere hoogte althans - in de auto-recycling. De sloopbedrijven van vroeger hebben zich ontwikkeld tot handelaren in tweedehands onderdelen. Met bruin- en witgoed en andere duurzame (daar is het woord weer) consumptiegoederen moet die ontwerpslag nog grotendeels worden gemaakt. Ook gebouwen zouden zodanig ontworpen moeten worden dat ze veel langer meegaan. Dat betekent dat de functie van een gebouw tijdens de levensduur meermalen moet kunnen veranderen: van patri-cierswoning naar restaurant, naar school, naar appartementencomplex. Bij voorkeur zonder al te grote ingrepen.

### 7.5 Upcycling

Naast hergebruik van producten en onderdelen in hun oorspronkelijke vorm zou het dilemma ook kunnen worden opgelost door wat Braungart en McDonough 'upcycling' hebben gedoopt. Een proces waarbij de gebruikte materialen opnieuw in dezelfde of zelfs hoogwaardiger toepassingen gebruikt kunnen worden. De kunststof van een computerbehuizing wordt gebruikt voor weer een moderner vormgegeven computer-

behuizing of een andere hoogwaardige toepassing als een auto-onderdeel of medisch instrument. Je maakt er in ieder geval geen bermpaaltjes van.

In eerste instantie kan upcycling worden gerealiseerd door het strikt onderscheiden van waarschijnlijk vele honderden reststromen. Het regranulaat van een computerbehuizing met zijn speciale samenstelling (bijvoorbeeld toegevoegde brandvertragers) moet strikt gescheiden blijven van het regranulaat van een kunststof bureau-lade, dat een andere samenstelling heeft en een andere kleur. Hetzelfde geldt voor de vele metaalsoorten die bijvoorbeeld in een auto zijn verwerkt, elk met zijn specifieke samenstelling (legering). Dus geen laagwaardig pisdakstaal bij hoge sterkte staal en geen aluminium van gevelelementen bij dat van een vliegtuigromp.

Om zo'n eeuwigdurende kringloop van materialen te realiseren introduceren Braungart en McDonough het idee van het 'dienstproduct', waarbij producten die technische voedingsstoffen bevatten worden beschouwd als diensten. Het product wordt als het ware een tijdlang verhuurd door de fabrikant die het vervolgens ophaalt, demonteert en de materialen her-

gebruikt voor een nieuw product. Je koopt dus geen product, maar een dienst namelijk 10.000 uur televisie kijken of 100.000 kilometer autorijden.

Om het concept van een 'dienstproduct' levensvatbaar te maken, moet er aan een paar voorwaarden worden voldaan. Om te beginnen verouderen materialen. Kunststof degradeert onder invloed van vocht, temperatuurwisselingen en zonlicht, waardoor na herhaald gebruik het regranulaat op een gegeven moment onbruikbaar is geworden. Het zou mooi zijn als dat onbruikbare regranulaat – eventueel via een chemische modificatie – biologisch afbreekbaar kan worden gemaakt, zodat het als voeding kan dienen voor de biologische kringloop. Vooropgesteld tenminste dat ook de additieven, zoals brandvertragers en weekmakers afgescheiden kunnen worden of ook biologisch afbreekbaar zijn.

De levensduur van metaallegeringen (aluminium) bijvoorbeeld kan fors worden verlengd door er 'virgin' aluminium aan toe te voegen; iets dat nu al gebeurt. Daarmee wordt de kringloop van technische voedingsstoffen helaas nog niet gesloten, omdat er steeds een beetje 'virgin' materiaal nodig is. Beter zou het zijn als je legeringen

weer kunt ontleden tot hun afzonderlijke metalen. Technisch is het uitvoerbaar – het zogeheten louteren van metalen – maar het is nog erg kostbaar, ook al omdat het veel energie vraagt.

Met de snel stijgende prijzen voor metalen komt scheiden van legeringen wel steeds dichterbij; bij koper gebeurt het al.

### 7.6 Belemmeringen

Het is voor een deel een kwestie van mentaliteit om de omslag naar duurzaam ontwerpen te kunnen maken. Ontwerpers moeten leren denken van wieg tot wieg ('Cradle to Cradle') waarbij producten en onderdelen steeds opnieuw kunnen worden gebruikt bij voorkeur zonder verlies aan kwaliteit. Ze moeten ook makkelijk te demonteren en/of te repareren zijn en bij hergebruik als materiaal moeten additieven en coatings vrij gemakkelijk te verwijderen zijn.

Een enorme opgave die alleen kans van slagen heeft als er ook de nodige institutionele veranderingen plaatsvinden. Zo worden architecten nog steeds voornamelijk opgeleid met het oog gericht op nieuwbouw, terwijl er grote behoefte is aan ontwerpers die de kwaliteit van bestaande gebouwen kunnen verbeteren en weten hoe ze deze kunnen aanpassen aan nieuwe



functies. Datzelfde geldt voor de ontwerpers van consumptiegoederen die nog steeds uitgaan van het gebruik van 'virgin' materialen. Uitzonderingen als meubels van sloophout en de spijkerbroek van hergebruikte jeans daargelaten.

Andere belemmeringen die de gewenste omslag naar werkelijk duurzaam ontworpen producten in de weg staan, zijn de regelgeving die hergebruik van producten, onderdelen en materialen verhindert. Veel reststoffen worden bijvoorbeeld wettelijk gezien nog steeds beschouwd als afvalstoffen,

hetgeen herverwerking in de weg staat. Ook de regelgeving in de bouw en in de grond-, weg- en waterbouw belemmert soms het hergebruik van reststromen. In het verlengde daarvan liggen technische normen, die nog te vaak het karakter hebben van middelvoorschriften. Tenslotte zouden ook opdrachtgevers meer oog moeten hebben voor de mogelijkheden van hergebruik. In het verlengde van Productgerichte Milieuzorg wordt in het Programma Milieu & Technologie de laatste paar jaar steeds meer nadruk gelegd op keteninnovatie en 'Cradle to Cradle'.

#### PROJECTVOORBEELD MILIEU & TECHNOLOGIE



*Recycling Avenue heeft met subsidie van M&T een prototype van een installatie ontwikkeld die goedkoop en eenvoudig verschillende soorten plastic kan scheiden. Door middel van drijvende ballen en een op en neer gaande zeef ('jig') komen zwaardere plastic deeltjes in het onderste deel van de Deltex Pro terecht, en blijven de lichtere deeltjes boven de ballen zweven.*

*Op de foto: Norbert Fraunholz, directeur van Recycling Avenue.*

## Plastic scheiden als een goudzoeker

Zo worden middelgrote en kleine bedrijven gestimuleerd om niet alleen samen te werken in de keten, maar ook op zoek te gaan naar 'neue Kombinationen' om kansen buiten het bedrijf te signaleren en er iets mee te doen. Daardoor ontstaan van nieuwe samenwerkingsverbanden, die op hun beurt weer de voedingsbodem kunnen vormen voor vernieuwingen. Een voorbeeld is 'Duurzaam Texel', waarin ondernemers en gemeente in goede samenwerking hebben gezorgd dat er Texels lamsvlees op de kaart kwam in plaats van lamsvlees uit Ierland dat een veel langere weg had afgelegd. Op een zestal terreinen zijn inmiddels duurzame productketens van start gegaan.

### 7.7 Kwaliteit

Het sleutelwoord bij het maken van de omslag naar duurzaam ontwerpen is kwaliteit. Veel mensen willen best wat doen voor milieu en duurzame ontwikkeling, maar verbindt daar nog geen consequenties aan voor het eigen koopgedrag. De groep die dat wel doet, schommelt rond de vijf procent. De andere, veel grotere groep let vooral op functionaliteit, kwaliteit en prijs en laat zich niet of nauwelijks overhalen tot gedragsverandering met het dreigend uitsterven van de panda of de vervuiling van de Noordzee.

Volgens de Amerikaanse socioloog Paul Ray is er in de westerse geïndustrialiseerde samenleving wel een grote en groeiende groep mensen die op zoek is naar andere waarden en normen dan zoveel mogelijk geld verdienen en uitgeven. In het boek dat hij samen met psychologe Sherry Ruth Anderson schreef duidt hij die groep aan als de 'cultural creatives'. Ze zouden ongeveer twintig procent van de bevolking omvatten. Het gaat om mensen die dingen als zelfverwerkelijking en spiritualiteit, maar zich ook bekommeren om vrede, sociale rechtvaardigheid en ecologie. Ze richten zich kortom op de kwaliteit van leven en duurzaamheid maakt daar een integraal onderdeel van uit.

Het is, met andere woorden, voor deze groep niet voldoende dat producten ecologisch verantwoord zijn. Ze moeten ook functionele en esthetische kwaliteiten hebben. Om een actueel voorbeeld te nemen: de ecologische en economische voordelen van de spaarlamp wegen voor veel mensen nog niet op tegen het tot voor kort weinig fraaie uiterlijk, de onmogelijkheid om een spaarlamp te dimmen en het koude witte licht. Pas nu de fabrikant ook deze kwaliteitsaspecten in zijn ontwerp heeft geïntegreerd

(inclusief de mogelijkheid tot dimmen) neemt de populariteit langzaam toe.

De zuinige Toyota Prius daarentegen was vanaf het begin een verkoopsucces, niet alleen in de Verenigde Staten, maar ook in Nederland omdat functionaliteit en uiterlijk van deze middenklasser aansluiten bij de aspiraties van de doelgroep van cultural creatives. Het belastingvoordeel bij aanschaf en bij zakelijk rijden was waarschijnlijk niets eens nodig om de verkoop te stimuleren.

Het voorbeeld van de spaarlamp laat zien dat producten die goed zijn voor het milieu, niet als vanzelfsprekend bijdragen aan het comfort van de burger. Balansventilatie bijvoorbeeld maakt woningen wel energiezuiniger, maar niet comfortabeler. De systemen maken lawaai, waardoor mensen ze nogal eens gauw uitzetten. Bovendien zijn ze soms verkeerd aangelegd met vaak een aanzienlijk verslechterde kwaliteit van het binnenklimaat tot gevolg. Vaak laat ook de gebruikersvriendelijkheid te wensen over. Zowel de installateur als de bewoner moet zich door een enorme handleiding heen worstelen, waardoor het risico van verkeerde installatie en verkeerd gebruik toeneemt. Een recent voorbeeld deed zich voor in de wijk

Blixembosch in Eindhoven. Als gevolg van verkeerde aansluitingen kwam het afvalwater van acht woningen terecht in de afvoer voor hemelwater dat niet gezuiverd wordt. Met als gevolg een kwalijk stinkende vijver in de wijk.

Bij ecologisering van het productiesystemen gaat het niet alleen om producten. Het mooiste zou zijn als producten niet alleen ecologisch, functioneel en esthetisch verantwoord zijn, maar mensen ook nog zouden stimuleren tot ecologisch verantwoord gedrag. Die dingen gaan niet altijd samen. De spaarlamp bijvoorbeeld is dermate zuinig dat mensen hem vaak continu laten branden, bijvoorbeeld in een donker halletje. De Toyota Prius kan nog zo zuinig zijn, als je er 160 mee rijdt, verbruikt ook deze auto nog een hoop brandstof.

Eén mogelijkheid is om ecologisch gedrag af te dwingen. Bijvoorbeeld door een snelheidsbegrenzer aan te brengen op de auto of door de spaarlamp zichzelf te laten uitschakelen. Een alternatief is om mensen te verleiden tot gedragsverandering in een meer duurzame richting. Bijvoorbeeld door ze via een buurtcompetitie uit te dagen om zuiniger te doen met energie of om hun afval beter te scheiden.

*Anke van Hal:*

# Duurzame technologie richten op integrale kwaliteit

‘Veel mensen maken zich zorgen over het milieu, maar de groep mensen die zich daardoor laat leiden bij zijn of haar keuzes is klein en blijft klein. Als je daadwerkelijk wat wil veranderen kun je je beter richten op de grote en groeiende groep mensen, de ‘cultural creatives’, voor wie duurzaamheid onderdeel is van kwaliteit’, stelt Anke van Hal, hoogleraar Duurzaam Bouwen aan de TU Delft en de Universiteit Nyenrode.

Technologisch gezien is dat een flinke uitdaging. Van Hal: ‘Veel producten die goed zijn voor het milieu, schieten te kort op andere kwaliteitsaspecten. Een actueel voorbeeld vormt de ophef rond balansventilatie, waarbij warmte wordt teruggewonnen uit ventilatielucht. Wanneer dergelijke systemen niet goed worden aangelegd, zoals in Amersfoort het geval was, maken ze woningen wel energiezuiniger, maar niet gezonder. Het komt ook voor dat ze teveel lawaai maken, waardoor bewoners het systeem uit en de ramen open zetten. In principe kan balansventilatie dus een grote bijdrage aan de leefkwaliteit, maar door foutieve installatie gaat het mis.

Volgens Van Hal kunnen dit soort problemen worden voorkomen door de systemen ‘monkey safe’ te maken. ‘Je kunt zeggen dat je de installateurs beter op moeten leiden, maar je kunt ook zorgen dat het ontwerp zodanig is dat een verkeerde aansluiting onmogelijk wordt gemaakt. Ingenieurs richten zich vooral op de optimale werking van een systeem. Logisch, want dat is vaak al moeilijk genoeg, maar dan wordt vaak te weinig rekening met de toekomstige gebruikers. Goede architecten en industrieel ontwerpers kunnen een brug slaan tussen enerzijds de technische mogelijkheden en anderzijds de behoefte aan gemak, comfort en kwaliteit.’



Vooraf in de bestaande bouw is nog veel te winnen met de combinatie van verminderen van de milieubelasting en verhogen van het comfort. Van Hal: 'De aandacht op het gebied van energiebesparing moet wel naar bestaande woningen gaan want van slopen van woningen is in de praktijk nauwelijks sprake. Bestaande woningen veel energiezuiniger maken, is niet altijd eenvoudig maar wel mogelijk. Met combinaties van zonne-energie, slim isoleren en zuinige installaties kan niet alleen de energierekening worden verlaagd maar kan ook het comfort van de woning aanzienlijk worden verhoogd.'

Regelgeving, zoals het verlagen van de EPC (energie prestatie coëfficiënt) is belangrijk, maar zeker niet het enige, meent Van Hal. 'Wanneer de betrokken partijen, corporatie, gemeente, architect, aannemer en energiebedrijf gemotiveerd zijn om vergaande CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren en bereid zijn tot intensieve samenwerking, is het mogelijk vergaande doelen te bereiken.' In dat verband mag wat haar betreft ook de wijze van aanbesteden op de helling. 'Aanbesteden op prijs leidt tot minimaliseren van de kwaliteit', vindt ze. 'We moeten op zoek naar

mechanismen en structuren, waarbij het streven naar meer kwaliteit is ingebakken. Bijvoorbeeld in combinatie met slimme financiële constructies. Als ook financiële instanties vanaf een vroegtijdig stadium bij een project betrokken zijn, kun je meer aandacht vragen voor kwaliteit.'

Wanneer partijen worden geprikkeld om te komen met creatieve oplossingen is het, volgens haar, mogelijk om zowel de belangen van de eigenaar van woning of gebouw (of van de huurder) te behartigen, als de belangen van het milieu én de economische belangen. Van Hal: 'Je moet ervan uitgaan dat de meeste mensen het milieu een warm hart toedragen, maar zich er pas echt voor in gaan zetten als ook hun directe eigenbelang wordt behartigd. Mensen willen kwaliteit op alle fronten. Niet milieukwaliteit alleen.'

## 8. Tot slot

In de afgelopen dertig jaar heeft de milieutechnologie zich ontwikkeld op basis van technische mogelijkheden en maatschappelijke inzichten en ontwikkelingen. In de jaren zeventig verkeerden overheden en bedrijven in de veronderstelling dat het milieu-probleem kon worden opgelost door de rommel op te ruimen. De daaruit resulterende zuiveringstechnieken waren weliswaar effectief, maar zorgden ook vaak voor verplaatsing van het probleem van het ene naar het andere compartiment.

Gaandeweg groeide het bewustzijn dat het beter was om te voorkomen dat vervuiling ontstond. Dat leidde tot procesgeïntegreerde voorzieningen, waarbij niet alleen werd gekeken naar het voorkomen van emissies, maar waarbij ook drastische besparingen werden doorgevoerd op het gebruik van energie, water en grondstoffen. Het 'factordenken' deed zijn intrede, met als overkoepelende opdracht om de milieubelasting te halveren, terwijl de bevolkingsgroei verdubbelt en de welvaartsgroei wereldwijd misschien wel vervijfvoudigt. Die combinatie van milieubeleid en welvaartsgroei sloot aan bij het eind jaren tachtig verschenen VN-rapport 'Our Common Future' van de commissie Brundtland, dat de basis legde voor 'sustainable development'.

Inmiddels wordt steeds meer duidelijk dat het efficiënter benutten van natuurlijke hulpbronnen, inclusief het

meer dan evenredig verminderen van de milieubelasting niet voldoende is. Met name de welvaartsgroei in opkomende industrielanden als China en India maakt duidelijk dat er een andere benadering nodig. Een benadering waarvan de kiem bijna veertig jaar geleden werd gelegd door Barry Commoner en die uitgaat van 'ecologisering' van de productie. Geen botsing van eco- en technosfeer, maar een technosfeer die is gebaseerd op ecologische principes en daardoor deel uitmaakt van de ecosfeer.

Met het 'Cradle to Cradle'-concept dat Braungart en McDonough begin deze eeuw ontwikkelden, geven zij in ieder geval aan in welke richting de technologie zich zou moeten ontwikkelen om technosfeer en ecosfeer te integreren. Enerzijds zouden we veel meer dan nu het geval is gebruik moeten maken van zonne-energie. Niet alleen voor de



energievoorziening, maar ook voor de productie van groene grondstoffen voor bouw en industrie.

hoge eisengesteld aan hergebruik dan wel afbreekbaarheid van producten, onderdelen en gebruikte materialen.

Naast de natuurlijke kringloop van biologische voedingsstoffen is er ook een kringloop voor technische voedingsstoffen, materialen die zich niet via fotosynthese laten vormen, zoals metalen en bouwstoffen als zand, grond en klei. Een belangrijke opgave voor de komende decennia is het sluiten van die kringloop door hergebruik van producten en onderdelen en van materialen. Ook daarbij dient de ecologie als inspiratiebron voor de ontwikkeling van voedselwebben, waarbij het afval van de een voedsel is voor de ander.

Het dilemma is niet onoplosbaar, maar dat zal veel inventiviteit, creativiteit en volharding vragen. Gelukkig is aan die grondstoffen geen gebrek, getuige de honderden initiatieven en projecten die de afgelopen twintig jaar zijn beoordeeld in het kader van het Programma Milieu & Technologie. Het programma gaat dan ook door op de ingeslagen weg, waarbij de nadruk steeds meer zal liggen op de voedselwebben en -ketens in de industriële productie. De ambities zijn hoog als het gaat om het verder verminderen van milieubelasting en grondstofgebruik.

Zowel bij gebruik van biologische als technische grondstoffen wordt de ontwerper geconfronteerd met een dilemma. Aan de ene kant worden aan een product of materiaal hoge eisen gesteld wat betreft sterkte, stijfheid, gewicht en vervormbaarheid. Ook kleur en uiterlijk spelen een belangrijke rol, al was het maar omdat individuen zich graag van elkaar onderscheiden via de producten die ze kopen. Anderzijds worden er vanuit de ecologisering van producten en processen

*Uitgave ter gelegenheid van het 20 jarig jubileum van het  
Programma Milieu & Technologie, dat SenterNovem uit-  
voert voor de ministeries van VROM, EZ en LNV.*

*Het Programma Milieu & Technologie stimuleert de  
ontwikkeling en toepassing van innovatieve processen,  
producten en diensten die beter voor het milieu zijn dan  
gangbare alternatieven.*

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een  
geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op  
enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig  
andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SenterNovem.

© 2008 SenterNovem



Dit boekje is gedrukt op FSC-gecertificeerd papier,  
met inkt op soba-basis.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld,  
kan SenterNovem geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele  
fouten. Bij publicaties van SenterNovem die informeren over subsidieregelingen  
geldt dat de beoordeling van subsidieaanvragen uitsluitend plaatsvindt aan de  
hand van de officiële publicatie van het besluit in de Staatscourant.

#### **SenterNovem, voor innovatie en duurzaamheid**

Een sterk innovatief bedrijfsleven in een leefbare, duurzame  
samenleving. SenterNovem stimuleert duurzame  
economische groei door een brug te slaan tussen markt en  
overheid, nationaal en internationaal. Bedrijven, (ken-  
nis)instellingen en overheden kunnen bij SenterNovem  
terecht voor advies, kennis en financiële ondersteuning.  
Wij verbinden partijen die met passie en gedrevenheid willen  
werken aan een duurzame en innovatieve samenleving.  
SenterNovem is een agentschap van Economische Zaken en  
realiseert beleid in opdracht van de Rijksoverheid op een  
professionele, effectieve en inspirerende wijze.

#### **Meer informatie**

[www.senternovem.nl/milieutechnologie](http://www.senternovem.nl/milieutechnologie)

Informatiepunt SenterNovem: 030 239 35 33

Catharijnesingel 59

Postbus 8242

3503 RE Utrecht

Telefoon 030 239 34 93

Telefax 030 231 64 91

[www.senternovem.nl/milieutechnologie](http://www.senternovem.nl/milieutechnologie)

[info@senternovem.nl](mailto:info@senternovem.nl)

September 2008

Publicatienummer: 3MT08.03

VROM  Ruimte en Milieu



Ministerie van Economische Zaken



landbouw, natuur en  
voedselkwaliteit

**SenterNovem**