

zich verhoudt tot deze opties.

Na een betrekkelijk brede inleiding is hoofdstuk drie veel gedetailleerder. Hierin worden vier concrete voorbeelden gegeven van ontwerpen van voertuigen waarbij onderdelen uitgevoerd zijn in nieuwe geavanceerde materialen. Deze voorbeelden betreffen verschillende voertuigen, van personenauto tot vliegtuig. Tempelman komt daarbij tot de verrassende conclusie dat in de concrete voorbeelden die hij bekeken heeft de productie-energie van de geavanceerde onderdelen lager ligt dan in de originele ontwerpen. De productie-energie van de geavanceerde materialen is per kilo weliswaar hoger, maar de onderdelen kunnen met zoveel minder materiaal ontworpen worden dat er een netto energiewinst geboekt wordt.

In hoofdstuk vier bespreekt de schrijver wat het gebruik van geavanceerde materialen betekent voor hergebruik van materialen. Hiertoe neemt Tempelman twee voorbeeld-materialen nader onder de loep. In beide gevallen gaat bij het recyclingproces de opbouw van de materialen verloren, waardoor ze veel van hun waarde en eigenschappen verliezen. De conclusie luidt dan ook dat recycling van geavanceerde materialen weliswaar mogelijk is, maar dat de gerecyclede materialen slechts in lagere kwaliteitstoepassing kunnen worden gebruikt.

Tempelman concludeert dat vanuit milieukundig oogpunt het gebruik van nieuwe, geavanceerde materialen aan te bevelen lijkt te zijn. Niet alleen tijdens de gebruiksfase, maar ook tijdens de productiefase zijn de voorbeeldmaterialen superieur aan de originele materialen. In de afdankfase doen de nieuwe materialen het relatief slecht, hergebruik is alleen mogelijk in minder veeleisende producten. Ook deze recycling kan echter financieel winstgevend zijn. Op grond van de onderzochte toepassingen in dit proefschrift mag geconcludeerd worden dat bredere toepassing van geavanceerde materialen een stap in de richting is naar duurzaam transport, maar Tempelman realiseert zich daarbij terecht dat voor het daadwerkelijk duurzaam maken van de transportsector nog verregaande aanpassingen van een andere aard nodig zijn.

De kracht van dit zeer goed leesbare proefschrift zit in de verscheidenheid en gedetailleerdheid van de besproken voorbeelden. Er bestaat een goede samenhang tussen ontwerp- en materiaalkundige aspecten van het gebruik van alternatieve materialen.

De facultaire samenwerkingsverbanden die aan dit proefschrift ten grondslag liggen hebben hier waarschijnlijk belangrijk aan bijgedragen. De auteur beperkt echter ten onrechte zijn resultaten tot Nederland. Voor de belangrijkste variabelen in de analyse vormt Nederland juist een heel behoorlijk Europees gemiddelde. De conclusies aangaande het gebruik van geavanceerde materialen mogen naar mijn idee dan ook in een bredere context geïnterpreteerd worden.

Mirjan Bouwman

Centrum voor Energie en Milieukunde IVEM
Rijksuniversiteit Groningen

Titel: Material-product chains: Economic models and applications

Auteur: P.P.A.A.H. Kandelaars

Uitgegeven: Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam, 1998

Wat is een 'material-product (M-P) chain'? Hans Opschoor (1994) introduceerde deze term als "subsets of linked materials and product cycles", en liet de nadere invulling en uitwerking ervan door Patricia Kandelaars als NWO-promovenda geschieden. Na vier jaar ligt er een indrukwekkende dissertatie: ruim 200 pagina's in 11 hoofdstukken, waarvan circa de helft werd gepubliceerd in gezaghebbende tijdschriften. Maar toch, het wordt de lezer nog steeds niet geheel duidelijk wat M-P ketenanalyse (MPCA) is, wat het niet is, en waarin het zich onderscheidt van bekendere vormen van analyse, zoals levenscyclusanalyse (LCA) en 'material flow analysis' (MFA). Ik zal in deze bespreking trachten mijn visie hierop te beschrijven. Ik zal daarbij zowel ingaan op de betekenis van het werk van Kandelaars voor hen die zich met de genoemde gebieden bezig houden als op de oorsprong van de verwarring.

Allereerst de inhoud. Een M-P keten is een netwerk van economische activiteiten (productieprocessen, consumptieprocessen, afvalverwerkingsprocessen, etc.) die gegroepeerd zijn rondom een functie, bijvoorbeeld de afvoer van hemelwater. Deze functie kan vervuld worden met een dakgoot, waarvoor een zinkketen of een PVC-keten de ruggengraat vormt. Wanneer men één van beide alternatieven wil kiezen, en daarbij milieuargumenten een rol

wil laten spelen, moeten beide MP-ketens gemodelleerd worden. Deze modellering is echter een complexe zaak. Economische modellen beschrijven productie- en consumptieprocessen veelal als niet-lineair. Hierdoor hebben evenwichtsmodellen een unieke oplossing en kunnen schaafeffecten verklaard worden. Het opstellen en oplossen van een allesomvattend micromodel met niet-lineaire productie- en consumptiefuncties is echter een onmogelijke opgave. Daarom beperkt men zich in de economie vaak tot macromodellen met een hoge mate van aggregatie, of tot partiële modellen met een focus op één of twee sectoren. In de wereld van LCA, MFA en energieanalyse gaat men anders te werk. Daar probeert men compleet op microniveau te zijn; in LCA kijkt men bijvoorbeeld niet op van 500 sectoren/industriën. Maar dit gebeurt wel ten koste van de economische niet-lineaire realiteit. Een soortgelijk verhaal kan men voor dynamische aspecten houden. Kortom, het model is realistisch en incompleet of het is compleet en onrealistisch. Kandelaars probeert een tussenweg te vinden. Zij handhaaft in een MPCA de lineaire statische benadering van LCA voor het grootste deel van het model, en staat voor het centrale deel van de analyse (zoals de productie en consumptie van dakgoten, die beperkt is tot een paar sectoren) niet-lineaire en/of dynamische relaties toe. Hiervoor is uiteraard niet een simpel recept te geven, alles hangt af van de vraagstelling, het onderwerp, en de gegevensbeschikbaarheid. Het proefschrift biedt een staalkaart van mogelijkheden: statische optimalisatie, evenwichtsmodellen, dynamische analyse, enzovoort.

Dat er geen eenduidig recept voor een MPCA is, is natuurlijk lastig voor de ingenieursbureaus die de voornaamste LCA-rekenaars zijn. Mede daarom zal de MPCA daar niet zo snel wortel schieten. En het strookt al helemaal niet met het standaardisatieproces binnen de International Organization for Standardization (ISO), waar men tot wereldwijde afspraken over de werkwijze van LCA wil komen. MPCA's zullen dus, net als traditionele economische evenwichtsmodellen, maatwerk blijven, en eerder op een universiteit dan bij consultants uitgevoerd worden. Overigens ziet men in academische kringen een toenemende interesse voor de dynamische LCA, maar deze beweging wordt nog niet door economisch geschoolden getrokken.

Wie een jaargang van de *International Journal of*

LCA doorkijkt zal de naam Kandelaars waarschijnlijk niet tegenkomen, niet als auteur, maar evenmin als verwijzing. Het begrip MPCA dreigt hiermee even plotseling te verdwijnen als het opkwam. Dat zou bijzonder spijtig zijn. Het is daarom de moeite waard om na te gaan waarom het niet lijkt te klikken tussen Kandelaars en de LCA-gemeenschap.

Allereerst de vraag hoe MPCA en LCA zich verhouden. Kandelaars doet zeker een poging om haar onderwerp af te bakenen. Zij onderscheidt twee definities van MPCA, een brede en een smalle. We lezen dat LCA wel binnen de brede maar niet binnen de gehanteerde smalle definitie van MPCA valt. Ik citeer: MPCA in smalle zin "studies the allocation and economic processes of an M-P chain". Dit in tegenstelling tot LCA's, want "they do not include allocation or other economic processes". Dit moge correct zijn, het is wel een bron van verwarring. Immers, iemand uit de LCA-wereld zal beweren dat 'economic processes' de kern van LCA vormen, en dat 'allocation' binnen LCA op vele plaatsen aan de orde is. Beide termen hebben binnen de LCA-gemeenschap een betekenis die afwijkt van de bij economen (zoals Kandelaars) gangbare betekenis.

We zien direct een belangrijk cultuurverschil tussen de invalshoek der technische wetenschappers en natuurwetenschappers aan de ene kant en die der economen aan de andere kant. Er zijn meer van dergelijke verschillen. Eén is misschien onverwacht: de behandeling door Kandelaars is aanzienlijk wiskundiger dan 99% van alle LCA-literatuur. Dit is ongetwijfeld een grote barrière voor de LCA-wereld om de ideeën van Kandelaars te begrijpen en over te nemen.

Voorts moet opgemerkt worden dat er in de LCA-wereld, hoe zeer de meningen soms ook uiteenlopen, een status quo bereikt is over de basisbeginselen. LCA, en ieder geval de inventarisatiefase, wordt geacht zoveel mogelijk een 'technical process' te zijn, waarin het primaat ligt bij 'physical and chemical principles'. Wanneer iemand voorstelt om het primaat te verschuiven naar economisch gedrag, dan zal men binnen ISO niet voorzichtig geïnteresseerd zijn, maar het afdoen als zijnde iets anders dan LCA.

De LCA-gemeenschap had natuurlijk niet zomaar het begrip 'allocation' moeten adopteren, en Kandelaars had natuurlijk kunnen opmerken dat in de LCA-literatuur dit begrip wel degelijk vóórkomt. Maar

daarmee was de synthese niet opeens wel gelukt. De wiskundige aanpak, en het niet-standaard-karakter van Kandelaars' voorstellen overheersen. Inter- of transdisciplinariteit blijft moeilijk, zelfs als een ieder zijn best doet.

Het feit dat Kandelaars buiten de geëffende paden van de LCA-hoofdstroom opereert is tegelijkertijd haar sterkte en haar zwakte. Zij voelt zich niet gebonden aan het impliciete of expliciete keurslijf van een 'LCA Code of Practice' of een 'International Standard', en is daardoor in staat om ongeëvenaarde stappen te maken, zoals de inpassing in een algemeen evenwichtsmodel. Maar zij mist ook de context, waardoor haar werk enerzijds niet begrepen wordt, en anderzijds buiten de realiteit staat, bijvoorbeeld door in de case studies niet in te gaan op het 'LCA allocation problem'.

In bovenstaande bespreking van Kandelaars' werk heb ik uitsluitend de vergelijking met LCA gemaakt, mede omdat Kandelaars het zelf in het verlengde daarvan ziet. Maar hoe zit het nu met de MFA? Zij schrijft dat "an M-P chain is not the basis of a material flow analysis". Maar de M staat wel voor Material, dus er wringt wel iets. Als we Opschoors artikel uit 1994 lezen, zien we een veel bredere betekenis: een M-P keten omvat allerlei relevante aspecten van materiaalstromen en productketens, en tal van voorbeelden die dichtbij een regionaal materiaalmetabolisme staan. Kandelaars heeft er dus voor gekozen om een veel beperktere invulling aan het begrip M-P keten te geven. Echter, juist de koppeling van product-gerichte en materiaal-gerichte analyse was in het oorspronkelijke idee van Opschoor een interessante gedachte. Het is te hopen dat iemand deze draad oppakt, en de ideeën van Kandelaars kan verbinden met een analyse van een regionale stofstroomanalyse.

Literatuur:

Opschoor, J.B. 1994. 'Chain management in environmental policy: Analytical and evaluative concepts.' In: Opschoor J.B. en R.K. Turner. *Economic incentives and environmental policies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Reinout Heijungs
Centrum voor Milieukunde, Universiteit Leiden

Korte besprekingen

Titel: Verspilde energie? Wat doen en laten Nederlanders voor het milieu

Auteur: L. Steg

Uitgegeven: Cahier 156, Sociaal Cultureel Planbureau, Den Haag, ISBN 90 5749 123 0

Veel milieuproblemen nemen toe door het stijgende consumptie- en productieniveau. Het gedrag van individuele consumenten is derhalve een relevant onderwerp van milieuonderzoek en -beleid. Hoe ziet dat gedrag er concreet uit en wat zijn de voornaamste determinanten? Linda Steg, als sociaal-psychologe werkzaam op het SCP, rapporteert in dit Cahier de uitkomsten van de Enquête consument en milieu die in 1995 door het SCP is uitgevoerd en ze vult die aan met gegevens van het CBS (budgetonderzoek) en EnergieNed (gas- en elektriciteitsverbruik). Het zijn omvangrijke en informatieve gegevensbestanden, ook al zijn er vraagtekens te plaatsen bij de representativiteit van de SCP-enquête (respons 54% en een erg scheve man-vrouwverdeling). Steg plaats die vraagtekens overigens niet.

De kale gegevens over ons milieugedrag leveren weinig verrassingen op. We zien het als het ware om ons heen: een stevige groei van stroomverbruikende apparatuur, waardoor het gemiddelde huishoudelijke elektriciteitsverbruik met 18% is toegenomen in de periode 1987-1996; een stijgend energieverbruik door meer autobezit en meer kilometers per auto; steeds vaker en verder weg op vakantie; een hoge respons (60-90%) bij het gescheiden aanleveren van afval en een behoorlijke penetratiegraad (25-50%) van milieuvriendelijker producten zoals grijs wc-papier. Ecovoedingsproducten scoren lager, rond de 10% koopt ze regelmatig.

Zowel wetenschappelijk als beleidsmatig is het van belang te weten of er in al deze afzonderlijke gedragingen een patroon valt te ontdekken. Met behulp van factoranalyse kan worden nagegaan of er clusters zijn te vinden. Rond afvalscheiding en milieuvriendelijke voeding bleek dit inderdaad het geval. Het aankoopgedrag van milieuvriendelijke producten en het huishoudelijk energiegedrag bleken minder goed in één cluster te passen.

Met het milieubesef van de Nederlander is weinig