

Geen grenzen aan de

Het gebruik van hernieuwbare grondstoffen, denk aan hout, vezels en biomassa, wordt breed gezien als alternatief voor olie en gas. Om aan te geven dat dit de richting is die we moeten gaan spreekt men zelfs over de 'bio-based economy'. Deze weg is niet houdbaar: het is onmogelijk om genoeg biotische grondstoffen te produceren om de groeiende wereldeconomieën te voorzien van de benodigde energie en materialen. Maken we daarentegen zoveel mogelijk gebruik van minerale grondstoffen - abiotische materialen dus - en energievormen die niet afhankelijk zijn van ecosystemen, dan kan de economie blijven groeien zonder het draagvermogen van het milieu te overschrijden.



Biomassa heeft vruchtbare grond nodig, zoet water, zon en warmte, terwijl zonnecentrales het kunnen doen met daken en woestijnen.

Tot aan het begin van de industriële revolutie was de mens vooral afhankelijk van de productiviteit van ecosystemen voor de productie

Auteursinfo

Frans Vollenbroek (Frans.Vollenbroek@minvrom.nl) is werkzaam bij het ministerie van VROM, waar hij zich vooral bezig houdt met strategische beleidsvorming, onder andere ten behoeve van de Nationale Milieubeleidsplannen (NMP3, NMP4, Toekomstagenda). Van 2001 tot 2005 was hij gedetacheerd bij de Europese Commissie in Brussel, waar hij werkte aan het tot stand komen van de thematische strategie duurzaam gebruik van natuurlijke hulpbronnen.

van biotische grondstoffen. De bossen waren de belangrijkste bron van energie en van hout voor de bouw van huizen en schepen. Landbouw was de belangrijkste bron van voedsel en materialen zoals wol, katoen, linnen, indigo en rubber. Hierin kwam verandering door de ontdekking van fossiele bronnen, waardoor het gebruik van hout als brandstof niet meer nodig was. Ook werden steeds vaker stenen (en later beton) gebruikt om huizen te bouwen in plaats van hout; er was immers genoeg energie om stenen en cement te maken.

De ontdekking van olie betekende dat het energiegebruik drastisch toenam: waar je veel van hebt ben je niet snel zuinig mee. Naast de inzet als brand-

stof werden fossiele bronnen ook steeds meer gebruikt als grondstof voor de chemische industrie. Toch is dit slechts een relatief kleine fractie: slechts 5% van het fossiele gebruik gaat op aan de productie van plastics, kunststof vezels, kleurstoffen, etc.

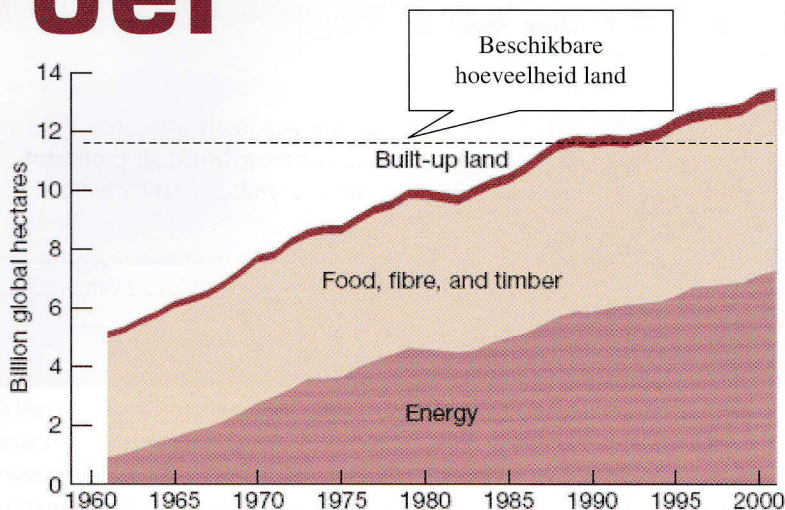
Ecologische productiviteit ontoereikend

Anders dan economieën worden ecosystemen aangedreven door een externe energiebron: de zon. De constante stroom van zonne-energie voedt alle leven op aarde en maakt biodiversiteit mogelijk. Maar dit betekent ook dat de ecologische productiviteit gelimiteerd is. Een groeiende (mondiale) economie kan dus niet gedurende lange tijd worden gebaseerd op de productiviteit van ecosystemen, die stationair van aard zijn. WWF heeft laten zien dat de hoeveelheid land die we momenteel op aarde 'gebruiken' ongeveer 13.5×10^9 hectare bedraagt, terwijl er maar ongeveer 11×10^9 hectare beschikbaar is (zie figuur 1). We leven daarom in 'overshoot' zoals WWF stelt. Overigens is in deze berekeningen aangenomen dat alle CO_2 die we produceren vastgelegd moet worden door planten (fotosynthese). In werkelijkheid gebeurt dit echter niet: CO_2 wordt immers de lucht ingeblazen en de atmosfeer en oceanen fungeren als opslagruimte. Maar wat de figuur wel aantoonst is dat de ecologische productiviteit van de aarde ontoereikend is als we inderdaad een economie zouden realiseren, waarin zowel energie als koolstofhoudende materialen worden onttrokken aan ecosystemen (biobased economy).

Naast deze vraag over kwantiteit is de kwaliteit van belang: kan het gebruik van al het beschikbare land zodanig worden ingericht - bijvoorbeeld met biologische landbouw - dat de biodi-

¹ Zie: <http://assets.panda.org/downloads/lpr2004.pdf>. De totale oppervlakte van de aarde bedraagt ongeveer 50×10^9 hectare, maar slechts 29% is landmassa, de rest bestaat uit oceanen. Van de landmassa is ongeveer 75% geschikt voor (exploitatie van) ecosystemen, 12% bestaat uit woestijnen en de rest uit ontoegankelijke gebieden. Dus ongeveer 20% van het aardoppervlak is geschikt voor fotosynthese.

e groei



Figuur 1: Ecologische voetafdruk 1961-2001 (bron WWF)

versiteit niet verder wordt aangetast en de globale milieudruk afneemt? Dit lijkt niet waarschijnlijk: als de oerwouden van Brazilië worden omgezet in landbouwgronden om palmolie te produceren dan zal zelfs met gebruikmaking van biologische landbouwmethoden de biodiversiteit verder afnemen².

Ontkoppeling

De figuur van WWF laat zien dat energieproductie uit biotische grondstoffen het grootste ruimtebeslag zal hebben als we erin slagen de 'biobased economy' te realiseren en dat we dan snel in een 'overshoot'-situatie zouden belanden. Een groeiende economie kan echter wel worden volgehouden als we gebruik maken van abiotische materialen (minerale grondstoffen) en van

energievormen die niet afhankelijk zijn van ecosystemen, zoals bijvoorbeeld fossiele energie en kernenergie - zolang de voorraad strekt en dat kan voor kolen heel lang zijn - en zonne-energie en geothermische energie. Vanuit het oogpunt van ruimtebeslag en druk op biodiversiteit is het daarom verstandiger om de biomassaroute niet grootschalig in te slaan, maar direct over te gaan op abiotische bronnen (zie kaders). Deze nemen namelijk wel veel minder ruimte in. Zo levert biomassa 20.000 kWh per hectare, wind 150.000 kWh en zonne-energiecentrales 400.000 kWh per hectare³. Bovendien is het type ruimte dat nodig is van belang: biomassa heeft vruchtbare grond nodig, zoet water, zon en warmte, terwijl zonne-energiecentrales het kunnen doen met daken

² Het NMP komt tot een zelfde conclusie, zie (http://www.mnp.nl/nl/publicaties/2006/Biodiversiteit_gaat_de_komende_50_jaar_verder_achteruit.html)

³ <http://www.zonnestroomproducenten.nl/paginas/opiniepagina.htm>



Houtafval - biomassa - op het terrein van een elektriciteitscentrale.

Resources unlimited (1): Zonne-energie

De hoeveelheid zonne-energie die de aarde bereikt is jaarlijks zo'n 30.000×10^{20} Joule, terwijl de wereldenergiebehoefte ongeveer 4×10^{20} Joule bedraagt¹. Er komt dus 7500 maal zoveel binnen als we gebruiken.

Probleem is natuurlijk: hoe vangen we dat op? Als we zonnepanelen gebruiken met een opbrengst van 400.000 kWh per hectare (wat overeenkomt met 1.4×10^{12} Joule per hectare), dan hebben we dus 2.7×10^8 hectare landoppervlak nodig. Daar de totale oppervlakte van de woestijnen op aarde ongeveer 18×10^8 hectare bedraagt, is 15% hiervan voldoende. Bovendien is er nog ruimte voor groei van het energiegebruik, hetgeen nodig is voor ontwikkelingslanden.

Als we daarentegen biomassa gebruiken met een opbrengst van 20.000 kWh per hectare dan is twintigmaal zoveel land nodig ofwel $5,4 \times 10^9$ hectare. Dit kan uiteraard geen woestijn zijn, maar vergt productieve grond. Rekeninghoudend met het gegeven dat er van deze grond 'slechts' 11×10^9 hectare beschikbaar is, is 50% van alle beschikbare vruchtbare aarde nodig voor energieteelt, wat goed overeenkomt met figuur 1. Het spreekt voor zich dat dit een enorme aanslag betekent voor de kwaliteit van ecosystemen en de biodiversiteit ervan. Bovendien bestaat er nauwelijks nog ruimte voor ontwikkelingslanden om te groeien.

De conclusie kan dus slechts zijn dat het gebruik van ecosystemen voor de totale wereldenergieproductie niet haalbaar is. Daar staat tegenover dat door rechtstreeks gebruik te maken van zonne-energie, zoals met behulp van zonnepanelen, wel in de energiebehoefte kan worden voorzien. Ook moet worden opgemerkt dat de reserves aan fossiele bronnen nog gigantisch zijn.

¹ <http://www.ecn.nl/bkm/extra/waarom-biomassa/>

Resources unlimited (2): Water

De totale hoeveelheid water op aarde wordt geschat op 1,4 miljard kubieke kilometer (een km^3 is gelijk aan een miljard m^3), maar slechts 2% van al dit water is zoet ($2.8 \times 10^{16} \text{ m}^3$).

Voor het produceren van waterstof vormt dit geen beletsel.

Van het zoete water om de wereld zit 69% vast in gletsjers of een permanente sneeuwlaag, 30% is grondwater, 0,3% (93.000 km^3) bevindt zich in meren en rivieren en 0,9% is onder meer waterdamp, permafrost, grondijs en bodemvocht. Slechts 1 procent van al het zoete water op aarde kan gebruikt worden als drinkwater, ofwel $2.8 \times 10^{14} \text{ m}^3$. Als we ervan uitgaan dat een mens 50 liter per dag nodig heeft, dan is de totale hoeveelheid zoet water die nodig is als drinkwater $1.8 \times 10^{11} \text{ m}^3$. Er lijkt dus voldoende drinkwater voor de gehele wereldbevolking. Probleem is dat veel water inefficiënt wordt gebruikt, onder meer voor irrigatie, koelwater, spoelwater, waswater, etc. Daarnaast is plaatselijke beschikbaarheid een groot probleem. Als in de toekomst gebruik wordt gemaakt van water om de energiedrager waterstof te produceren betekent dit geen extra beslag op zoet water omdat hiervoor zout water kan worden gebruikt.

en woestijnen.

Optie niet houdbaar

Vanwege de vele hiervoor benodigde ruimte (concurrentie met voedselproductie) en de stijgende druk op biodiversiteit lijkt productie van energie via energieteelt dus geen houdbare optie. Weliswaar vergt de productie van koolstofhoudende materialen (voedsel, vezels, hout) eveneens aanzienlijk veel ruimte, maar ook hier kunnen verschillende alternatieve routes worden bewandeld die tot minder ruimtebeslag leiden. Zo kan het gebruik van hout (verder) worden vervangen door abiotische materialen, zoals steen, staal⁴ en/of

⁴ Metaalvoorraden zijn weliswaar eindig, maar daar staat tegenover dat metalen recyclebaar zijn: de totale voorraad neemt dus niet af, maar de voorraad verschuift van de geologische vindplaatsen naar de 'physical stocks' (gebouwen, bruggen, etc.). De beschikbaarheid van energie om recycling mogelijk te maken is daarom van groter belang dan de metaalvoorraden zelf. Bovendien kan bij schaarste aan metaalertsen worden overgegaan op (supersterke) kunststoffen.



Voor het produceren van waterstof kan zout water worden gebruikt.

kunststoffen. Ook vezels en kunststoffen kunnen louter langs synthetische weg worden gemaakt uit abiotische grondstoffen, bijvoorbeeld door rechtstreekse productie uit (opgeslagen) CO_2 en waterstof dat is verkregen door elektrolyse van water met behulp van zonne-energie of andere abiotische energiebronnen. Maar ook hier geldt: als de fossiele bronnen zijn uitgeput.

Zelfs voor (dier)voedsel is een synthetische route denkbaar, maar het is de vraag of dit maatschappelijk aanvaardbaar is. Niettemin is vermindering van ruimtebeslag en minder uitwisseling van stoffen met het milieu wel mogelijk, bijvoorbeeld door hightech landbouw. Een voorloper hiervan zijn de geheel gesloten kassen waarin groenten worden geteeld (zie Milieu 3-2006). Doordat ze gesloten zijn is de milieudruk beduidend geringer dan bij open teelt.

Maar zelfs als de productiviteit en eco-efficiency van landbouw met factoren verbetert, dan nóg zal een blijvende economische groei op den duur problemen opleveren als het gaat om beschikbaarheid van land in een bio-based economy

Conclusie

Landbouw heeft momenteel het grootste beslag op de beschikbare ruimte en de ecosystemen die er deel van uitmaken. Als gevolg van energieteelt kan dit beslag sterk toenemen. Dit kan er toe leiden dat de productiecapaciteit van de mondiale ecosystemen ontoereikend is voor de groeiende wereld-

economie en dus de voorzieningszekerheid in gevaar komt. Ook komen hierdoor voedselproductie én biodiversiteit verder onder druk te staan.

Een uitweg uit dit dilemma is meer gebruik maken van abiotische hulpbronnen, zoals fossiele energie, zonne-energie, kernenergie, water, CO_2 , etc. Op deze wijze kunnen ecosystemen zoveel mogelijk worden gevrijwaard van productiefuncties. Biodiversiteit kan dan zoveel mogelijk worden behouden, alsook de kwaliteit van onze directe leefomgeving. Door deze ontkoppeling van economie en milieu - in letterlijke zin - kan de economie nog tot in lengte van jaren groeien.

Resources unlimited (3): CO_2

Naast water is CO_2 de belangrijkste bouwsteen voor ecosystemen op aarde. Als CO_2 ook industrieel zou worden gebruikt is het de vraag of er voldoende van is.

Deze vraag klinkt gek in een tijd dat er sprake is van grote overschotten aan CO_2 , maar als de fossiele bronnen op zijn en we toch behoefte hebben aan koolstofhoudende materialen kan de vraag hiernaar relevant worden. Welnu, de totale hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer bedraagt zo'n 2000×10^9 ton. Hierin zit ongeveer 600×10^9 ton koolstof. Momenteel wordt in de westerse wereld 4 ton per capita aan fossiele bronnen gebruikt, waarvan ongeveer 5% wordt gebruikt voor de chemische producten, met name kunststoffen. Dit is ongeveer 2×10^9 ton. Dit betekent dat de atmosfeer een hoeveelheid CO_2 bevat die voldoende is voor 300 jaar kunststofproductie. Bovendien zal uitputting van CO_2 in de atmosfeer niet optreden omdat de oceanen ook nog eens 40.000×10^9 ton bevatten, die in dynamisch evenwicht is met de atmosfeer.