



DUURZAME ENERGIE

NC
DO

GLOBALISERINGSREEKS 4

NCDO is het Nederlandse kennis- en adviescentrum voor burgerschap en internationale samenwerking. NCDO bevordert het publiek bewustzijn over internationale samenwerking en het belang van Nederland om op dit terrein actief te zijn. NCDO doet onderzoek, verstrekt kennis en advies, stimuleert publiek debat en is actief in onderwijs en educatie. Zij werkt daarbij samen met overheid en politiek, maatschappelijke organisaties, bedrijfsleven en wetenschap. In dit kader ontwikkelt NCDO kennisdossiers over actuele mondiale vraagstukken, speciaal gericht op geïnteresseerden en professionals die zich graag goed laten informeren over globaliseringsvraagstukken. De dossiers zijn onderdeel van de NCDO Globaliseringsreeks en bieden beknopte, maar gedegen achtergrondinformatie over relevante en dringende thema's. Daarnaast schetsen de publicaties een beeld van de laatste stand van zaken ten aanzien van het wetenschappelijke, maatschappelijke en politieke debat hierover. NCDO wil hiermee de kennis en inhoudelijke discussie over internationale samenwerking in de Nederlandse samenleving bevorderen en versterken.

De NCDO kennisdossiers worden in overleg met experts opgesteld. Voor de ontwikkeling van dit dossier zijn onder andere Frank van der Vleuten (Ministerie van Buitenlandse Zaken) en Heleen de Coninck en Raouf Saidi (Energie-onderzoek Centrum Nederland) geconsulteerd.

Heeft u vragen of opmerkingen over een specifiek dossier of wilt u op de hoogte gehouden worden van nieuwe publicaties in de NCDO Globaliseringsreeks, neem dan contact op met NCDO via globaliseringsreeks@ncdo.nl.

Foto omslag: Bas Beentjes/Hollandse Hoogte

Auteur: Roeland Muskens, Wereld in Woorden – Global Research & Reporting

ISBN: 9789074612227

Amsterdam, 1 augustus 2012



NCDO is het centrum voor mondiaal burgerschap.
Postbus 94020, 1090 AD Amsterdam
tel +31 (0)20 568 87 55
globaliseringsreeks@ncdo.nl, www.ncdo.nl

DUURZAME ENERGIE

AUTEUR **ROELAND MUSKENS**
EINDREDACTIE **PETER HEINTZE**

INHOUDSOPGAVE

HOOFDSTUK 1 INLEIDING	4
HOOFDSTUK 2 PROBLEMEN MET EN BEPERKING VAN FOSSIELE BRANDSTOFFEN	8
HOOFDSTUK 3 DUURZAME ALTERNATIEVEN	18
HOOFDSTUK 4 HUIDIG BELEID EN DEBAT	34
HOOFDSTUK 5 WAT DOEN VERSCHILLENDE ACTOREN	39
HOOFDSTUK 6 CONCLUSIES	44
HOOFDSTUK 7 BRONNEN	46

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

In 1833 publiceerde de Duits/Amerikaanse utopist John Adolphus Etzler het boek 'Paradise within the reach of all men', waarin hij in detail beschrijft hoe met nieuwe technieken vrijwel onbeperkte hoeveelheden energie kunnen worden gewonnen uit wind en water (Etzler 1833). Volgens Etzler zou daarmee het paradijs voor alle mensen voor het grijpen liggen. De hoeveelheden energie die Etzler zijn lezers voorspiegelde worden nu ruimschoots gewonnen uit fossiele brandstoffen. Het paradijs is er, althans gezien vanuit de hedendaagse beleving, niet mee bereikt.

Etzler had goed gezien dat de grote hoeveelheden energie die de mensheid de afgelopen eeuw heeft opgewekt een enorm snelle technologische ontwikkeling mogelijk hebben gemaakt, evenals een ongekennde welvaartstijging voor een deel van de wereldbevolking. Die ontwikkeling loopt nu tegen harde grenzen aan. Terwijl een fors deel van de wereldbevolking nog nauwelijks begonnen is met het meedelen in de welvaart, raken makkelijk winbare voorraden fossiele brandstoffen op. Ook blijken we een zware prijs te betalen voor onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen. De verbranding van olie, gas en kolen leidt tot de uitstoot van broeikasgassen, zoals CO₂. Daarmee doen we een aanslag op het zelfherstellend vermogen van de aarde. Een recente studie van de OECD toont aan dat voortgaan op de huidige weg zal leiden tot een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van 3 tot 6 graden in 2050, met enorme gevolgen voor het klimaat (OECD, 2012).

Het drievoudige probleem – de kloof in welvaart/energiegebruik, de uitputting van fossiele brandstoffen, en de aantasting van de aarde – dwingen ons om te kijken naar alternatieven voor onze energievoorziening. Etzler's windenergie en waterkracht zijn daarbij zeker niet de minst kansrijke opties.

Duurzame energie (inclusief biomassa en waterkracht) dekt op dit moment ongeveer 13% van de wereldwijde vraag. In z'n meest duurzame scenario (waarbij het CO₂-gehalte in de lucht beperkt blijft tot 450 deeltjes per miljoen) voorspelt het Internationaal Energie Agentschap (IEA, 2011) dat het aandeel duurzaam in 2035 zal stijgen tot zo'n 27%. Op de gegevens van het jaarlijkse rapport van het IEA, de World Energy Outlook, baseren de meeste landen

hun energiebeleid. Volgens sommige critici is het IEA, onder leiding van de Nederlander Maria van der Hoeven, veel te rooskleurig over de toekomst van fossiele brandstoffen. Veel deskundigen pleiten dan ook voor een ambitieuzer scenario. Zij verwachten dat doorgaan op de huidige, fossiele weg binnen hooguit enkele decennia zal leiden tot ernstige 'grenzen aan de groeisymptomen', en misschien wel een ongekennde mondiale collaps, een systeemcrisis. In dat geval zal de mensheid verplicht zijn om veel sneller en resoluter de overstap te maken van eindige fossiele voorraden naar hernieuwbare energiebronnen, zoals wind-, zon- of waterenergie (Guilding, 2012).

Weliswaar is er nog fossiele energie voor honderd jaar of meer, maar de noodzaak om het CO₂-gehalte onder een bepaalde grens te houden, beperkt de mogelijkheid om de resterende olie en kolen te gebruiken. Een behoedzaam scenario waarbij de temperatuurstijging binnen veilige grenzen blijft, zou betekenen dat het grootste deel van de nog resterende voorraden fossiel in de grond moet blijven zitten, waarmee de ruimte om de overstap te maken naar duurzame energie een stuk beperkter is geworden.

De meeste energiedeskundige pleiten voor een energiemodel waarbij alle opties open blijven (PbL en ECN, 2011). Geen van de alternatieven voor fossiel is op zich voldoende om de vraag naar energie op de korte of middellange termijn te dekken. Zelfs met alle vormen van hernieuwbare energie bij elkaar komen we nog te kort. De uitdaging is het huidige, vooral fossiele energieaanbod zo schoon en efficiënt mogelijk in te zetten, maar tegelijkertijd met alle macht in te zetten op onderzoek naar en ontwikkeling van duurzame, hernieuwbare alternatieven. Met energiebesparing en -efficiëntie kunnen we overigens in potentie één van de grootste bijdragen leveren aan een reductie van ons energiegebruik. Dit kennisdossier focust echter op het andere deel van de oplossing: de noodzakelijke overstap naar een alternatief energieaanbod. Het gaat om de vraag hoe de mensheid in de toekomst kan voorzien in de (stijgende) vraag naar energie.

Dit dossier gaat niet in op andere onderdelen van de noodzakelijke vergroening van de economie. Ook de klimaatdiscussie, inclusief instrumentaria als CO₂-handel en het zogenoemde *Clean Development Mechanism* zullen slechts zijdelings aan de orde komen. In het eerst hoofdstuk schetsen we de uitdagingen die voortvloeien uit onze 'verslaving' aan fossiele brandstoffen: hoeveel fossiel is er nog?; welke gevolgen heeft de naderende uitputting van de fossiele voorraden voor onze samenleving? In het tweede hoofdstuk gaan we in op de diverse mogelijkheden voor duurzame energievoorzieningen. Hoofdstuk drie behandelt het bestaand energiebeleid van overheden, de politiek en het bedrijfsleven. Het vierde hoofdstuk laat zien hoe een aantal stakeholders concrete stappen kunnen zetten richting duurzame energie.

HOOFDSTUK 2

PROBLEMEN MET EN BEPERKING VAN FOSSIELE BRANDSTOFFEN

Duurzame energie voor iedereen

In vrijwel alle mogelijke scenario's neemt de mondiale energiebehoefte de komende decennia toe. Zelfs wanneer het aangekondigde beleid omtrent efficiënter energiegebruik en minder uitstoot van CO₂ daadwerkelijk doorzet en nieuwe beleidsmaatregelen tot stand komen, zal de mondiale vraag naar energie tussen 2009 en 2035 naar schatting met 40% stijgen (IEA, 2011, p 69 e.v.) Verreweg het grootste gedeelte van die vraagontwikkeling is afkomstig uit 'opkomende landen'.

Ontwikkeling is ondenkbaar zonder een drastische stijging van energiegebruik (VN, 2012). De kloof tussen het energiegebruik in de rijke landen en in arme landen zal de komende decennia moeten dalen om aan de vraag te voldoen. De Verenigde Naties hebben 2012 uitgeroepen tot het jaar van Duurzame Energie voor Iedereen (Sustainable Energy for All). Toegang tot energie is een noodzakelijke voorwaarde voor ontwikkeling. Op dit moment hebben 1,3 miljard mensen geen toegang tot elektriciteit. 2,7 miljard mensen hebben geen mogelijkheid om duurzaam en veilig te koken. Om in 2030 universele toegang te krijgen tot moderne energievoorzieningen is een jaarlijkse investering nodig van zo'n 40 miljard euro per jaar, zo calculeert het IEA (2011). Dat is ruim vijf keer zoveel als nu wereldwijd besteed wordt aan het vergroten van toegang tot energie. Het verzekeren van toegang tot energie voor de mensen die daar nu van verstoken zijn (met name in sub-Sahara Afrika en Azië) heeft op zich slechts een geringe toename van het mondiale energiegebruik tot gevolg. Het mondiale verbruik van elektriciteit zal, als gevolg van universele toegang tot energie in 2030, slechts met 2,5% toenemen en de uitstoot van CO₂ zal met 0,7% stijgen. Dat is een geringe prijs om te betalen voor de ontwikkelingskansen van miljarden mensen, stelt het IEA. Ingrijpender zijn de gevolgen van het toenemend energiegebruik van 'de snelle

	1980	2000	2009	2015	2020	2030	2035	2009-2035*
Totaal rijke landen	4.067	5.292	5.236	5.549	5.575	5.640	5.681	0.3%
Noord Amerika	2.102	2.695	2.620	2.780	2.787	2.835	2.864	0.3%
Verenigde Staten	1.802	2.270	2.160	2.285	2.264	2.262	2.265	0.2%
Europa	1.501	1.765	1.766	1.863	1.876	1.890	1.904	0.3%
Azië en Oceanië	464	832	850	906	912	914	912	0.3%
Japan	345	519	472	498	490	481	478	0.0%
Totaal ontwikkelingslanden	2.981	4.475	6.567	8.013	8.818	10.141	10.826	1.9%
Oost Europa	1.242	1.001	1.051	1.163	1.211	1.314	1.371	1.0%
Rusland	**	620	648	719	744	799	833	1.0%
Azië	1.066	2.172	3.724	4.761	5.341	6.226	6.711	2.3%
China	603	1.108	2.271	3.002	3.345	3.687	3.835	2.0%
India	208	460	669	810	945	1.256	1.464	3.1%
Midden Oosten	114	364	589	705	775	936	1.000	2.1%
Afrika	274	505	665	739	790	878	915	1.2%
Latijns Amerika	284	432	538	644	700	787	829	1.7%
Brazilië	114	185	237	300	336	393	421	2.2%
Wereld totaal	7.219	10.034	12.132	13.913	14.769	16.206	16.961	1.3%
Europese Unie	**	1.683	1.654	1.731	1.734	1.724	1.731	0.2%

* gemiddelde jaarlijkse groei

** niet beschikbaar

Figuur 1: Mondiale vraag naar energie per regio (in: miljoenen tonnen olie-equivalent)
(Bron: IEA, 2011)

groeiers', zoals China, India en Brazilië. Deze landen zullen de komende jaren fors meer energie gaan gebruiken. Fossiele brandstoffen zullen daar zonder enige twijfel een rol in spelen. In China, bijvoorbeeld, groeit het aantal kolencentrales sterk. Een belangrijke inzet van de mondiale klimaatdiscussie is het vraagstuk om in deze gebieden de belangen van toenemende welvaart voor honderden

miljoenen mensen te verenigen met het mondiale belang van klimaatbeheersing. In de rijke landen (de landen die lid zijn van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, OESO) zal de energiebehoefte tussen 2009 en 2035 met gemiddeld 0,3% per jaar toenemen (IEA, 2011). Dat is althans de voorspelling binnen een beleid dat ernaar streeft het CO₂-gehalte in de lucht beperkt te houden (tot 450 deeltjes per miljoen, ppm). De rijke landen, met de VS voorop, hebben nog steeds verreweg het grootste energieverbruik per capita ter wereld. In deze gebieden zal het gebruik van fossiele brandstoffen het meest drastisch teruggedroefd moeten worden.

Gezien de eindigheid van fossiele brandstoffen én de gevolgen van het verbranden van olie, gas en kolen voor het klimaat is het van het grootste belang dat de overgang naar duurzame energiebronnen en een drastische reductie van CO₂-uitstoot zo snel en zo doeltreffend mogelijk wordt ingezet.

Fossiele brandstoffen en het klimaat

Het verbranden van fossiele brandstoffen leidt tot de uitstoot van het broeikasgas koolstofdioxide (CO₂). De verbranding van fossiele brandstoffen is verantwoordelijk voor minstens 6% van de totale CO₂-uitstoot, zo berekende het Internationaal Klimaatpanel IPCC. Een deel daarvan (2%) wordt opgenomen door bossen en oceanen, maar de uitstoot van CO₂ is al decennialang hoger dan de absorptiecapaciteit van de aarde (IPCC, 2007). Dit leidt tot hogere concentraties CO₂ in de atmosfeer en die hogere concentraties leiden tot klimaatveranderingen (zoals opwarming van de aarde met als gevolg het smelten van ijskappen en stijging van de zeespiegel).

Over het feit dát de mens het klimaat beïnvloedt is nauwelijks nog discussie. Er zijn wel 'klimaatsceptici' die menen dat het aandeel van de mens (naast de 'natuurlijke' oorzaken van klimaatverandering) relatief gering is. Een van de belangrijkste klimaatsceptici, de Amerikaanse wetenschapper Richard Muller, verbonden aan de Universiteit van California, moest in een recente studie erkennen dat de gegevens over klimaatverandering, zoals die de laatste jaren zijn verzameld door onder andere de NASA, grotendeels bleken te kloppen (Volkskrant, 2011).

Een andere klimaatscepticus is de Deense politicoloog Bjørn Lomborg. Ook Lomborg twijfelt niet aan de ernst van het probleem. Lomborg erkent, onder andere in een interview met het blad The New Statesman, dat het klimaatprobleem door de verbranding van fossiele brandstoffen is veroorzaakt (New Statesman, 2010). Zijn scepsis richt zich vooral op de huidige pogingen om het klimaatprobleem aan te pakken, zoals bijvoorbeeld in gang gezet vanuit de klimaatonderhandelingen in Kyoto (het Kyoto-protocol uit 1997).

In 2010 leidde het gebruik van fossiele brandstoffen tot de uitstoot van 30 miljard ton CO₂. Een stijging van 5,3% in vergelijking met een jaar eerder (IEA, 2011). Ondanks de economische crisis is ook in 2011 de uitstoot van CO₂ gestegen, met zo'n 3%. Naar verwachting zal de uitstoot in 2012 lager uitvallen als gevolg van de economische teruggang. Tijdens klimaatonderhandelingen in Cancun (2010) is afgesproken dat het streven is om de hoeveelheid CO₂ in de atmosfeer in 2035 niet verder te laten stijgen dan tot 450 ppm. Dat zou ongeveer neerkomen op een gemiddelde temperatuurstijging van zo'n twee graden. De huidige hoeveelheid is zo'n 385 ppm. Recente onderzoeken, onder andere vanuit Engeland door de hoogleraar Energie & Klimaatverandering Kevin Anderson en door James Hansen van de NASA, lijken uit te wijzen dat 450 ppm al tot te veel schade leidt (bijvoorbeeld niet 2 graden temperatuurstijging maar eerder 4 graden) en dat we moeten mikken op een maximum van 350 deeltjes per miljoen in 2035 (Anderson en Bows, 2010 en Hansen en Sato, 2011).

De vermindering van uitstoot is de basis van het internationale 'mitigatiebeleid', zoals afgesproken in het Kyoto-protocol en de klimaatonderhandelingen daarna. Een van de afspraken was, dat de Europese Unie de uitstoot in 2012 met 8% zou verminderen ten opzichte van 1990. Dat hoeft overigens niet per se te betekenen dat de uitstoot door het verbranden van fossiele brandstof daadwerkelijk wordt verminderd: de uitstoot kan ook gecompenseerd worden door bijvoorbeeld bomen te planten of door elders de uitstoot te beperken (Zie: www.hier.nu).

Hoeveel fossiel is er nog?

Fossiele brandstoffen – aardolie, aardgas, steenkool en bruinkool – zijn per definitie eindig. Ze zijn ontstaan uit planten- en dierenresten van miljoenen jaren geleden. Het is, in zekere zin, gestolde zonne-energie. Het belangrijkste voordeel van fossiele brandstof is het gebruiksgemak: deze brandstoffen bezitten een enorme hoeveelheid energie per inhoudsmaat. Ter illustratie: een vat aardolie van 160 liter bevat evenveel energie als 22.000 uur fietsen (Bron: www.fusie-energie.nl).

De vraag wanneer fossiel opraakt is niet eenvoudig te beantwoorden. Het juiste antwoord is waarschijnlijk: nooit. Er zal altijd fossiele brandstof zijn. Een betere vraag is hoe lang er nog winbare fossiele brandstof is. Dat hangt, onder andere, af van de brandstofsoort: er is bijvoorbeeld nog veel meer steenkool dan aardolie.

De geschatte hoeveelheid **aardolie** die ons nog rest varieert: er worden nog steeds nieuwe bronnen gevonden. Ook stellen sommige landen en oliebedrijven hun voorraden regelmatig bij: olie- of gasvelden blijken groter of kleiner dan verwacht, nieuwe technieken maken winning van voorheen onmogelijke voorraden

ineens betaalbaar en haalbaar. De 'bewezen reserve' winbare aardolie bedraagt zo rond de 1.500 miljard vaten (BP, 2011). Maar er zijn ook nog veel olievoorraden die niet precies in kaart zijn gebracht. Volgens het International Energy Agency zijn er nog zo'n 5.500 miljard vaten winbare olie (IEA, 2011). Gemeten naar het huidige gebruik (ongeveer 33 miljard vaten per jaar) zou er nog genoeg olie zijn voor de komende 166 jaar. Er zitten echter addertjes onder het gras. Ongeveer de helft van de olie die ons rest bestaat uit extra zware soorten of is verpakt in teergronden of gesteenten (schalieolie). De winning daarvan is ingewikkeld, gaat gepaard met grote milieuschade of vergt veel energie. Een flink deel van de oliereserves bevindt zich ook in kwetsbare gebieden, zoals regenwouden, oceaانبodems en ook in de poolgebieden worden grote voorraden fossiele brandstof vermoed. De U.S. Geological Survey schatte in 2008 dat zich in Antarctica alleen al een vijfde deel van 's werelds onontdekte olie- en gasvoorraden bevindt (Bron: NRC 24-07-2008).

De toekomst van **aardgas** zien er iets gunstiger uit dan die van olie. De winbare hoeveelheid conventioneel gas is nog voldoende voor de komende 120 jaar, gemeten naar huidig gebruik (IEA, 2011). Naar verwachting zal aardgas de komende jaren in de meeste landen een steeds grotere rol spelen in de energievoorziening. Vooral in de transitie richting duurzaamheid kan gas een belangrijke overbruggende rol spelen. Gas levert over het algemeen minder CO₂-uitstoot op dan aardolie, laat staan steenkool. Maar ook voor de winning van de nog aanwezige gasvoorraden moeten de grote energiebedrijven steeds meer uitwijken naar kwetsbare gebieden, zoals bijvoorbeeld in de oceaانبodem en naar soorten waarvan de winning gecompliceerd en vervuilend is, zoals schaliegas.

Wereldwijd is **steenkool** het ruimst voorradig, met een wereldwijde reserve van zo'n duizend miljard ton, genoeg voor zo'n 150 jaar gemeten naar het verbruik in 2009. De steenkoolreserve bevat ruim drie keer zoveel energie als de gasvoorraad en 2,5 keer zoveel als de olievoorraad (IEA, 2011). Vooral in opkomende markten zal volgens projecties van de International Energy Agency de vraag naar kolen toenemen. Alleen al China zal naar verwachting de helft van het toenemende kolenverbruik voor z'n rekening nemen. Direct daarna volgen India en Indonesië. De snelle stijging van het kolenverbruik is uiterst zorgwekkend; van de drie belangrijkste fossiele brandstoffen is steenkool met afstand de meest vervuilende.

Hoe winnen we de laatste olie?

Een groot gedeelte van de aardolie die nog resteert is erg moeilijk te winnen. Schalieolie kan worden gewonnen door dit gesteente onder hoge druk te 'kraken'. Teerzanden zijn grondsoorten van zand en klei waarin bitumen zit gemengd. Bitumen kan tot aardolieproducten worden verwerkt. Vooral in Canada en het Venezolaanse Orinocogebied zijn grote hoeveelheden teerzanden. De winning hiervan is extreem milieuvriendelijk: enorme oppervlakten land/bos moeten worden afgegraven, het afvalwater kan het oppervlaktewater vervuilen. Een bijkomend probleem is dat de winning van deze oliebronnen veel energie kost.

De olie die de afgelopen eeuw is gewonnen was te beschouwen als het 'laaghangende fruit'. De rest van de olie is steeds moeilijker te winnen. In het begin van de vorige eeuw kostte het naar schatting de energie van één vat olie om er driehonderd te winnen. Bij de huidige olievelden kan je met één vat olie nog maar zo'n 20 vaten naar boven halen. Bij teerzandolie moet voor ieder vat gewonnen olie

De échte prijs van olie

Een vat ruwe Brent-olie kost tegenwoordig (juli 2012) 95 dollar op de wereldmarkt. Daarmee worden de kosten gedekt van de hele keten van opsporing tot en met transport naar de raffinaderijen. Plus de inkomsten van de producerende landen én de winst voor de oliemaatschappijen (de winst van Shell bedroeg in 2011 ruim 28 miljard dollar, die van Exxon ruim 40 miljard). Olierijke landen als Nigeria, Sudan en Irak ervaren dat de productie van strategische grondstoffen als olie nog andere belangrijke kosten met zich meebrengen. We hebben het dan over zaken als de vervuiling, de maatschappelijke ontwrichting als gevolg van corruptie, de militaire kosten als gevolg van maatschappelijke instabiliteit, die worden veroorzaakt door de oliewinning.

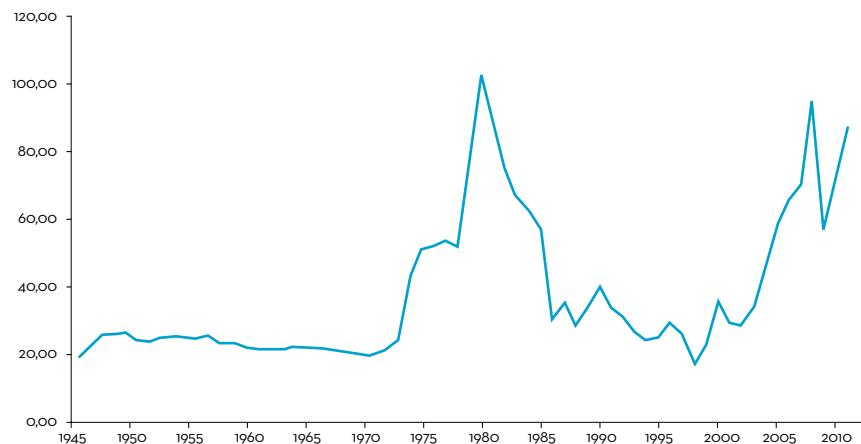
De Amerikaanse beleggingsadviseur Steve Christ betoogt bijvoorbeeld dat het niet onredelijk is om de kosten van de oorlog in Irak te voegen bij de kosten van oliewinning. Voor de Amerikaanse situatie zou dit betekenen, volgens Christ, dat de 700 miljoen vaten olie die de VS jaarlijks uit de Perzische Golf afnemen geen 100 dollar per vat zouden moeten kosten, maar meer dan 500 dollar, vanuit de gedachte dat de helft van het Amerikaanse defensiebudget van 685 miljard dollar besteed wordt om de toevoer van olie te verzekeren (Zie: www.wealthdaily.com).

in veel gevallen meer dan een half vat olie aan energie worden besteed (Bron: wikipedia). De totale uitstoot van broeikasgassen voor het winnen van deze olie is daarmee gelijk een stuk hoger. Winning van olie is in absolute termen niet meer rendabel als voor ieder vat gewonnen olie méér dan een vat olie moet worden besteed. De grens van de economische haalbaarheid is al veel eerder bereikt. Het winnen van olie uit teergronden is pas (beperkt) mogelijk dankzij de stijging van de olieprijs na 1973.

Prijzontwikkeling

Naar verwachting zal de stijgende prijs een belangrijk drukkend effect hebben op de vraag naar olie. Hoe duurder de fossiele brandstoffen, des te goedkoper (in vergelijking) worden de hernieuwbare alternatieven. Tegelijkertijd wordt door het stijgen van de prijs ook het exploiteren van de laatste restjes olie economisch rendabel. Juist het winnen van de ‘lastige’ olievoorraden kan gepaard gaan met grote milieuschade en uitstoot van broeikasgassen.

Hoe hoog de prijs uiteindelijk kan worden is niet te voorspellen. In het jaar 2000 voorspelde het IEA nog dat een vat ruwe olie in 2020 niet meer zou kosten dan 28 dollar. In juli 2008 piekte de prijs van een vat olie tot 147 dollar: ruim 5 keer hoger dan de voorspelling van de deskundigen! Op korte termijn is de olieprijs vooral afhankelijk van (angst voor) politieke ontwikkelingen en oorlogsdreiging. Een oorlog tussen de VS en/of Israël en Iran zou er bijvoorbeeld toe kunnen



Figuur 2: Ontwikkeling olieprijs sinds WO-II (in US dollars per vat, gecorrigeerd naar inflatie)
(Bron: www.olie-prijs.com)

leiden dat de Iraanse olie tijdelijk wegvalt. Dan zou de prijs voor een vat Brent olie kunnen stijgen tot 270 dollar (begin juli 2012 nog 95 dollar. (Business insider, 2012). De heftige korte-termijn-schommelingen van de afgelopen jaren kunnen niet verhullen dat de prijs van olie vanaf het begin van deze eeuw snel aan het stijgen is.

Peakoil

Ook uit de theorie van Peakoil volgt onontkoombaar een dramatische stijging van energieprijzen. Volgens dit model vertoont de opbrengst van een individueel olieveld, maar óók van de totale mondiale olieproductie, een klokvormige grafiek (de zogenoemde Hubbert curve). De productie neemt aanvankelijk langzaam en dan steeds sneller toe, tot op een gegeven moment een piek wordt bereikt. De helft van de olievoorraad is dan gewonnen. Vervolgens moet steeds meer toevlucht worden genomen tot lastiger boven te halen olie. Als gevolg daarvan zal de productie eerst langzaam en dan steeds sneller afnemen. Volgens vele deskundigen wordt de piek bereikt tussen 2010 en 2030. De olieproductie zal snel gaan afnemen, of is daadwerkelijk al aan het afnemen. Omdat de vraag naar olie in dezelfde periode zal stijgen, ligt het in de lijn der verwachtingen dat de prijs van olie de komende periode fors zal oplopen. Onderzoek uit 2010 in opdracht van Richard Branson, oprichter en bestuursvoorzitter van de Britse Virgin Group, concludeerde dat binnen 5 jaar een ‘oil crunch’ zal plaatsvinden met grote prijsstijgingen (Guardian, 2010). De piek voor gas en steenkool zal een paar decennia later plaatsvinden (Bron: www.peakoil.nl).

Subsidie voor fossiel

Ondanks de snel slinkende voorraden stimuleren overheden wereldwijd het gebruik van fossiele brandstoffen met miljarden euro's aan subsidies. Volgens het Internationaal Energie Agentschap (2011) werd het gebruik van fossiele brandstof in 2010 met in totaal 409 miljard dollar gesubsidieerd. Subsidie voor hernieuwbare brandstoffen bedragen zes keer minder, namelijk 66 miljard dollar. Tijdens de Rio+20 Milieutop, eind juni 2012 gehouden in Rio de Janeiro, werd tot teleurstelling van velen niet besloten tot het afschaffen van subsidies op fossiel.

Volgens een rapport van het bureau Ecofys subsidieert de Nederlandse overheid fossiele brandstof vier keer zo zwaar als duurzame energievoorziening (5,8 versus 1,5 miljard euro).

Bron: www.duurzaamnieuws.nl/bericht.rxml?id=66053.

Olie en geopolitiek - conflicten om olie

De belangen van landen om toegang te krijgen en te houden tot olievoorraden, zijn enorm. De mensheid is afhankelijk van olie. In het licht van de snelle prijsstijging van 2008 schreven energie-adviseur Jan Hein Jesse en prof Coby van de Linden, directeur van het internationaal energieprogramma van Instituut Clingendael: "The tight oil or liquids balance is bound to result in more nervous and sometimes confrontational relationships between the major consumer regions and the natural resource holding countries, as well as among the major consuming countries themselves." (Jesse en Van der Linden, 2008).

De oliebelangen zijn zonder enige twijfel groot genoeg om oorlog over te voeren. De onrust in het Midden-Oosten (Irak, Iran) is voor een groot gedeelte terug te voeren op het belang van deze landen in de mondiale energievoorziening. Conflicten om olie zijn trouwens niet beperkt tot instabiele regio's. Tussen Canada en de EU woedt, begin 2012, een stille handelsoorlog om de Canadese teerzanden. Deze teerzanden worden beschouwd als de grootste bron van fossiele brandstof na de olievoorraden in Saoedi Arabië. Canada wil deze olierijke gronden graag verder exploiteren (daarbij onder andere geholpen door Shell), maar de EU dreigt de Canadese teerolie in de ban te doen ([Guardian, 2012](#)). Stijgende olieprijsen hebben ook gevolgen voor de mondiale economie. De huidige financiële crisis lijkt deels veroorzaakt door de hogere prijzen van olie. De Tweede Kamer gaf in maart 2012 de regering opdracht om uit te zoeken in hoeverre de stijgende olieprijsen effect hebben gehad op de Nederlandse economie. Tegelijkertijd heeft de economische teruggang ook een drukkend effect op de hoge olieprijsen (Van Geuns, 2011). Minder economische groei betekent immers minder bedrijvigheid en dus minder energieverbruik.

De stijgende olieprijsen lijken goed nieuws voor olieproducerende landen. Afhankelijk van de deals die de olielanden hebben afgesloten met de oliemaatschappijen kan het zwarte goud inderdaad de financiële situatie sterk verbeteren, en daarmee ook voor ontwikkeling zorgen. De praktijk leert echter dat olierijkdommen in slecht bestuurde, ondemocratische landen toevallen aan een kleine elite en verspreid worden op basis van een systeem van corruptie. De kloof tussen arm en rijk neemt eerder toe dan af en de absolute armoede op de bodem van de piramide verergert: de vloek van de olie. Princeton hoogleraar Michael Ross toont in zijn boek 'The oil Curse' (2012) aan dat landen met omvangrijke oliereserve gemiddeld minder democratisch zijn, meer te kampen hebben met geweld, over zwakkere politieke instituties beschikken en dat in deze landen bovendien meer ongelijkheid tussen mannen en vrouwen bestaat.

Het voorbeeld van Nigeria laat zien hoe de aanwezigheid van olie een land eerder in de problemen kan brengen dan dat het 'zwarte goud' een oplossing biedt voor armoede. De econoom en Nobelprijswinnaar Joseph Stiglitz ziet vier redenen voor deze 'vloek van de olie' (die trouwens ook geldt voor andere grondstoffen). Ten eerste leidt het vooruitzicht van grote rijkdom tot graaigedrag, tot conflicten en corruptie. Ten tweede maakt het een land afhankelijk van de grillige prijsontwikkeling van de grondstof in kwestie. Ten derde leveren grondstoffen wel rijkdom op, maar veel minder banen. Natuurlijke rijkdommen verdringen vaak andere economische sectoren. De vierde reden is dat de toevloed van oliegeld leidt tot een opwaardering van de nationale munt (dit is de zogenoemde 'Hollandse ziekte') en een verslechtering van de exportmogelijkheden ([Volkskrant, 2004](#)).

Een complicerende factor is dat, met de stijgende olieprijs, het steeds lucratiever wordt om ook kleinere olievelden te gaan exploiteren. Het aantal (toekomstige) olieproducerende landen is de laatste jaren enorm toegenomen: een aantal landen in Afrika, rond de Kaspische zee en in Zuid-Oost Azië hebben zich gevoegd bij het rijtje olie-exporteurs. Een aantal van die landen (Tsjaad, Somalië, Equatoriaal Guinee, Birma, Oost-Timor) zijn politiek instabiel en ondemocratisch of hebben al te maken met interne conflicten. Verdere escalatie gevoed door de olierijkdom lijkt een kwestie van tijd.

HOOFDSTUK 3

DUURZAME ALTERNATIEVEN

Duurzame energie is energie die nog ruim voorradig is en waarvan het gebruik het leefmilieu van ons en van toekomstige generaties niet aantast. Bio-energie en waterkracht zijn voorbeelden. Hernieuwbare energie is een vorm van duurzame energie die niet opraakt en/of die constant weer aangevuld kan worden. Voorbeelden zijn zonne-energie, windenergie en geothermische energie. Kernenergie is volgens sommigen ook duurzaam, in de zin dat het niet bijdraagt aan CO₂-uitstoot.

Algemene uitdagingen met betrekking tot de grootschalige inzet van duurzame energiebronnen zijn: ontbrekende technologie, gebrekkige opslagmogelijkheden, transport van energie, onzekerheid van bepaalde energiebronnen, het afstemmen van aanbod en vraag, de prijs per opgewekte eenheid.

Elektriciteit

Energie is niet altijd op de plek waar je het nodig hebt. Je moet het dus vervoeren. Fossiele brandstoffen zijn makkelijk te vervoeren. Maar hoe vervoer je zonne-energie? Windenergie? Waterkracht? Om deze energiebronnen te vervoeren moeten ze omgezet worden in een energiedrager. De meest gebruikte energiedrager is elektriciteit: elektriciteit vervoert zichzelf via een kabel en is bovendien voor veel toepassingen te gebruiken. Ook produceert de elektromotor geen afvalstoffen en maakt weinig herrie. Het gebruik van elektriciteit neemt steeds meer toe. In de ontwikkeling naar een CO₂-arme toekomst is elektrificatie één van de belangrijkste peilers. Zelfs de bestuursvoorzitter van Shell, Peter Voser, voorziet een groei van elektrisch rijden. Al schat hij dat met 40% in 2050 volgens anderen conservatief in (Bron: www.greencarreports.com). Elektriciteit heeft ook nadelen: je hebt een snoer - of een netwerk - nodig ofwel een zware batterij. Vooral voor de transportsector is het geringe vermogen en het hoge gewicht van de batterij of accu een uitdaging.

Zonne-energie

Ieder uur levert de zon evenveel energie aan de aarde als de hele mensheid in een heel jaar gebruikt (IPCC, 2011b). Met andere woorden: meer dan de zon hebben we in principe niet nodig voor onze hedendaagse energiebehoefte. De uitdaging is echter deze energie op te vangen, te veranderen in de energiesoort die we nodig hebben en op de plaats te brengen waar we de energie willen gebruiken. De energie van de zon wordt momenteel op twee manieren direct 'geogst': het zonlicht wordt opgevangen met zonnepanelen (Photo Voltaïc, ofwel PV) en de zonnewarmte wordt opgevangen met gebogen spiegels (*concentrated solar power*, CSP). Beide methoden hebben voordelen en beperkingen. (Er is overigens ook een derde, veelgebruikte manier om zonne-energie bruikbaar te maken en dat is fotosynthese. Dit is het proces waarbij lichtenergie wordt gebruikt om kooldioxide om te zetten in koolhydraten. Dat is de manier waarop planten groeien. Fossiele brandstof en biobrandstof zijn dus het resultaat van fotosynthese).

Zonnepanelen bestaan meestal uit twee lagen silicium waartussen onder invloed van (zon)licht een stroompje gaat lopen. Het grote voordeel is dat er geen direct zonlicht en ook geen hoge temperaturen nodig zijn om energie op te wekken, zodat ook in landen met gematigd klimaat zonnepanelen een rendabele oplossing zijn. Een ander voordeel is dat de zonnepanelen direct stroom opleveren. Er is geen apparaat (zoals een stoommachine of een *sterling* motor) nodig om de warmte of straling om te zetten in stroom. Dat maakt zonnepanelen (met accu) handig als *stand-alone* optie; bijvoorbeeld op een woonhuis, of op de boot of camping. Toch zijn veel zonnepanelen gekoppeld aan het lichtnet. Het voordeel daarvan is dat huishoudens op dagen dat de zon meer energie levert dan ze nodig hebben, de stroom kunnen verkopen aan het elektriciteitsnetwerk. In veel landen krijgen ze daarvoor een speciaal tarief (*feed-in tariff*) waarmee de overheid het duurzaam opwekken van energie kan stimuleren. In Nederland is de subsidievoorziening van duurzame energie de afgelopen jaren wisselend en onzeker geweest waardoor Nederland relatief achterloopt in de transitie richting onder andere zonne-energie.

In landen relatief dicht bij de evenaar met veel zonne-uren is CSP een goede optie. Bij CSP wordt het zonlicht opgevangen door gebogen spiegels en naar een klein oppervlakte samengebracht. Daar ontstaan dan temperaturen van wel duizend graden. Daarmee kan stoom worden gemaakt en daarmee vervolgens elektriciteit. Het omzetten van de warmte in elektriciteit is pas de moeite waard bij voldoende grote hoeveelheden. Deze techniek is relatief oud en wordt al sinds decennia op enkele plaatsen commercieel uitgebuit. In de Amerikaanse staat California wordt op deze manier ruim 350 MW opgewekt. Een nadeel van CSP

is dat het systeem niet werkt als de zon niet direct schijnt: op een bewolkte dag levert CSP geen energie.

De grootste zonne-centrales

1. Golmud (PV)	China	200 MW
2. SEGS VIII (CSP)	USA	160 MW
3. SEGS III (CSP)	USA	150 MW
4. Solnova (CSP)	Spanje	150 MW
5. Andasol (CSP)	Spanje	150 MW

Als we denken aan (CSP) zonne-energie voor Europa, dan kijken we al snel naar het zuiden. Dichter bij de evenaar staat de zon rechter op het aardoppervlakte, is het warmer en zijn er minder verschillen tussen zomer en winter. Regionaal kan daarnaast het aantal zonne-uren aanmerkelijk verschillen. In zuid-Spanje zijn de condities wat Europa betreft het meest ideaal, niet toevallig staan de grootste zonnecentrales van Europa bij het zuid-Spaanse Sevilla.

Centrale opwekking van zonne-energie heeft een groot nadeel: het ruimtebeslag. Daarom kijkt de organisatie Desertec wereldwijd naar de rol die woestijnen kunnen spelen in de energievoorziening. In woestijnen schijnt de zon relatief vaak én er wonen over het algemeen weinig mensen. De Sahara is één van de woestijnen die dan op het netvlies komen. Naar schatting moeten er 50.000 vierkante kilometer Sahara worden volgebouwd met spiegels om de Europese energiebehoefte te dekken. Dat lijkt heel veel (ruim de oppervlakte van heel Nederland!),

Smart grids

Voor de aanvoer van zonne- en windenergie gebeurt niet gelijkmatig. Het waait niet altijd en 's nachts is er geen zonlicht. Op andere momenten waait het zo hard dat er meer energie wordt opgewekt dan op dat moment kan worden afgenomen. Smart grids (slimme netwerken) moeten het probleem van schommelingen in de elektriciteitsaanvoer uitvlakken. Een smart grid gebruikt digitale technieken om elektriciteitsvraag en -aanbod op elkaar te laten aansluiten. Door digitale technieken wordt het ook makkelijker om grotere elektriciteitsnetwerken (super grids) te creëren waardoor pieken en dalen in elektriciteitsaanbod en -vraag worden afgevlakt.

maar het is slechts een klein gedeelte van de hele Sahara. In Spanje zou minstens 100.000 vierkante kilometer nodig voor dezelfde energieopbrengst. De plannen voor het opwekken van zonne-energie in de Sahara is in eerste instantie gericht op de stroomvoorziening in Noord-Afrika zelf. Nederlander Paul van Son, bestuursvoorzitter van EFET, European Federation of Energy Traders, is één van de drijvende krachten achter energie uit de Sahara: "Het heeft weinig zin om stroom uit de Sahara naar Europa te vervoeren als het gebied waar je de stroom opwekt nog steeds op fossiel draait. De grote winst boek je door de lokale energievoorziening duurzaam te maken. Voor olieproducerende landen is het veel gunstiger om de olie te exporteren en voor de lokale energie wind en zon te gebruiken." (One World, 2012).

“WE THINK BY 2050, ROUGHLY 40 PERCENT OF THOSE 2 BILLION CARS WILL BE ELECTRIC.”

PETER VOSER (SHELL)

Windenergie

Windenergie is – ‘*well-to-wheel*’ – de meest schone vorm van energieopwekking. Overal in Nederland, maar ook in veel andere landen, verschijnen windturbines in het landschap en op zee. Het grootste bezwaar van windenergie is misschien ook wel de ‘horizonvervuiling’ van de moderne windmolens.

Windenergie is al eeuwen lang een veelgebruikte energiebron: windmolens waren er al vele eeuwen voor onze jaartelling. Hoewel Nederland wereldwijd bekend staat om haar windmolens, heeft Denemarken ons land de loef afgestoken in de moderne toepassing van windenergie. Ongeveer een kwart van de Deense elektriciteitsbehoefte wordt gedekt door windmolens. Dankzij de verbinding met het elektriciteitsnetwerk van Noord-West-Europa kunnen de fluctuaties in het energie-aanbod worden opgevangen. Overtollige Deense energie wordt bijvoorbeeld opgeslagen door water op te pompen naar stuwwerken in Noorwegen.

In Nederland is het aandeel windenergie in de totale elektriciteitsbehoefte veel lager. Ongeveer 4,5 procent van onze elektriciteitsvoorziening wordt geleverd door de ruim 2.000 windturbines die in Nederland staan opgesteld. Die hebben een totaal vermogen van meer dan 2.000 MW. De planning is dat windenergie in

2050 misschien wel de helft van onze stroom zal leveren. Dat kan onder andere omdat windturbines steeds groter worden. De windmolens die nu in het landschap staan leveren per stuk ongeveer 3 MW op. De nieuwste modellen zijn al goed voor 7 MW, met wieken met een diameter van ruim meer dan 100 meter (Zie: www.nwea.nl/windenergie-de-feiten).

De grootste *on shore* windparken staan in de VS

1. Roscoe	USA	782 MW
2. Horse Hollow	USA	736 MW
3. Tehachapi	USA	705 MW

De grootste *off shore* windparken staan in de Noordzee:

1. Walney	GB	367 MW
2. Thanet	GB	300 MW
3. Horns Rev 2	Denemarken	209 MW

Biomassa

Voor miljarden mensen is biomassa de belangrijkste energiebron; zij gebruiken nog steeds brandhout of houtskool om eten te koken of water te verwarmen. Maar liefst tien procent van de wereldwijde energie komt van dit gebruik van biomassa (IPCC, 2011b). En dat is allesbehalve duurzaam. In principe is biobrandstof CO₂-neutraal: het verbranden van biomassa stoot evenveel CO₂ de lucht in als de planten tijdens hun groeiperiode hebben opgenomen. Als de uitgestoten broeikasgassen bij verbranding van biobrandstof worden opgevangen en opgeslagen (CCS), dan is er zelfs sprake van negatieve uitstoot (IPCC, 2011b)! Het grote voordeel van biobrandstof als moderne energiebron is dat het

Energieopslag

Opslag van energie is een knelpunt. Vooral de opslag van elektriciteit vergt grote, zware batterijen. Echte grootschalige opslag van elektriciteit kan alleen door de elektrische energie om te zetten in een andere vorm, en daarbij gaat een aanzienlijke hoeveelheid energie verloren. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld om met een tijdelijk surplus aan energie water omhoog te pompen in hooggelegen reservoirs, om dat in tijden van energietekort weer naar beneden te laten stromen en daarmee een turbine aan te drijven.

een bewezen techniek is. In Brazilië, bijvoorbeeld, tanken auto's al decennialang ethanol gewonnen uit suikerriet. Biobrandstof kan zonder veel problemen gemengd worden met 'gewone' benzine of diesel. In Nederland, maar ook in andere landen, leveren (afval)verbrandingsovens flinke hoeveelheden energie aan het elektriciteitsnet.

Tien jaar geleden werd biobrandstof nog in brede kringen omhelsd als een belangrijk instrument tegen het klimaatprobleem en de schaarste van fossiele brandstoffen. Inmiddels is rondom biobrandstof een verhitte discussie losgebarsten. Voor sommige boeren is de vraag naar deze brandstof een zegen. De internationale federatie van landbouwers (IFAP) concludeert dat biobrandstof een nieuwe mogelijkheid voor boeren betekent om producten te verkopen, biobrandstof zorgt daarnaast voor risicospreiding en draagt bij aan de ontwikkeling van het platteland (FAO, 2008). Ook een bedrijf als Shell zet in op biobrandstof als alternatief op de middellange termijn voor fossiel. Volgens het Planbureau voor de Leefomgeving kan Nederland biomassa in de overgang naar duurzaam niet zonder biomassa. Zelfs als dat betekent dat we biomassa zullen moeten invoeren (PbL, 2011). Biomassa zal zeker tot 2030 een aanzienlijk deel uitmaken van de duurzame energievoorziening.

Vooral milieuorganisaties en ontwikkelingsorganisaties zijn steeds kritischer geworden. Milieudefensie stelt bijvoorbeeld dat het gebruik van biobrandstof geen oplossing is voor het klimaatprobleem. De organisatie wijst op de negatieve gevolgen voor mens en milieu in zuidelijke landen (Zie: www.milieudefensie.nl). Een belangrijk nadeel van biobrandstof is dat de productie ervan kan concurreren met de productie van voedsel. Dan gaat het niet alleen om het landgebruik, maar ook om het gebruik van water, kunstmest, investeringen en menselijke inspanning. Het was in 2007 voor VN-voedselrapporteur Jean Ziegler reden om biobrandstoffen een 'misdad tegen de mensheid' te noemen (Independent, 2007). De enorme stijging van de voedselprijzen zou onder andere een gevolg zijn van de vraag naar biobrandstoffen. Volgens hulporganisatie Oxfam zijn wereldwijd 30 miljoen mensen tot armoede gebracht door de productie van biobrandstof (Oxfam International, 2008). Palmolieplantages in Indonesië en Maleisië bestrijken een oppervlakte van 10 miljoen hectaren, dat is 2,5 keer Nederland (Zie: www.wnf.nl).

Daarnaast is ook de bijdrage van 'bio' aan de CO₂-reductie onder vuur komen te liggen. Als voor de productie van biobrandstof bossen worden gekapt, dan vervalt daarmee deze natuurlijke opslag van CO₂ waardoor het netto-effect in sommige gevallen negatief kan uitpakken (PCC, 2011).

“IT’S A CRIME AGAINST HUMANITY TO CONVERT AGRICULTURAL PRODUCTIVE SOIL INTO SOIL ... WHICH WILL BE BURNED INTO BIOFUEL.”

JEAN ZIEGLER, VN VOEDSELRAPPOORTEUR OVER BIOBRANDSTOF

De grootste biomassacentrales

1. Alholmens Kraft	Finland	265 MW
2. Rodehuize	België	180 MW
3. Kaukaan Voima	Finland	125 MW
4. Hodonin	Tsjechië	105 MW
5. Rumford Cogen	USA	102 MW

De bezwaren tegen biobrandstof gelden vooral voor de zogenaamde ‘eerste generatie’ biobrandstoffen. Dat zijn voedselgewassen (maïs, soja, koolzaad, suikerbiet en -riet, palmolie) die worden verwerkt tot biodiesel of bio-ethanol. De tweede generatie biobrandstof wordt gewonnen uit gewassen die niet gebruikt worden voor voedsel of uit afvalstoffen (houtsnippen, stro, afgewerkt frituurvet, reststoffen uit de landbouw etc). Vooral in Afrika en Azië wordt veel geëxperimenteerd met jatropa-olie. Uit de noten van dit gewas kan olie worden geperst, het restmateriaal kan worden verbrand. Het voordeel van jatropa is dat deze plant niet eetbaar is en bovendien groeit op schrale gronden waar verder landbouw niet goed mogelijk is. Een extra bonus is dat door de verbouw van jatropa de vruchtbaarheid van de bodem toeneemt als de restanten van de olieproductie worden teruggeploegd in de grond. Momenteel wordt volop geïnvesteerd in de ontwikkeling van de derde generatie biobrandstoffen. Vooral algen zijn een mogelijkheid. De opbrengst per oppervlakte van algen is uitzonderlijk hoog: sommige soorten verdubbelen vier keer per dag in omvang. Onderzoekers kijken ook of de genetische eigenschappen van algen veranderd kunnen worden zodat ze meer energie opleveren (IPCC, 2011).

Volgens de Keniaanse energie-expert Stephen Karekesi, directeur van het energie-onderzoeksbureau Afropren, is biomassa een interessante energieoptie voor Afrika. Daarbij denkt Karekesi vooral aan afval en reststoffen: “In de buurt van verwerkingsfabrieken van landbouwproducten, zoals thee, koffie en suikerriet,

kan je energie opwekken met de reststoffen. Als dat systematisch gedaan wordt is een flink deel van de huidige Afrikaanse energiebehoefte gedekt.” (Bron: interview met de auteur, dd 14-02-2012). In Mauritius wordt momenteel ongeveer de helft van de elektriciteitsbehoefte gedekt door restproducten van suikerriet. Volgens onderzoek van Afropren zou het zo’n tien jaar duren voor de rest van Afrika het niveau van Mauritius heeft gehaald. Biobrandstof is daarmee een goede optie voor de korte en middellange termijn. Maar ook kleinschalig en decentraal biedt biomassa een oplossing van veel energievraagstukken: “Biomassa is beschikbaar, het is hernieuwbaar, het is klimaatneutraal, het maakt ons onafhankelijk van dure import én het zorgt voor werkgelegenheid”, aldus Karekesi (Bron: interview met de auteur, dd 14-02-2012).

Een belemmering voor de groei van grootschalige biobrandstof in Afrika is dat de financiering tot nu toe vooral gericht is op fossiel, en in mindere mate op waterkracht. Ontwikkelingsbanken en multilaterale organisaties, zoals de Wereldbank, focussen nog steeds op fossiel. Volgens een rapport van Friends of The Earth heeft de Wereldbank tussen 2008 en 2011 de helft van de investeringen voor energievoorziening besteed aan fossiel (FOE, 2011).

Waterkracht

Waterkracht is, simpel gezegd, de energie die je kunt opwekken uit stromend water. Dat kan in een rivier (door middel van een dam of door een turbine direct aan te drijven door de kracht van het stromende water: run-of-the-river), maar dat kan ook in zee door het verschil tussen eb en vloed (getijde-energie) of door de golven (golflagenenergie).

Na biomassa is waterkracht de belangrijkste duurzame energiebron (IEA, 2011) en zelfs de grootste duurzame bron van elektriciteit (IPCC, 2011b). Waterkracht heeft ook nadelen. Voor de aanleg van stuwdammen moeten gemeenschappen soms verhuizen, stukken natuur worden onder water gezet, het waterleven kan worden verstoord. Bovendien zorgen ook stuwmuren voor CO₂-uitstoot: de veranderingen in de samenstelling van het water en de opeenhoping van organismen leiden tot het vrijkomen van aanzienlijke hoeveelheden broeikasgassen. Een nadeel is ook dat het afhankelijk is van de waterstand: als de regen langdurig uitblijft komt de energievoorziening in gevaar. Ook is waterkracht, in geval gebruik wordt gemaakt van een dam of turbine, alleen beschikbaar op plaatsen met hoogtevverschil. Voor het vlakke Nederland zijn alleen getijde-energie en golflagenenergie opties. Getijde-energie is in Nederland vooral interessant bij de verschillende waterwerken langs de kust. Naar schatting zou hier zo’n 50 MW opgewekt kunnen worden.

Water is ook een handige manier om overtollige energie op te slaan. Wanneer windturbines of zonnepanelen teveel capaciteit leveren voor het net, kan de overtollige energie gebruikt worden om water omhoog te pompen (bijvoorbeeld in een hooggelegen meer). Dat water kan, in tijden van energieschaarste, vrijgelaten worden en een turbine aandrijven. Voor het Europese energienetwerk wordt water opgeslagen in Noorse stuwmeren.

Waterkracht is vooral bekend door de grootschalige stuwdammen. Wereldwijd zijn er ruim 10.000 stuwdammen gebruikt voor energieopwekking (IPCC, 2011b). De laatste tijd komt er steeds meer aandacht voor kleinschalige waterkracht: *micro hydro* en *pico hydro*. Dat zijn kleine turbines aangedreven door een snelstromende beek of een watervalletje. De hoeveelheid energie (zelden meer dan 100 kW) van een *micro-hydro*-installatie is genoeg om een kleine gemeenschap van stroom te voorzien. *Pico hydro* is nog kleinschaliger (minder van 5 kW), genoeg voor een paar lichtpunten plus een kleine koelkast, een radio of TV.

De grootste energiecentrales ter wereld zijn waterkrachtcentrales

Driekloven	China	21.000 MW
Itaipu	Brazilië/Paraguay	14.000 MW
Guri	Venezuela	10.200 MW
Tucurui	Brazilië	8.300 MW
Grand Coulee	VS	6.800 MW

De Drieklovendam in China is op het moment de grootste energiecentrale ter wereld. Met een capaciteit van 21.000 MW kan de dam vier mega-kolencentrales overbodig maken. Tegelijkertijd is er veel ophef over de enorme milieuschade die het project veroorzaakt.

Maar mogelijk zal de Drieklovendam niet lang de grootste blijven.

In de benedenloop van de Congo-rivier, bij de Inga-watervallen, moet een nieuw systeem maar liefst 39.000 MW energie opwekken, bijna het dubbele van de Drieklovendam! Deze waterkrachtcentrale kan in theorie in z'n eentje bijna driekwart van de totale huidige elektriciteitsvraag van Afrika beantwoorden. Het plan is dat Congo, Namibië, Botswana, Angola en Zuid-Afrika verbonden worden binnen één groot elektriciteitsnet. De totale kosten worden geschat op ruim 60 miljard euro. Onder andere de Wereldbank, de Afrikaanse Ontwikkelingsbank, de Europese Investeringsbank en de Afrikaanse JFPI Corporation hebben interesse om dit project, Grand Inga genaamd, werkelijkheid te maken. Critici stellen dat dit bedrag beter gebruikt kan worden om een groot aantal kleinschalige energievoorzieningen op te zetten. Ook zou de elektriciteitsvoorzieningen in Zuidelijk Afrika veel te afhankelijk worden van het functioneren van Grand Inga.

Blue energy

Er kan energie gewonnen worden door het samenbrengen van zout en zoet water. Als zoet water in contact komt met zout water vloeiën watermoleculen van het zoete naar het zoute water. Daardoor kan druk opgebouwd worden waarmee een turbine kan worden aangedreven. Wereldwijd zou blue energy misschien wel 20% van de elektriciteitsbehoefte kunnen dekken. Dat is echter theorie. Een testinstallatie bij de Afsluitdijk zal op redelijk korte termijn capaciteit hebben van 50 kW. Het enige 'afvalproduct' van blue energy is brak water dat gewoon naar zee stroomt.

Waterstof

Een energiedrager waar met interesse naar wordt gekeken is waterstof. Waterstof wordt gemaakt door water (H₂O) te splitsen in waterstof (H) en zuurstof (O). Dat kost energie. Die energie komt weer vrij als waterstof in contact komt met zuurstof (in de lucht). In een zogenoemde waterstofcel kan deze energie gekanaliseerd worden om bijvoorbeeld een auto te laten rijden. Er rijden al auto's en bussen rond die rijden op waterstof. Maar voor een grootschalige toepassing zijn de opslagmogelijkheden van (gecomprimeerde) waterstof nog te beperkt.

Kernenergie

Tot een jaar geleden leek de wereld klaar voor een 'nucleaire renaissance'. Twintig jaar na Tsjernobyl won kernenergie weer aan populariteit. Immers bij het opwekken van elektriciteit in een kerncentrale komt geen CO₂ vrij. Atoomstroom leidt tot weinig CO₂-uitstoot en is daarom goed voor het klimaat. Maar het is geen hernieuwbare energiebron en ook het afval en het veiligheidsaspect blijven een probleem. Op 11 maart 2011, na het drama bij de Japanse centrale Fukushima, eindigde de wedergeboorte van kernenergie. Wereldwijd werden plannen voor nieuwe centrales weer afgeblazen.

Een concreet probleem voor de bijdrage van kernenergie aan de energievoorzieningen op de middellange termijn is dat de meerderheid van de kerncentrales al een aantal decennia oud is. De komende jaren bereiken steeds meer centrales hun pensioengerechtigde leeftijd. Nieuwe centrales komen er slechts mondjesmaat bij. Financiering voor kerncentrales is momenteel bijna niet te krijgen. Nederland heeft sinds 1973 een kerncentrale (bij Borssele) met een capaciteit van 485 MW. Daarmee wordt iets minder dan 4% van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening gedekt. Over de tweede kerncentrale in Nederland is het

definitieve besluit nog niet genomen. Borssele had volgens de oorspronkelijke planning al in 2003 gesloten moeten worden. Ook in Nederland is de discussie over een eventuele nieuwe kerncentrale verstomd. Dat komt vooral doordat financiers niet bereid zijn te investeren in kernenergie vanwege de politieke risico's, stelt Heleen de Coninck van het Energieonderzoek Centrum Nederland (Zie: [energiespecial One World](#), mei 2012).

De baseload

Sommige deskundigen zeggen dat hernieuwbare energie te onzeker is om van afhankelijk te zijn, dat er altijd een kolen- of atoomcentrale nodig zal zijn om de basisvoorziening (de 'baseload') stabiel te houden. Volgens Greenpeace is het principe van de baseload achterhaald: door de energie te putten uit diverse (duurzame) bronnen verspreid over een voldoende groot gebied worden de pieken en dalen vanzelf afgevlakt. De wind waait altijd wel ergens (Greenpeace, 2011).

Op dit moment zijn er zo'n 450 kerncentrales in de wereld die zo'n 15% van de wereldwijde elektriciteit leveren (en 6% van de energie). De Amerikaanse econoom Jeremy Rifkin ziet niet in dat kernenergie de komende decennia het energieprobleem kan oplossen. Zijn rekensom: om van de 6% die kernenergie nu levert in 2030 60% te maken zijn moet het aantal centrales minimaal vertienvoudigen. Dat betekent dat er gedurende de komende achttien jaar iedere week ruim vier kerncentrales bij moeten komen ([Zie een interview met Rifkin op \[www.youtube.nl\]\(http://www.youtube.nl\)](#)). Voeg daarbij het veiligheidsrisico en de eindigheid van de uraniumvoorraden en de beperking van kernenergie is aangetoond.

De grootste kerncentrales zijn:

1. Kashiwazaki-Kariwa	Plant Japan	8.200 MW
2. Bruce	Canada	7.200 MW
3. Zaporizhzhia	Oekraïne	6.000 MW
4. Uljin	Zuid-Korea	5.900 MW
5. Yeonggwang	Zuid-Korea	5.900 MW

Kernenergie in Afrika

De enige twee Afrikaanse kerncentrales staan in Zuid-Afrika. Koeberg I en Koeberg II kwamen in bedrijf in '85 en '86. Samen voorzien ze in ongeveer 5% van de Zuid-Afrikaanse elektriciteitsbehoefte. Inmiddels zijn er plannen voor het ontwikkelen van minimaal zes nieuwe centrales in Zuid-Afrika die rond 2025 ieder 1.600 MW moeten leveren.

Het eerste Afrikaanse land met een kernreactor was Congo. Op de universiteit van Kinshasa staat nog steeds een reactor met een capaciteit van ongeveer 1 megawatt. Het is onduidelijk of de reactor nog in gebruik is. In ieder geval zijn er zorgen over het radioactief materiaal dat nog aanwezig zou zijn. Het Congolese atoomprogramma werd in 1958 gefinancierd door de Amerikanen, als beloning voor het feit dat Congo het uranium leverde voor de bom op Hiroshima.

Meerdere andere Afrikaanse landen spelen momenteel met het idee van een nucleaire toekomst. Er zijn argumenten voor kernenergie in Afrika. Niet de onbelangrijkste is dat een aantal van de belangrijkste vindplaatsen van uranium in Afrika liggen. In de aanleg (en het onderhoud) zijn kerncentrales erg duur, maar eenmaal draaiend is de brandstof voor de landen met uranium goedkoop.

De Zuid-Afrikaanse energiespecialist en kernfysicus Kelvin Lemm aarzelt niet om kernenergie de meest betrouwbare en duurzame toekomstige energiebron te noemen om ontwikkeling in Afrika te bewerkstelligen ([Engineeringnews, 2012](#)).

Het meest concreet zijn de nucleaire plannen in Noord-Afrika. Egypte wil in 2020 een kerncentrale van 1.000 megawatt in bedrijf hebben. Algerije tekende in 2010 een overeenkomst met Zuid-Afrika voor het ontwikkelen van twee kerncentrales die in 2020 en 2027 bedrijfsklaar zouden moeten zijn. Ook Marokko heeft plannen. Een minder waarschijnlijke kandidaat is Nigeria. Dit land is in gesprek met Iran over de mogelijkheid om tegen 2020 een centrale van 1.000 MW neer te zetten. Misschien het meest verontrustend zijn de nucleaire plannen van het onrustige (noord) Soedan. Ook Soedan heeft 2020 als datum geprikt om een werkende kerncentrale te hebben. De vraag is of bijvoorbeeld China en Iran bereid zouden zijn om de benodigde technologie aan Soedan te leveren.

Kernfusie

Schone, veilige kernenergie; dat is de droom van kernfysici wereldwijd. Kernfusie is deze heilige graal: de energie van de zon en van de sterren. Kernfusie is het samensmelten van de kernen van twee verschillende atomen tot een nieuwe, zwaardere kern. Een fractie van de massa wordt bij het samensmelten omgezet in energie. Bij kernfusie blijft geen radioactief afval over. Een praktisch probleem is dat de samensmelting van de kernen alleen onder extreem hoge druk en bij enorm hoge temperaturen plaatsvindt (Vergelijkbaar met omstandigheden die gelden binnenin de zon). Normale materialen smelten bij die temperaturen. Daarom is het zaak de kernfusie 'zwevend' plaats te laten vinden binnen een magnetisch veld. Voorlopig zijn de technische problemen van kernfusie nog niet opgelost. Euratom is de Europese organisatie waarbinnen wetenschappers zoeken naar de oplossingen. In Nederland draagt Differ (Dutch Institute for Fundamental Energy Research) bij aan het Europese onderzoek naar kernfusie. Volgens planning wordt rond 2020 een experimentele fusiereactor bij de Franse stad Cadarache in gebruik genomen. Meer informatie over kernfusie is te vinden onder andere op de site www.fusie-energie.nl.

Geothermische energie

Geothermische energie, ofwel aardwarmte, wordt vooral opgewekt in gebieden waar tektonische platen aan elkaar grenzen: de Filippijnen, de westelijke staten in de VS, Indonesië, Midden-Amerika, IJsland, maar ook in de Oost-Afrikaanse Rift Valley. Daar is kokendheet grondwater relatief dicht aan de oppervlakte aanwezig. Met de stoom die omhoog komt kan elektriciteit worden opgewekt. Wereldwijd is de totale huidige capaciteit van geothermische centrales zo'n 10.000 MW, evenveel als twee van de grootste kolencentrales. In een paar landen levert geothermische energie een substantiële bijdrage aan de energievoorziening: IJsland (30%), Indonesië (27%), El Salvador (25%), Costa Rica (14%), Kenia (11%) en Nicaragua (10%). De potentie van geothermische energie is veel groter. Naar verwachting kan geo-energie in 2050 zo'n 3% van de mondiale elektriciteitsvraag dekken (IEA, 2011). Ook wordt de warmte vaak direct gebruikt (bijvoorbeeld om huizen te verwarmen). Als het opgepompte water (of de stoom) wordt gecompenseerd door evenveel water terug te geleiden, is geothermie een duurzame energiebron.

Voor Afrika is geothermische energie een serieuze mogelijkheid. Vooral in de Rift Valley, in Oost-Afrika zijn een aantal opstellingen voor geothermie in werking. In Kenia wordt in totaal zo'n 150 MW opgewekt, dat is ongeveer tien procent van het totale elektriciteitsgebruik in het land. Geothermie is daarnaast een optie in, onder andere, Tanzania, Ethiopië, Djibouti, Eritrea, Uganda en Malawi.

De grootste geothermische centrales

1. Malitbog	Filippijnen	233 MW
2. Wayang Windu	Indonesië	227 MW
3. Cerro Prieto II	Mexico	220 MW
4. Cerro Prieto III	Mexico	220 MW
5. Hellisheidi	IJsland	213 MW

Ook in Nederland is geothermische energie haalbaar. Hier wordt gebruik gemaakt van de (relatief geringe) temperatuurverschillen tussen de oppervlaktewater en water in onderaardse reservoirs. Vooral de temperatuurregeling van gebouwen kan op deze manier worden gedaan. Bij koude/warmteopslag wordt water opgepompt dat 's winters gebruikt wordt om gebouwen te verwarmen en 's zomers om te koelen. Het echte hete water zit in Nederland diep onder de grond, tussen 1000 en 2500 meter.

In Nederland draaien momenteel zes projecten op het gebied van geothermie. Enkele glastuinbouwbedrijven worden volledig verwarmd door aardwarmte. De overheid heeft als doel om in 2020 zo'n 275.000 huizen te laten verwarmen met aardwarmte (Zie: www.geothermie.nl).

Well-to-wheel

Hoe meet je de duurzaamheid van energiebronnen? Het is niet genoeg om alleen te kijken naar de hoeveelheid CO₂ die vrijkomt bij verbranding. Het hele proces van opsporing, winning, productie, transport, opslag en verbranding moet worden meegenomen. Dit heet het well-to-wheel (W2W) principe. Bij fossiele brandstoffen is de CO₂-uitstoot vóór de verbranding minimaal 30% van de totale uitstoot.

Op de site www.wikimobi.nl is voor een aantal energiebronnen en -dragers de W2W-belasting op een rijtje gezet.

Schoon fossiel

Of we willen of niet, fossiele brandstoffen zullen nog geruime tijd deel uitmaken van de wereldwijde energiemix. Terwijl olie en gas snel opraken zijn er nog in ruime mate kolen aanwezig. Dat baart zorgen, want juist bij de verbranding van kolen komt relatief veel CO₂ vrij. Een mogelijkheid om de klimaatgevolgen van kolen- en olieverbranding te beperken is het opvangen en opslaan van de vrijkomende CO₂: carbon capture and storage (CCS). Het meest voor de hand ligt het om de CO₂ op te slaan in de onderaardse ruimte waar de fossiele brandstoffen

vandaan zijn gehaald. Volgens het internationale klimaatpanel IPCC kan een energiecentrale met CCS de uitstoot van broeikasgassen theoretisch met misschien wel 90% verminderen (IPCC, 2005). Een beperking is dat veel CO₂ decentraal wordt uitgestoten. Dat valt niet op te vangen. Andere beperkingen zijn de beschikbare plekken om CO₂ op te slaan en de afstand tussen de plaatsen waar het CO₂ wordt uitgestoten en waar het kan worden opgeslagen. Ook is de publieke acceptatie van CO₂-opslag in de buurt van de woonomgeving laag. Nederland kan op zee, in voormalige gasvelden, jaarlijks ongeveer 24 megaton (Mton) CO₂ kwijt en op land nog eens 20 Mton. De totale CO₂-emissie in

De schoonste brandstof

Wat zijn de schoonste manieren (well-to-wheel) om elektriciteit op te wekken? Dat is uitgerekend door Mark Jacobson, hoogleraar aan de Amerikaanse Stanford Universiteit (Bergeron, 2008)/

1. Windenergie
2. Zonne-energie via CSP
3. Geothermische energie
4. Getijde-energie
5. Zonne-energie via zonnepanelen
6. Golfslagenergie
7. Waterkracht
8. Nucleaire energie
9. 'Fossiele' centrales gecombineerd met afvang en opslag van CO₂.

Jacobson berekende ook wat de schoonste manieren zijn om auto te rijden. We zullen in ieder geval elektrisch moeten rijden, gevoed door een batterij (of een waterstofcel). En dan gaat het vervolgens om de vraag hoe de batterij gevoed moet worden of de waterstof gemaakt.

1. Batterij opgeladen door windenergie
2. Waterstofcel met windenergie
3. Batterij met CSP
4. Batterij met geothermische energie
5. Batterij met getijdestroom
6. Batterij met zonnepanelen
7. Batterij met golfslagenergie
8. Batterij met waterkracht
9. Batterij met 'schoon fossiel'

Nederland is jaarlijks rond de 180 Mton. Elders in Europa zijn vooral de onderaardse waterreservoirs interessant. Daar kan jaarlijks zo'n 100 Mton CO₂ worden opgeslagen.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PbL, 2011) meent dat CCS een mogelijkheid is die zeker gevolgd moet worden. Volgens het PbL kan de mensheid het zich niet veroorloven om een serieuze optie om klimaatverandering tegen te gaan te laten liggen.

De vraag is of de technologie van CCS op tijd beschikbaar is om de klimaatgevolgen van fossiele energieopwekking tegen te gaan. Ook is een vraag of CCS de aandacht niet zal afleiden van de noodzaak om ten eerste energie te besparen en ten tweede de transitie in te zetten richting hernieuwbare energiebronnen. Greenpeace noemt de CCS-optie daarom 'valse hoop'. Volgens de milieuorganisatie wordt het idee van de onderaardse opslag van broeikasgassen gepromoot door de multinationale energiebedrijven om door te kunnen gaan met de uiterst winstgevende exploitatie van vieze fossiele brandstoffen (Greenpeace, 2008). Greenpeace noemt als bezwaren: CCS zal te laat beschikbaar zijn om klimaatverandering te voorkomen, CCS kost zelf veel energie (tussen de 10 en 40% van een energiecentrale waar de CO₂ wordt afgevangen), onderaardse opslag van CO₂ is riskant (wegens de kans op ontsnappen van het gas), CCS is duur en zal leiden tot hogere energieprijzen, investeringen in CCS gaan ten koste van investeringen in duurzame energievoorziening.

HOOFDSTUK 4

HUIDIG BELEID EN DEBAT

Internationaal

De Verenigde Naties hebben 2012 uitgeroepen tot het jaar van 'Duurzame energie voor iedereen'. Met behulp van het bedrijfsleven, overheden, investeerders, niet-gouvernementele organisaties streven de VN naar drie samenhangende doelen in 2030:

- universele toegang tot moderne energievoorzieningen;
- een verdubbeling van de efficiëntie van energiegebruik;
- een verdubbeling van het aandeel duurzame energie in de mondiale energiemix (VN, 2012).

Europa

In maart 2011 bracht de **Europese Commissie** een klimaatroutekaart uit. Hierin verkent de Commissie de mogelijkheden die er zijn om in Europa de broeikasgasuitstoot in 2050 met 80 procent te hebben verminderd ten opzichte van 1990. Daarmee zou Europa bijdragen aan de mondiale ambitie om de opwarming van de aarde te beperken tot 2 graden. Het huidige aandeel van olie en gas in het Europese energieverbruik bedraagt 51%, kolen 16%, kernenergie 14% en hernieuwbare energiebronnen 9%. Vergeleken met 1990 is het aandeel van gas, hernieuwbaar en kernenergie gestegen. Het kolenverbruik is procentueel afgenomen (EC, 2011).

In het rapport *'Battle of the Grids'* bepleit **Greenpeace** een ambitieuzer scenario voor Europa (Greenpeace, 2011). De milieuorganisatie berekent dat Europa in 2030 voor 68% op hernieuwbare energie kan draaien en in 2050 voor 99,5%. In 2030 moet gas het leeuwendeel van de elektriciteitsvoorziening leveren en het wisselende aanbod van wind- en zonne-energie opvangen. Tussen 2030 en 2050 wordt gas dan uitgefaseerd ten gunste van hernieuwbare energiebronnen. Aan kolen en kernenergie kleven te veel bezwaren, meent Greenpeace. Fluctuaties in aanbod en vraag kunnen worden opgevangen door te investeren in uitbreiding en ontwikkeling van het netwerk. In het zogenoemde high grid-scenario voorziet Greenpeace dat het Europese elektriciteitsnetwerk wordt verbonden met Noord-Afrika om daar te profiteren van de daar aanwezige zonne-energie.

Nederland

Naar het voorbeeld van de Europese Commissie wil de **Nederlandse regering** naar 80 procent minder broeikasgasuitstoot in 2050. In het Energierapport 2011 stelt de Nederlandse overheid dat ons land daarom toe moet naar een duurzame energiehuishouding, maar dat mag niet ten koste gaan van de economie. Dus: groei én groen. De topsector economie, ingesteld door het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I), adviseerde Nederland tussen nu en 2020 een transitie richting een meer duurzame en CO₂-arme energiesector te realiseren: 20% minder CO₂-uitstoot en 14% duurzame energie. In de Voortgangsrapportage energie uit hernieuwbare bronnen in Nederland 2009-2010 doet de Nederlandse overheid verslag van de voortgang die is geboekt bij het bevorderen van duurzame energie (EL&I, 2012). Vanaf 2015 gaat Nederland jaarlijks 1,4 miljard euro besteden aan het stimuleren van de productie van hernieuwbare energie.

Nederland loopt relatief achter in de overgang van fossiele brandstof naar hernieuwbare duurzame energievoorzieningen. "Nederland doet het niet goed in vergelijking met de landen om ons heen", zo stelt Paul Korting, directeur van ECN (Energieonderzoek Centrum Nederland), "We produceren amper 4% duurzame energie. Landen als Denemarken en Portugal scoren veel hoger." (Van Gils, 2012).

De kern van een rapport (in opdracht van de Nederlandse overheid) van het Planbureau voor de Leefomgeving samen met het ECN is dat Nederland bij de transitie naar een andere, klimaatneutrale energiehuishouding geen enkele technologie of optie zou moeten uitsluiten (PbL, 2011). Het rapport pleit voor een 'evenwichtige mix' van technologieën om het doel van 80% emissiereductie in 2050 te halen. Onderdeel van die mix zijn: biomassa, CCS, zonne-energie, windenergie én kernenergie. Het laten liggen van één van deze opties betekent dat de druk op de andere opties veel groter wordt en de reductiedoelstelling onwaarschijnlijker. Vooral zonder biomassa is de doelstelling zo goed als onmogelijk, zo stelt het rapport.

De uitdaging is niet het gebrek aan scenario's. Ook de technische ontwikkelingen zijn binnen de diverse scenario's redelijk uitgewerkt. Er zijn zelfs schattingen gemaakt van de kosten en baten van een transitie naar een duurzame energiehuishouding. Het Planbureau voor de Leefomgeving schat in dat de jaarlijkse kosten tussen de 0 en 20 miljard euro hoger zullen zijn dan het huidige systeem. Het IEA berekent dat voor iedere euro die tussen nu en 2020 wordt geïnvesteerd in een duurzame energiesector, € 4,30 kan worden bespaard in de kosten om de toegenomen uitstoot te compenseren (IEA, 2011). Wat volgens het ECN vooral ontbreekt is een beleidsplan: hoe krijgen we het voor elkaar?

“Door de afwezigheid van beleid blijft er onduidelijkheid bij het publiek. Het is consumenten niet duidelijk wat ze nu kunnen of moeten doen. Bedrijven blijven afwachtend, door ontbrekende beleidsondersteuning. Overheden weten het zelf ook niet zo goed, of denken dat de markt het zelf wel oppakt. Dat kan aanleiding geven voor *scepsis* en kan leiden tot *fact-free politics*”, stelt het ECN (Van Gils, 2012).

“In het energietransitieproces ontbreekt het bij verschillende actoren nog steeds aan een *‘sense of urgency’*”, zo concludeerde de Raad voor Ruimtelijk, Milieu- en Natuuronderzoek (RMNO), onder leiding van prof. Roel in ’t Veld (RMNO, 2010). Volgens de RMNO zou de huidige regering een voorbeeld moeten nemen aan de manier waarop Nederland in de jaren zestig de overgang maakte naar de massale omschakeling naar aardgas.

Een reden voor het achterlopen van Nederland op het gebied van duurzame energie, zoals wind- en zonne-energie, is volgens RMNO het weinig consistente overheidsbeleid. Nieuwe energievoorzieningen hebben vooral in de opstartfase een duwtje in de rug nodig door middel van investeringssubsidies en dergelijke. De regelingen waarmee alternatieve energiebronnen worden gesteund wisselen steeds waardoor bedrijven niet weten waar ze aan toe zijn. Eerst waren er investeringssubsidies, vervolgens werden de producenten van duurzame energie vrijgesteld van de Regulerende Energiebelasting (REB), tot 2006 gold vervolgens de MEP-regeling (= Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie), die werd in 2008 opgevolgd door de SDE-subsidieregeling (=Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie). De SDE-subsidiepotjes worden steevast overschreven waardoor veel initiatieven niet van de grond komen. Onderdeel van de SDE-regeling is een subsidie op de geleverde duurzame energie. Een soortgelijk, soepel systeem werkt heel goed in Duitsland, maar in Nederland vinden de producenten van duurzame energie de SDE een bureaucratisch geheel. Bovendien schommelt de prijs die bedrijven krijgen per kiloWatt duurzame energie waardoor bedrijven onzeker blijven over de toekomst. Ook is de prijs structureel te laag, zo klaagt de energiesector (Projectenboek Windenergie, 2008). Voor de ontwikkeling van windenergie op het land liggen vooral gemeentes dwars (Bosch & Van Rijn, 2011). Volgens de RMNO is er een kloof tussen de fase van onderzoek en de daarop volgende fase van ‘demo-projecten’ en *‘full deployment’*. De overheid zou geld ter beschikking moeten stellen om deze *‘valley of death’* over te helpen steken (RMNO, 2010). Matthijs Hisschemöller, van het Instituut voor Milieuvraagstukken van de VU, stelt dat de Nederlandse overheid en de politiek zich teveel richten op de ‘grote spelers’ (zoals de energiemaatschappijen) in de energiesector en te weinig oog hebben voor nieuwe, innovatieve initiatieven. “De Haagse praktijk lijkt vooral gedomineerd door het verlangen om resultaat te

zien bij die partijen waar het meest van verwacht wordt, dat wil zeggen de grote energiebedrijven.” (Hisschemöller, 2008). Lokale initiatieven om energie op het niveau van stadswijken op te wekken, krijgen bijvoorbeeld te weinig steun, meent Hisschemöller.

Soms speelt mee dat investering vooral ten goede moeten komen aan een specifiek, nationaal of regionaal belang, waarbij er weinig oog is voor het algemene, mondiale belang van de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen. Bijvoorbeeld, omdat zonnepanelen vooral bruikbaar zijn in de (rijke) landen met een gematigd klimaat is er tot nu toe veel meer aandacht en geld besteed aan PV dan aan CSP, zo stelt onderzoeker Raouf Saidi van ECN (One World, 2012).

Hoofdpunten energie van partijprogramma's politieke partijen

VVD

VVD beschouwt hernieuwbare energiebronnen als kans voor economie. Stimuleren van decentrale energieopwekking. Kernenergie acceptabel en tweede kerncentrale mag worden gebouwd. Energiebedrijven mogen opties schaliegas onderzoeken.

PVDA

Veel aandacht voor investeren in duurzame & groene energie; d.m.v. fiscale maatregelen, milieubelastingen & leveranciersverplichting. Naast biomassa, wind- en zone-energie. Geen kernenergie. Streven 100% duurzame energie in 2050. Pleidooi voor decentrale energieopwekking.

CDA

Er moet volop ruimte komen voor het opwekken van duurzame energie; op (inter)nationaal niveau en op kleine schaal. Streven is in 2050 meer dan 50% energie duurzaam op te wekken en 50% energie-efficiënter te zijn. CDA zet in op doelstelling van 14% duurzame energie in 2020.

PVV

De PVV is tegen windenergie: ‘bye bye windmolens’. Pleidooi voor verlaging van energiebelasting en behoud van kernenergie.

SP

Overheid verantwoordelijk voor organisatie duurzame energie en geeft zelf goede voorbeeld. Stijging aandeel duurzame energie; jaarlijks 1,5% tot 2020, daarna 2% per jaar. M.n. stimuleren gebruik van zonne- en windenergie en ruim baan voor onderzoek. Besparingsdoel: 2% per jaar.

D66

Doelstelling om in 2020 20% duurzaam op te wekken. Afbouwen subsidie fossiele brandstoffen conform G 20 afspraken. Uitstootnorm voor alle nieuwe energiecentrales van 350gr CO₂/Kwh. Steun voor CO₂ opslag en hergebruik. Ontwikkeling duurzame biobrandstoffen. Geen subsidie kernenergie.

GROENLINKS

Nederland kiest voor aardgas, totdat volledig duurzame energievoorziening is voltooid. Introductie Deltawet nieuwe energie voor inzet op energiebesparing en duurzame energie. Doelstelling in 2020: 20 % duurzame energie en 20% te besparen. Uiterlijk in 2050 draait economie volledig op duurzame energie.

HOOFDSTUK 5

WAT DOEN VERSCHILLENDE ACTOREN?

Nederlandse overheid

Agentschap NL (onderdeel van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie) is de uitvoeringsorganisatie van de Nederlandse Rijksoverheid als het gaat om duurzaamheid, innovatie en internationaal ondernemen. Het agentschap voert het beleid uit om de doelstelling 14% duurzame energie in 2020 te halen. Het programma Stimulering Duurzame Energieproductie heeft voor 2012 een budget van 1,7 miljard euro bestemd voor subsidie voor de productie van duurzame energie geproduceerd uit onder andere biomassa, wind, zon, waterkracht en geothermie. Bijna 500 nieuwe initiatieven, ter waarde van ruim 2 miljard euro, zijn ingediend voor deze stimuleringsregeling. Ook regelt Agentschap NL bijdragen voor onderzoek onder andere naar waterstof.

De Tweede Kamer heeft in 2010 de regering opgedragen de Wereldbank te bewegen tot meer investeringen in duurzame energievoorziening in ontwikkelingslanden. Concreet geeft Nederland pas haar stem aan investeringen in fossiele centrales als een land tevens een plan heeft om op termijn over te schakelen op duurzaam.

Inmiddels heeft de overheid zo'n 80 'green deals' gesloten met burgers, instellingen en bedrijven onder andere op het gebied van duurzame energie (EL&I, 2011).

Via het *Promoting Renewable Energy Programme* investeert Nederland in 2012 ongeveer 100 miljoen euro in hernieuwbare energie in sub-Sahara Afrika en Indonesië. Het ministerie van Buitenlandse Zaken werkt daarbij o.a. samen met internationale spelers zoals de Wereldbank en het Duitse GIZ, en met Nederlandse organisaties en bedrijven zoals FMO, SNV, HIVOS, Nuon en Philips. Beoogd resultaat is het vergroten van het gebruik van hernieuwbare energie in ontwikkelingslanden. Om onderzoekers bij het programma te betrekken, werkt het ministerie van Buitenlandse Zaken samen met de VU en ECN in de IS Academie RENEW (www.renew-is-academy.org/).

In Nederland is de subsidievoorziening van zonnepanelen problematisch waardoor Nederland relatief achterloopt in de ontwikkeling van deze vorm van energieopwekking.

Bedrijfsleven

In Nederland hebben zo'n 2,5 miljoen huishoudens groene stroom, geleverd door hun energiebedrijf. Groene stroom is elektriciteit opgewekt door duurzame energiebronnen. Producenten van groene stroom (in Nederland of elders in de wereld) leveren aan het elektriciteitsnet en krijgen daarvoor 'bewijzen van oorsprong' (certificaten). De geleverde stroom is vervolgens niet meer te onderscheiden van 'grijze' stroom. Energieleveranciers kopen vervolgens de bewijzen van oorsprong op, al naar gelang de hoeveelheid certificaten die ze in bezit hebben om 'groene stroom' aan de man brengen. De kritiek hierop is dat dit systeem nauwelijks bijdraagt aan de productie van hernieuwbare energie. Dit komt vooral omdat de certificaten van groene stroom erg goedkoop zijn. Het is voor energieleveranciers goedkoper om grijze stroom in te kopen en vervolgens daar in het buitenland 'groenverklaringen' bij te kopen, dan om te investeren in de daadwerkelijke productie van groene stroom.

Chemisch bedrijf DSM investeert in alternatieve, hernieuwbare energie. Zo heeft DSM een belang genomen in een bedrijf dat sleepvliegers maakt waarmee zeeschepen hun brandstofverbruik aanzienlijk kunnen terugbrengen. Ook is DSM actief in de ontwikkeling van chemische stoffen en materialen op basis van biomassa.

Shell

Nederland is vestigingsplaats van één van de grootste leveranciers van fossiele brandstof ter wereld: Royal Dutch Shell. Shell blijft voorlopig vooral inzetten op fossiel. Een paar jaar geleden besloot het bedrijf nieuwe investeringen in zonne- en windenergie te beëindigen (Telegraaf, 2009). In het duurzaamheidsjaarverslag over 1010 benadrukte de bestuursvoorzitter van Shell, Peter Voser, dat de strategie van Shell om het energie- en klimaatprobleem te overwinnen bestaat uit: aardgas, biobrandstof, afvangen en opslaan van CO₂ én het verbeteren van benzine waardoor auto's zuiniger kunnen rijden (Bron: <http://sustainabilityreport.shell.com>). Shell is omstreken wegens de plannen voor proefboringen onder andere in de Beaufortzee in het Noordpoolgebied. Ook is Shell actief in het ontginnen van teerzanden in Canada. Shell verdedigt deze keuzes door te wijzen op de groeiende vraag naar energie, vooral in ontwikkelingslanden (Zie bijvoorbeeld interview met Dick Benschop, president-directeur van Shell Nederland in One

World, mei 2012). Met de investeringen in gas wil Shell de gang richting schadelijke kolen tegengaan. De CO₂-uitstoot van gas wil Shell in de toekomst afvangen en opslaan (CCS). Hoogleraar duurzaamheid en transitie aan de Erasmus Universiteit, Jan Rotmans, meent dat Shell hiermee de klok 50 jaar terugzet: "Dit is dus een bewuste poging van Shell om de transitie naar duurzame energie te vertragen en/of te blokkeren. Shell als fossilosauriër met een reclamecampagne die onjuiste informatie bevat en dus misleidend is." (Bron: www.nuzakelijk.nl). Wat betreft hernieuwbare energie zet Shell vooral in op biomassa. Onder andere produceert Shell ethanol uit suikerriet in Brazilië.

Woningbouwcorporaties

Aedes, een overkoepelende organisatie voor woningcorporaties, wil zonnepanelen op 360.000 huurhuizen plaatsen. Het project 'Zonnig Huren' moet elektriciteit besparen en vaste lasten drukken. Door zonnepanelen in grote hoeveelheden in te kopen, proberen de woningcorporaties een lagere prijs af te dwingen. In totaal zijn er 2,4 miljoen huurwoningen in Nederland, dat biedt dus een enorm potentieel voor het gebruik van zonnepanelen (Zie: www.zonnighuren.nl).

Onderzoeksinstituten

Veel vormen van hernieuwbare energie zitten nog in de onderzoeksfase.

Uiteraard spelen universiteiten daar een belangrijke rol in. Een kleine greep:

- Op onderzoeksfaciliteit AlgaePARC van de Wageningse universiteit wordt de productie van microalgen onderzocht. Uit deze algen kunnen grondstoffen voor biodiesel gewonnen worden. Doel is te komen tot grootschaliger, efficiënter, goedkoper en duurzamer productiesystemen van algen.
- Ecofys begint een proef met de offshore teelt van zeewier voor combinatie met offshore windenergie. Potentieel vormen zeewier en windturbines een goede combinatie omdat een windpark is afgesloten van scheepvaart en visserij. Onderzoeksinstituut ECN bekijkt de mogelijkheden van bio-raffinage van zeewier naar eiwitten, componenten voor biobrandstoffen en brandstof voor energieopwekking.
- Het zonnelonderzoek aan de Radboud Universiteit Nijmegen richt zich op de ontwikkeling van zonnecellen met zeer hoge rendementen (>25%).
- De Technische Universiteit Eindhoven onderzoekt plasmatechnologie t.b.v. de productie en optimalisatie van nieuwe zonnecelsystemen.
- TU Delft ontwerpt nieuwe elektriciteitscentrales die hun productie sneller moeten kunnen afstemmen op de vraag/aanbod variaties in het netwerk. Ook is aandacht voor een nieuw aandrijfsysteem voor elektriciteitsturbines die hoge rendementen ook op kleinere schaal mogelijk maken en die geschikt zijn

voor het gebruik van meerdere duurzame energiebronnen.

- Onderzoeksinstituut Wetsus in Leeuwarden onderzoekt onder andere de mogelijkheden van blue energy (het opwekken van stroom uit het samenvoegen van zout en zoet water)

Burgers

Burgers hebben, individueel of in gezamenlijkheid, veel mogelijkheden om bij te dragen aan de opmars van duurzame energievoorziening. De toekomst is voor een groot gedeelte decentraal, zegt bijvoorbeeld de Amerikaanse econoom Jeremy Rifkin. Rifkin voorziet een enorme toekomst voor decentrale energieopwekking. Individuele huishoudens kunnen energiecentrales worden: zonnepanelen op ieder dak, windmolens in iedere tuin, geothermische energie onder iedere wijk, getijde-energie voor dorpen en steden aan zee, et cetera. En de opslag van energie zal ook steeds meer decentraal plaats gaan vinden. Onder andere zullen de batterijen van particuliere elektrische auto's gebruikt gaan worden als opslagmogelijkheid voor een tijdelijk surplus aan elektriciteit, zo voorspelt Rifkin. Hij noemt het proces van decentralisatie en uitbreiding van netwerken de 'derde Industriële Revolutie' (Rifkin, 2011).

Steeds meer mensen kiezen ervoor om zonnepanelen op hun dak te plaatsen. Door de dalende prijzen van deze panelen is dat behalve goed voor het klimaat ook goed voor de portemonnee. Landelijke subsidies zijn er trouwens niet meer voor particulieren die zelf zonne-energie willen opwekken. Strikt economisch gezien is dat ook niet meer nodig: zonne-energie is per saldo goedkoper dan stroom via het energiebedrijf. Huiseigenaren kunnen vaak wel lokale subsidie krijgen. Meer informatie hierover bij www.energiesubsidiewijzer.nl. Een andere handige site is: www.hetkanwel.nl. Veel verenigingen bieden de mogelijkheid om collectief goedkoop zonnepanelen te kopen zoals Vereniging Eigen huis (www.eigenhuis.nl).

Zelf energie opwekken kan ook door middel van windmolens en aardwarmte. Op www.zelfenergieproduceren.nl/ staat een stappenplan om zelf energie op te wekken. Een alternatief voor een windmolen in de eigen tuin is lid/eigenaar worden van een windvereniging, dit is een gemeenschappelijk windpark. Voorbeelden zijn: Noorderwind, Windvogel, Deltawind en Zeekracht.

Transition Towns (www.transitiontowns.nl) zijn lokale gemeenschappen die zelf aan de slag gaan om hun manier van wonen, werken en leven minder olie-afhankelijk en meer duurzaam te maken. Transition Towns werken aan praktische oplossingen, die zelf uit te voeren zijn, onafhankelijk van overheid of bedrijfsleven.

Klimaatneutrale oplossingen voor nieuwe energievoorzieningen verschillen vaak per locatie. Steeds vaker kiezen bewoners voor eigen lokale oplossingen van het energievraagstuk. In het Haarlemse Ramplaankwartier, bijvoorbeeld, hebben bewoners de vereniging Duurzame Energie Ramplaan opgericht waarbij de inwoners van de wijk zelf hun kennis inzetten om lokale 'maatwerk-oplossingen' te zoeken om binnen afzienbare tijd klimaatneutraal te worden ([Zie: www.deramplaan.nl/index.html](http://www.deramplaan.nl/index.html)).

Er zijn weinig mensen die er nog aan twifelen dat een wereldwijde overgang naar duurzame, hernieuwbare energiebronnen noodzakelijk is. De twee hoofdredenen zijn de bijdrage die fossiele brandstoffen leveren aan de uitstoot van broeikasgassen en de daarmee samenhangende stijging van de wereldwijde temperatuur. Ten tweede het opraken van fossiele brandstoffen.

Overeenstemming ontbreekt over de snelheid waarmee deze transitie moet plaatsvinden.

De uitdaging waar – ook Nederland – voor staat wordt groter in het licht van de mondiale kloof in energiegebruik; een kloof die zich overigens in rap tempo aan het verplaatsen is. 1,3 miljard mensen hebben geen toegang tot elektriciteit en 2,7 miljard mensen hebben geen schone, veilige en duurzame manieren ter beschikking om het eten te koken. In de komende decennia zullen honderden miljoenen mensen uit de absolute armoede stappen. In landen met grote bevolkingsaantallen als China, India, Brazilië, Indonesië zullen grote hoeveelheden mensen toetreden tot de middenklasse met een navenant stijgende energiebehoefte. Dit plaatst een enorme druk op bestaande energiebronnen. Te voorzien valt dat olie- en gasprijzen de komende periode zullen stijgen, mogelijk met crisisachtige ‘piekolie’-effecten. Daarnaast is er de ontwikkeling dat opkomende landen hun toevlucht nemen tot kolen die van alle fossiele brandstoffen nog het meest overvloedig aanwezig zijn, maar ook relatief sterk bijdragen aan CO₂-uitstoot. Op dit moment dragen biomassa en waterkracht wereldwijd al flink bij aan de energiemix. Voor Nederland is waterkracht overigens – helaas – nauwelijks een optie.

In de meeste op duurzaamheid gerichte scenario’s zal vooral biomassa tot 2030 toenemen. In de periode daarna zullen zonne- en windenergie naar alle waarschijnlijkheid voldoende ontwikkeld zijn om een substantiële bijdrage te leveren aan het energieaanbod.

Gas wordt door veel energie-experts gezien als een tussenfase richting duurzaam. De voorraden zijn nog voldoende aanwezig, de CO₂-uitstoot is gunstiger dan van olie of kolen. In de elektriciteitsvoorziening kan gas in een flexibele ‘base load’ voorzien. Ook kan gas dienen als brandstof in de transportsector. Op de iets

langere termijn biedt gas geen soelaas, het is immers eindig en niet ‘schoon’. Een techniek voor de tussenfase is ook het afvangen en opslaan van CO₂ (CCS). Vooral in combinatie met kolencentrales, kan zo veel uitstoot worden vermindert. De vraag is of CCS wel op tijd beschikbaar zal zijn. Die twijfel geldt ook voor kernenergie.

In de transitie naar duurzaam speelt elektrificatie een belangrijke rol. De meeste duurzame energiebronnen zijn zeer geschikt om omgezet te worden in elektriciteit. De ontwikkeling richting elektrisch personenvervoer ligt voor de hand. Voor vrachtvervoer, vliegtuigen en schepen zijn biodiesel of -kerosine en gas-to-liquid goede opties. Ook waterstof is zeker nog niet afgeschreven als brandstof van de toekomst.

In de transitie richting duurzaamheid en klimaatmitigatie kunnen Nederland en Europa geen enkele optie onbenut laten. Zeker biomassa zal een grote rol moeten spelen.

Volgens de eigen ambitie hebben Nederland en Europa 40 jaar om de transitie naar duurzame energievoorziening te volbrengen. Dat is krap. Het ontwikkelen van nieuwe technologieën is tijdrovend en vervolgens moeten de bestaande systemen en de infrastructuur worden aangepast op de nieuwe situatie. Een sterk en consistent beleid, waar volgens critici de Nederlandse overheid meer werk zou kunnen maken, is essentieel. Nieuwe investeringen en stimulerings-subsidies zijn lastig in tijden van bezuinigingen en algehele gevoelens van crisis. De transitie naar duurzaam zal kostbaar zijn. Op termijn zijn echter ook enorme besparingen mogelijk. Zeker is dat het zo vroeg mogelijk inzetten van de hervormingen richting hernieuwbare energiebronnen uiteindelijk veel goedkoper zal uitvallen dan het afwachten tot het (bijna) te laat is.

HOOFDSTUK 7

BRONNEN

- Anderson, Kevin en Alice Bows (2010). *Beyond 'dangerous' Climate Change. Emission Scenarios for a New World*. In: Philosophical Transactions of the Royal Society, Vol 369, No 1934, pp 20-44. Ontleend aan: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/0804/0804.1126.pdf>
- Bergeron, Louis (2008). Wind, water and sun beat other energy alternatives, study finds. *Stanford Report*, 10 december. Ontleend aan: <http://News.Stanford.Edu/News/2009/January7/Power-010709.Html>
- Bosch & Van Rijn (2011). *Actualisatie Projectenboek Windenergie. Stand van zaken 2011*. Bosch & Van Rijn, Utrecht. Ontleend aan: www.windenergie.nl/onderwerpen/cijfers/geplande-windparken
- BP (2011). *Statistical Review of World Energy*. BP, Londen.
- EL&I (2011). *Overzicht op hoofdlijnen van (binnenkort af te sluiten) Green Deals*. EL&I, Den Haag. Ontleend aan: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-economie/documenten-en-publicaties/verslagen/2011/10/03/bijlage-1-overzicht-op-hoofdlijnen-van-binnenkort-af-te-sluiten-green-deals.html
- Etzler, John Adolphus (1833). *The Paradise Within the Reach of All Men, Without Labor, by Powers of Nature and Machinery: An Address to All Intelligent Men*. John Brooks, Londen.
- EL&I (2011). *Overzicht op hoofdlijnen van (binnenkort af te sluiten) Green Deals*. EL&I, Den Haag, November 2011. Ontleend aan: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-economie/documenten-en-publicaties/verslagen/2011/10/03/bijlage-1-overzicht-op-hoofdlijnen-van-binnenkort-af-te-sluiten-green-deals.html
- EL&I (2012). *Voortgangsrapportage energie uit hernieuwbare bronnen in Nederland 2009-2010*. EL&I, Den Haag. Ontleend aan: www.agentschapnl.nl/content/voortgangsrapportage-energie-uit-hernieuwbare-bronnen-nederland-2009-2010
- European Commission (2011). *Market Observatory for Energy. Key Figures*. Europese Commissie, Brussel. Ontleend aan: http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/index_en.htm
- FAO (2008). *The state of food and agriculture, Biofuels, prospects, risks and opportunities*. FAO, Rome. Ontleend aan: www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm
- FOE (2011). *Unclear on the Concept: How Can the World Bank Group Lead on Climate Finance Without an Energy Strategy?* Friends of the Earth. Ontleend aan: www.foe.org/publications/reports
- Geuns, Lucia van (2011). Oorzaak en gevolg hogere olieprijs – snellere overgang naar duurzame energie? In *Energie**, nr 2.
- Gils, Daniëlle van (2011). Hoe moet het morgen met de energievoorziening? In: *Change Magazine*, maart 2012
- Greenpeace (2008). False Hope. Why carbon capture and storage won't save the climate. Greenpeace International, Amsterdam, mei 2008. Ontleend aan: www.greenpeace.org/usa/en/media-center/reports/false-hope-why-carbon-capture/
- Greenpeace (2011). *Battle of the Grids*. Greenpeace, Amsterdam. Ontleend aan: www.greenpeace.org/seasia/ph/.../battle%20of%20the%20grids.pdf
- Hansen, James E. en Makiko Sato (2011). *Paleoclimate Implications for Human-Made Climate Change*. NASA Goddard Institute for Space Studies and Columbia University Earth Institute, New York. Ontleend aan: www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2011/20110118_MilankovicPaper.pdf
- Hisschemöller, Matthijs (2008). *De lamentele toestand van het energietransitiebeleid. Observaties en kennisvragen vanuit een interdisciplinair beleidswetenschappelijk perspectief*. Instituut voor Milieuvraagstukken, Vrije Universiteit Amsterdam. Ontleend aan: www.c8foundation.nl/publicaties/De%20lamentele%20toestand%20van%20het%20energietransitiebeleid.pdf
- International Energy Agency (2011). *World Energy Outlook 2011*. OECD/IEA, Parijs, 2011
- Gilding, Paul (2012). *Helden uit noodzaak*. Uitgeverij MGMC, Amsterdam
- IPCC (2005). *Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- IPCC (2007). *Climate Change, Synthesis report*. Ontleend aan: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

- IPCC (2011a). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Cambridge University Press, Cambridge en New York. Ontleend aan: <http://srren.ipcc-wg3.de/report>
- IPCC (2011b). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge/ New York, 2011b.
- Jesse, Jan Hein en Coby van der Linden (2008). *Oil Turbulence in the Next Decade. An Essay on High Oil Prices in a Supply-Constrained World*. Clingendael, Den Haag, 2008. Ontleend aan: www.clingendael.nl/publications/2008/20080700_ciep_energy_jesse.pdf
- Michael L. Ross (2012). *The Oil Curse: How Petroleum Wealth Shapes the Development of Nations*. Princeton University Press
- NCDO (2012). *De Verkiezingsprogramma's over internationale duurzaamheid en armoedebestrijding*, NCDO, Amsterdam. Ontleend aan: <http://ncdo.nl/artikel/analyse-verkiezingsprogrammas>
- OECD. Environmental Outlook 2050. OECD, Parijs, 2012. Ontleend aan: www.oecdbookshop.org/oecd/display.asp?CID=&LANG=EN&SF1=DI&ST1=5K9D0CV164D4
- Oxfam International (2008). *Another Inconvenient Truth. How biofuel policies are deepening poverty and accelerating climate change*. Oxfam Briefing Paper 114, Amsterdam.
- Pbl en ECN (2011). *Naar een schone economie in 2050: routes verkend*. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag. Ontleend aan: www.pbl.nl/publicaties/2011/naar-een-schone-economie-in-2050-routes-verkend
- Projectenboek Windenergie (2008). *Analyses van windenergie projecten in voorbereiding*, i.o. Min VROM, EZ en LNV, Den Haag.
- Rifkin, Jeremy (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World*. Palgrave Macmillan, New York.
- RMNO. 'De volle zaaierhanden. Energietransitie, op naar een volgende fase. Een handreiking voor een effectief energiebeleid. Eindrapportage RMNO-project energie & duurzaamheid (oktober 2010). Ontleend aan: www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2010/10/22/de-volle-zaaiershanden.html
- Stiglitz, Joseph. Rijkdom is vaak een vloek. In: de Volkskrant, dd 12-08-2004
- Verenigde Naties. Sustainable Energy for All. A Framework for Action. VN, New York, 2012. Ontleend aan: www.sustainableenergyforall.org/resources

Geraadpleegde websites

- <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2816/Klimaatverandering/article/detail/3003900/2011/10/31/Klimaatceptici-hoeven-niet-meer-te-twijfelen.dhtml>
- <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/699902/2004/08/12/Rijkdom-is-vaak-een-vloek.dhtml>
- www.fusie-energie.nl/nl/fusie-energie/feiten-over-fusie-energie
- www.hier.nu/klimaat/CO2-reductie_emissiereductie.html
- www.newstatesman.com/environment/2010/09/interviewgay-climate
- www.fusie-energie.nl/nl/fusie-energie/feiten-over-fusie-energie
- <http://nl.wikipedia.org/wiki/Teerzand>
- www.businessinsider.com/what-the-worst-case-scenario-in-iran-would-mean-for-world-oil-prices-2012-3
- www.peakoil.nl
- www.guardian.co.uk/environment/2012/feb/20/canada-eu-tar-sands?intcmp=122
- www.wealthdaily.com/articles/oil-price-fantasy-the-true-cost-of-crude/2730
- www.greencarreports.com/news/1043209_shell-ceo-predicts-evs-will-account-for-40-of-market-by-2050
- http://wikimobi.nl/wiki/index.php?title=Well_to_Wheel
- www.nwea.nl/windenergie-de-feiten
- <http://milieudefensie.nl/biomassa/biokerosine/wat-wil-milieudefensie>
- www.wnf.nl/nl/wat_wnf_doet/thema_s/bossen/ontbossing/palmolie/
- www.youtube.com/watch?v=c9sVqZYO4mA
- www.fusie-energie.nl/nl/fusie-energie/
- www.geothermie.nl
- www.renew-is-academy.org/
- www.telegraaf.nl/dft/nieuws_dft/3496338/_Shell_koopt_in_2009_geen_aandelen_terug_.htm
- <http://sustainabilityreport.shell.com/2010/introduction.html?cat=b>
- www.nuzakelijk.nl/column-jan-rotmans/2714120/shell-helpt-niet-.html
- www.zonnighuren.nl
- www.hetkanwel.net/zelf-geld-verdienen-met-wind
- www.eigenhuis.nl/webwinkel/energie/123zonne-energie/
- www.transitiontowns.nl
- www.deramplaan.nl/index.html

In de NCDO Globaliseringsreeks zijn tot nu
toe de volgende kennisdossiers verschenen:

1. Groene Economie (2011)
2. Voedselzekerheid (2012)
3. Water (2012)
4. Duurzame Energie (2012)
5. Armoedebestrijding (2012)



Dit kennisdossier is een uitgave van NCDO, augustus 2012