

In het december nummer uit 2011 van 'Spanning' - het blad van het wetenschappelijk bureau van de SP - stond het onderstaande artikeltje. Aangezien het nu niet meer op de site van de SP staat heb ik er een kopie van op m'n eigen webstek gezet.  
E.W.

---

### **Een thema voor de 21e eeuw: Van "opmaakenergie" naar duurzame energie** (door Evert Wesker)

*Ongeveer tien jaar geleden kwam ik een lijstje tegen waarin een aantal algemene wereldthema's c.q. problemen werden opgesomd: 1. Energievoorziening 2. Watervoorziening, 3. Voedselvoorziening 4. Milieu / uitputting natuurlijke (hulp)bronnen / klimaat 5. Levenspeil / welvaart 6. Gezondheidszorg 7. Gewelddadige conflicten 8. Onderwijs 9. Bevolkingsbeleid (denk in het bijzonder aan de positie van vrouwen) 10. Lokaal zelfbeschikkingsrecht c.q. democratie. De energievoorziening staat bovenaan en wie er even over door denkt ziet gemakkelijk in waarom dat zo is. De andere punten zoals water en voedselvoorziening, uitputting van natuurlijke hulpbronnen (denk bijvoorbeeld aan ontbossing als mensen geen andere brandstof hebben) en het levenspeil, de kwaliteit van het bestaan, hangen er ten nauwste mee samen. Als het daar fout gaat, komt er van de daaropvolgende punten helemaal niets meer terecht.*

Wie zich verdiept in het verloop van de olieproductie ziet dat, ondanks de sinds 2000 sterk gestegen prijzen, de conventionele olieproductie vanaf 2004 vrijwel gelijk is gebleven. Om aan de toenemende vraag te voldoen zijn voor een deel aardgascondensaat, non-conventionele zeer zware olie en biobrandstof aangewend (zie: *BP Statistical Review of World Energy*, June 2011).

De piek in de conventionele olieproductie is in zicht, ja, is misschien zelfs al gepasseerd. Wat overblijft, is moeilijker winbare olie. Voor aardgas geldt een soortgelijk verhaal, al zit de piek daarvan nog iets verder in de toekomst. Zelfs de relatief gemakkelijk hoeveelheid winbare kolen is bepaald niet onuitputtelijk. Recente studies (zoals van de Energie Watch Group uit 2007) hebben zeer aannemelijk gemaakt dat dergelijke kolenvoorraden aanzienlijk kleiner zijn dan vaak wordt opgegeven.

Als men op de huidige voet zou doorgaan, dan komt het moment – en dat is dichterbij dan menigeen lief is – dat men naar niet-conventionele bronnen moet grijpen. Teerzanden, gas uit leisteen, gas uit kolenbedden. Deze bronnen zijn echter alle veel moeilijker in productie te brengen. Je hebt veel meer putten nodig, en de lokale 'voetafdruk' is vele malen groter.

### **Toename kooldioxide**

Daarnaast komt er op termijn ook een ander probleem om de hoek kijken, en dat is de emissie van kooldioxide, die bij deze non-conventionele bronnen vaak aanzienlijk groter is. Het probleem van die emissie is dat de concentratie van kooldioxide tot 390 ppm is gestegen, terwijl dit ooit, ruim tweehonderd jaar geleden, 280 ppm was. Dat betekent dat er twee eeuwen geleden 280 deeltjes kooldioxide per miljoen deeltjes in de atmosfeer zaten en nu 390. Er bestaat een overvloed aan wetenschappelijke publicaties waarin de effecten van die toename op het klimaat worden beschreven. Ook in ons land is dat het geval. Na 1988 was de gemiddelde temperatuur in Nederland 10.4°C terwijl die vanaf 1900 tot 1988 9.2°C was. We zijn al zo aan vrij

warme zomers gewend geraakt dat de afgelopen zomer (van 2011) door sommigen 'de slechtste aller tijden' werd genoemd. En dat terwijl zo'n zomer in de twintigste eeuw qua temperatuur slechts 'een ietsje aan de koele kant' zou heten (hij was vooral nat).

Elders in de wereld zijn de gevolgen opvallender. De ijsbedekking van de Noordelijke IJszee daalt in een hoog tempo. In 2010 en 2011 waren, voor het eerst in de geschiedenis, zowel de Noordwestelijke Doorvaart door de pool-archipel van Canada als de passage om de noord langs de Siberische kust aan het einde van de zomer goed bevaarbaar.

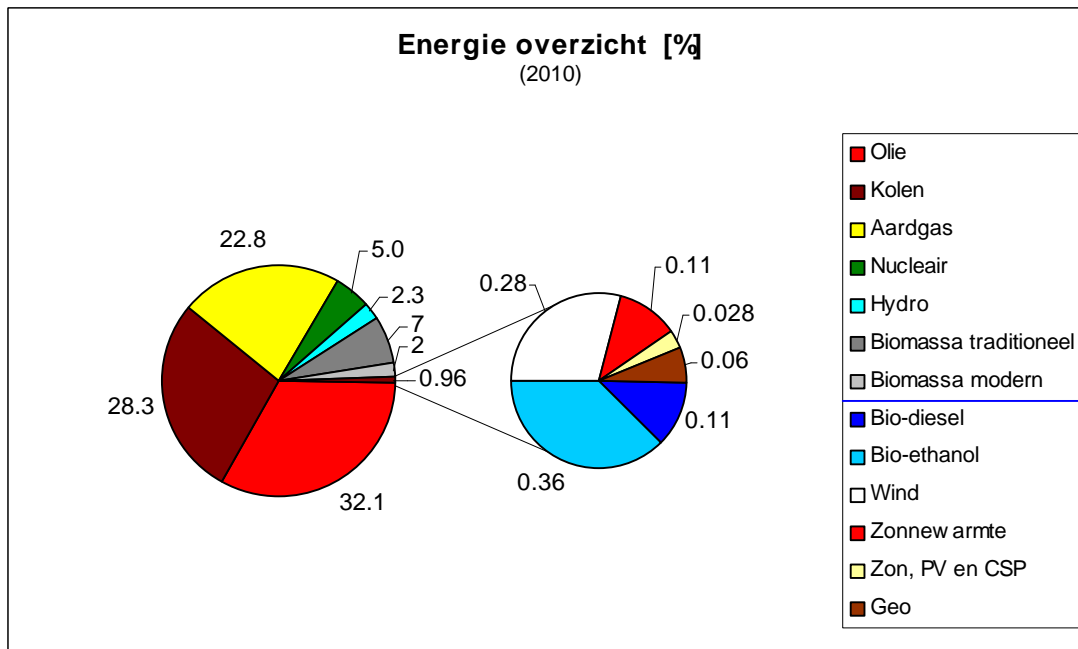
Er zijn dus op zijn minst twee goede redenen om naar een duurzame energievoorziening te streven. Ten eerste komen de grenzen van de gemakkelijk toegankelijke voorraden in zicht en ten tweede worden we, als we op de huidige voet doorgaan, op termijn zeer waarschijnlijk met grote milieu- en klimaatproblemen geconfronteerd. Een derde punt, de eventuele afhankelijkheid van leveranties vanuit een beperkt aantal landen, laat ik in dit verband buiten beschouwing.

## **Hoeveel energie is er nodig?**

Het totale energieverbruik van de mensheid in 2010 was ongeveer 520 ExaJoule. Als je dat per persoon, bijna zeven miljard mensen, op deze wereld uitreken kom je op ongeveer 2400 Watt per jaar. Anders gezegd: dat zijn drie paarden die 24 uur per dag voor je aan het werk zijn! In Nederland gaat het om ruim 6000 Watt per persoon (150 kWh per dag).

Er zijn echter grote delen van de wereld waar het energie-verbruik per persoon aanzienlijk lager is dan deze 2400 Watt. In studies van de VN is berekend dat voor een hoge kwaliteit van bestaan een zeker minimum aan energie nodig is. Dit is ongeveer 2500 Watt. Het betekent dat voor het arme deel van de wereld de energievoorziening nog aanzienlijk moet worden uitgebreid. Kortom: de totale energiebehoefte zal nog stijgen.

In de grafiek staat het huidige energieverbruik van de wereld in procenten van de energiebronnen weergegeven. Meer dan 80 procent wordt nog altijd door fossiele brandstoffen (olie, kolen, aardgas) gedekt. Slechts ongeveer vijf procent kan als min of meer 'duurzaam' worden geclassificeerd. Een deel van de waterkracht, een deel van de biomassa, en de puur duurzame bronnen (in totaal ongeveer 1 procent) vallen hier onder.



## Wat komt er bij duurzame energie kijken?

Ik volsta met de belangrijkste vormen van duurzame energie: zon, wind, en bio-brandstof.

### Zon

De hoeveelheid zonne-instraling op aarde is gemiddeld over 24 uur ongeveer 235 Watt per vierkante meter. In Nederland is dat ongeveer 115 Watt/m<sup>2</sup>. Een zonnecel van een vierkante meter groot levert ongeveer 90 kWh per jaar aan elektriciteit op (ofwel gemiddeld over 24 uur circa 10 Watt/m<sup>2</sup>). In zonnige gebieden is zo'n 20 Watt/m<sup>2</sup> gemakkelijk haalbaar.

Voor de elektriciteit van Nederland kom je op basis van de bovengenoemde 10 Watt/m<sup>2</sup> op 1200 km<sup>2</sup> uit. Maar denk er aan: dit is gemiddeld! Op een mooie zomerdag levert het ruim het dubbele van wat je nodig hebt, terwijl het in de winter slechts een fractie ervan is.

Een punt dat ook aandacht verdient is de materiaal-intensiteit. Als je 'zonnecentrales' in het veld zou willen plaatsen, dan heb je gauw iets in de orde van 5 à 10 kg 'ijzer in de wei' (zeg het gewicht van een sportfiets) per vierkante meter nodig. Dat komt voor 1 km<sup>2</sup> dus neer op 5000 à 10000 ton! Anders gezegd: als je een equivalent van de huidige elektriciteitsproductie in de wereld in een woestijn zou willen neerzetten (ongeveer 100.000 km<sup>2</sup>) dan praat je over een half tot 1 miljard ton ijzer. Dat laatste komt in de buurt van de totale jaarlijkse wereldwijde ijzerproductie.

Dit illustreert dat het niet zomaar even gedaan kan worden. Het is een reuzenkarwei dat vele decennia zal duren.

### Wind

Grote moderne windmolens kunnen drie tot vijf MegaWatt leveren. Men dient zich echter te realiseren dat dit vermogen, afhankelijk van het type, pas bij 12 à 15 m/s wordt geleverd. Dan praat je over windkracht 6 à 7. Duidelijk is daarom dat molens gemiddeld in de tijd slechts 25 à 35 procent van dit volle vermogen zullen leveren.

Alleen op zeer winderige plekken (bijvoorbeeld de Shetland-eilanden) zal dat wat meer zijn.

Als je dus de 12.000 MegaWatt piekvermogen die Nederland nodig heeft, zou willen opstellen in de vorm van windmolens dan praat je over zo'n 4.000 molens (in de Noordzee, of op open land).

Ook is er veel ruimte nodig. Je kunt ze niet te dicht bij elkaar zetten, omdat ze elkaar dan gaan beïnvloeden/storen. In de praktijk moet je uitgaan van ongeveer 3 MegaWatt per km<sup>2</sup>. Je hebt dus minimaal 4.000 km<sup>2</sup> nodig ofwel bijna de hele provincie Noord-Holland.

Ook hier moet de materiaal-intensiteit niet worden onderschat. Een 3 MegaWatt molen (de kolom en de gondel) weegt al gauw zo'n 300 ton, terwijl de voet (beton) iets soortgelijks weegt. Net als bij zonne-energie heb je hiervoor de totale wereld-elektriciteitsproductie ruwweg 1 miljard ton staal nodig.

### **Biomassa**

Het idee van biomassa is dat er vloeibare brandstoffen uit gewassen worden geproduceerd. De koolstof van de planten komt uit de lucht, dus voeg je op deze wijze geen extra koolstof aan de atmosfeer toe.

Daarmee zijn we er nog niet. Je moet namelijk het plantenmateriaal eerst omzetten in alcohol door fermentatie en distillatie of in olie door het uit te persen voordat je het als brandstof in handen hebt. Deze bewerkingen kosten energie. Ook eventuele bevoeiing en kustmest kosten energie. Daarnaast geeft een kilo kunstmest ongeveer tien gram distikstofoxide (lachgas) af. Lachgas is een zeer effectief broeikasgas (310 maal zo sterk als kooldioxide). Ten slotte is de opbrengst bescheiden. De gemiddelde opbrengst is ongeveer 5 ton alcohol per hectare per jaar (½ Watt per vierkante meter). Om een idee te geven: Nederland gebruikt gemiddeld over 24 uur 100.000 MegaWatt aan primaire energie (alle energie bij elkaar). Voor 'Nederland op biomassa' zou je op deze manier dus 200.000 km<sup>2</sup> nodig hebben. Nederland in zes verdiepingen... Dat gaat dus niet.

Ook op wereldschaal wordt het problematisch om totaal op biomassa te gaan draaien. Als je het huidige totaal aan vloeibare brandstoffen over de hele wereld, ongeveer 1/5 van het totale energie verbruik, op deze basis zou willen dekken, dan heb je ongeveer 6 miljoen km<sup>2</sup> nodig. Het huidige areaal aan hoogwaardige landbouwgrond is 15 miljoen km<sup>2</sup>. We zitten straks met 9 à 10 miljard mensen op deze planeet, en die moeten ook nog eten... Bij biomassa loop je dus ook tegen limieten op.

### **Hoe snel kan het?**

Ik heb al laten zien dat de materiaalintensiteit van duurzame energie fors groter is dan bij conventionele energie. Bij het vervangen van een duizend MegaWatt-elektriciteitscentrale door windmolens praat je al gauw over vele honderdduizenden tonnen staal. Dat alleen al betekent dat vervanging heel veel tijd gaat kosten.

Gert Jan Kramer en Martin Haigh schreven in *Nature* van 3 december 2009 een interessant stuk ('No quick switch to low-carbon energy' (•)) dat hier een verhelderend licht op werpt. Ze onderzochten hoe snel nieuwe energie-technologieën ingang vinden in de wereld. Het blijkt dat vanaf een pril introductiestadium (tientallen MegaWatts) tot aan het stadium dat men van een 'volwassen' technologie kan spreken (tientuizenden MegaWatts) er al gauw twee tot drie decennia voorbij gaan. De groei-percentages zijn weliswaar vaak zo'n 25 procent per jaar, maar je moet van klein en ver komen. (†)

Het is zeer aannemelijk dat pas rond 2020 à 2025 'zon' en 'wind' ieder rond de twee procent van de totale wereld-energieproductie zullen uitmaken. Datzelfde geldt voor biobrandstof, waarbij de kwestie van concurrentie met voedsel ook nog eens een rol kan spelen. Verder blijkt uit het artikel dat er vanaf het 'volwassen' stadium een vertraging van de groei plaatsvindt. De 25 procent per jaar zakt naar 5 à 10 procent, of zelfs lager. Daarom zal zelfs het halen van de doelstelling 'meer dan 50 procent duurzaam' per 2050 nog een zeer grote inspanning vergen.

Indien men de totale conversie naar duurzaam niet in een voldoende hoog tempo kan voltooien dan komt een andere mogelijkheid aan de orde. Ik doel hiermee op het afvangen en in de bodem opbergen van kooldioxide. Men moet daar echter ook niet te licht over denken. Stel dat men 500.000 MegaWatt aan elektriciteitscentrales op aardgas zou uitrusten met kooldioxide-afvang. Bij een rendement (inclusief afvang) van 50 procent komt dat neer op 1.85 miljard ton kooldioxide per jaar. Als dat bij 200 bar en 30°C in de grond wordt gestopt dan praat je – in 'olietermen' – over maar liefst 35 miljoen vaten per dag. Dus voor iets als zeven procent van het totale energie-verbruik heb je in ruwe orde van grootte een infrastructuur nodig die half zo groot is als de huidige olieproductie-infrastructuur.

Men kan er ook voor kiezen om dit niet te doen. Dan wordt de keuze: meer risico met het klimaat nemen, of een 'power down-scenario' onder ogen zien. Dat laatste betekent dat we dan in het rijke deel van de wereld wellicht op enig moment een verandering naar een minder energie- en materiaal-intensieve levensstijl onder ogen zullen moeten zien. Anders gezegd zullen we ons dan minder spullen kunnen veroorloven. De samenleving en de politiek moeten dit soort keuzes op basis van de huidige kennis maken, een moeilijke opgave.

(\*) Nature 462, 568-569 (3 December 2009)

(†) [http://www.nature.com/nature/journal/v462/n7273/fig\\_tab/462568a\\_F1.html](http://www.nature.com/nature/journal/v462/n7273/fig_tab/462568a_F1.html)