

## Duurzame energiesystemen, uitdaging voor de volgende eeuw

**Citation for published version (APA):**

Daey Ouwens, C. (1997). *Duurzame energiesystemen, uitdaging voor de volgende eeuw*. Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1997

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# Duurzame Energiesystemen, uitdaging voor de volgende eeuw

## INTREEREDE

Prof.ir. C. Daey Ouwens



Technische Universiteit Eindhoven

# INTREEREDE

Uitgesproken op 27 juni 1997  
aan de  
Technische Universiteit Eindhoven

Prof.ir. C. Daey Ouwens

Mijnheer de Rector Magnificus,  
dames en heren,

De titel van deze rede “Duurzame energiesystemen, uitdaging voor de volgende eeuw”, is uiteraard gebaseerd op mijn benoeming tot bijzonder hoogleraar aan de Technische Universiteit in Eindhoven, met als opdracht: Het ontwerpen van duurzame energiesystemen. Deze rede bestaat uit drie delen:

1. In het eerste deel ga ik in op de vraag wat we onder duurzame energiesystemen verstaan. Dit tegen de achtergrond van het beeld van onze toekomstige energievoorziening zoals dit uit enkele scenario's naar voren komt.
2. Het tweede deel gaat in op het kader waarbinnen de introductie van duurzame energiesystemen plaatsvindt, namelijk dat van een Duurzame Ontwikkeling.
3. Het derde deel heeft betrekking op de vraag wat dit betekent of kan betekenen voor een universiteit.

Rode draden of thema's zijn:

- door het toepassen van duurzame energiesystemen is een aanzienlijke reductie van de emissie van verontreinigende stoffen en het gebruik van grondstoffen en materialen haalbaar. De introductie van dergelijke systemen vergt echter wel een grote

inspanning van onze samenleving. Ook leidt het gebruik van duurzame energiesystemen tot andere concepten en structuren binnen de energievoorziening;

- wat de Duurzame Ontwikkeling betreft zal naar voren komen dat de “vertaalslag” van het beeld van een Duurzame Ontwikkeling naar concreet beleid, nog bij lange na niet is voltooid. Een waarschuwing voor een te groot optimisme is hier op z'n plaats;
- voor het onderzoek geldt dat dit - vooral mondiaal gezien - maar mondjesmaat wordt opgepakt en dat dit om een extra inspanning vraagt.

## **Duurzame energiesystemen**

De energievoorziening is van vitaal belang voor het functioneren van onze samenleving. De geïndustrialiseerde wereld is ondenkbaar zonder een betrouwbare energievoorziening en dit tegen acceptabele kosten.

De eerste energiebron die ons ter beschikking stond was onze spierkracht, daarna was hout de belangrijkste bron en met name in deze eeuw is het energiegebruik aanzienlijk toegenomen door de inzet van de fossiele energiebronnen.

Probleemloos verloopt de energievoorziening niet. Te denken valt aan de energiecrises van 1973 en 1979, waarbij schoksgewijze prijsverhogingen plaatsvonden en de recente

golffoorlog van 1990, waarin de kwetsbaarheid van de olievoorziening nadrukkelijk naar voren kwam. Ook het ongeluk in Tsjernobyl in 1986 heeft diepe sporen achtergelaten.

Verder zijn er grote milieu- en veiligheidsproblemen. Hierbij gaat het o.a. om het zgn. broeikaseffect, veroorzaakt door de emissie van kooldioxide (CO<sub>2</sub>) en de emissie van verzurende stoffen (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>). Bij kernenergie spelen de risico's verbonden met het gehele systeem en de afvalproblematiek een centrale rol.

Er zijn echter meer gebieden die onze aandacht vragen. Het gaat hierbij b.v. om de structuur van de energievoorziening met de rol van de overheid daarbij; dit punt is vooral actueel in verband met de liberalisering van de "energiemarkt".

Onze energievoorziening heeft z'n huidige vorm verkregen doordat er steeds keuzes zijn gemaakt. Dit geldt zowel voor de overheid als het bedrijfsleven. Deze keuzes bepalen in hoge mate wat in de toekomst nog mogelijk is. Een snelle uitputting van de nationale gasreserves betekent dat er in de volgende eeuw op dit gas geen beroep meer kan worden gedaan. De keuze voor een bepaalde infrastructuur voor gas, elektriciteit, warmte of waterstof legt de energievoorziening voor een groot deel vast. Ook de keuze voor onderzoeksgebieden bepaalt wat over

enkele decennia haalbaar is. Keuzes worden gemaakt aan de hand van beelden die er zijn over de toekomstige energievoorziening. Scenario's spelen hierbij tegenwoordig een belangrijke rol. Op twee scenario's wil ik nader ingaan.

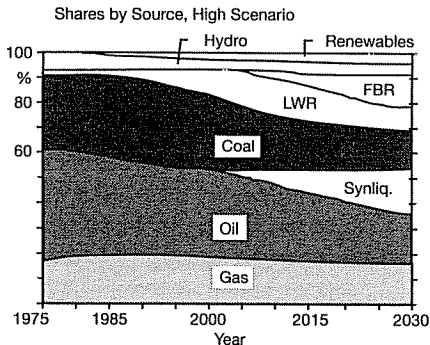
### **Scenario's**

Mede door de eerder aangegeven problemen heeft zich de afgelopen 20 jaar een fundamentele verandering voorgedaan in het beeld omtrent de energievoorziening in de volgende eeuw.

Rond 1970 was het overheersende beeld dat in de volgende eeuw kolen en kernenergie bepalend zouden zijn. Bij kernenergie ging het dan met name om de inzet van kweekreactoren. Dit beeld werd uitgedragen door de "gevestigde instituten" zoals de KEMA en het RCN (Reactor Centrum Nederland, nu het Energie onderzoeks Centrum Nederland), de overheid en de meer "rechtse" politieke partijen. Vanuit de universiteiten ondervond dit toekomstbeeld veel steun. De rede-nering achter het geheel was:

- er is veel en goedkope energie nodig
- alleen kolen en kernenergie kunnen daar aan voldoen.

Het volgende scenario uit de zeventiger jaren geeft dit beeld goed weer. Het scenario is samengesteld door het International Institute for Applied System Analysis (IIASA) te Wenen (1).



*Figuur 1: Scenario van het International Institute for Applied System Analyses (IIASA) te Wenen (1). In percentages is de verdeling van het wereldenergiegebruik over de diverse energiebronnen weergegeven. Synliq. zijn uit kolen vervaardigde vloeibare energiedragers. LWR en FBR zijn resp. lichtwater- en snelle kweekreactoren gebaseerd op het gebruik van kernenergie.*

In het scenario is te zien dat rond 2030 tussen de 50 en 60% van het wereldenergiegebruik wordt geleverd door kernenergie en steenkolen. De bijdrage van aardolie neemt snel af en de duurzame energiebronnen spelen geen rol van betekenis.

Rond 1970 waren er ook wel andere geluiden. Deze kwamen uit de "alternatieve hoek". De zwaartepunten voor de toekomstige energievoorziening lagen bij het efficiënt gebruik van energie en de inzet van de duurzame energiebronnen.

De duurzame energiebronnen zijn:

zon, wind, biomassa, waterkracht, geothermie, stromingen (b.v. getijden) en energie uit temperatuurverschillen op zee. Dit beeld werd met name ondersteund door de milieubeweging en de meer "linkse" politieke partijen. Hoewel de scheiding tussen de "gevestigde instituten" en de "alternatieven" niet scherp was, was er wel sprake van een "tweedeling" in onze samenleving. Terzijde wordt nog opgemerkt dat ook in het buitenland sprake was van een tweedeling. Ook daar was de scheiding echter niet scherp; soms waren het zelfs de meer rechtse politieke partijen die tegen kernenergie waren. In de energie-cursus die begin 1973 aan de TUE werd gegeven is deze tweedeling goed terug te vinden (2). Het was overigens ook een tijdperk met sterke veranderingen op sociaal-cultureel gebied; de tijd van pro-vo's, flower power, communes e.d.. De koppeling van de alternatieve energiemodellen aan de alternatieve maatschappelijke stromingen heeft de acceptatie van deze modellen waarschijnlijk eerder geremd dan gestimuleerd. De reactie van de gevestigde instituten op de alternatieve modellen was kort samengevat:

- het efficiënt gebruik van energie moet worden ondersteund, maar de mogelijkheden ervan zijn (zeer) beperkt. Een ingrijpende vermindering van het energiegebruik tast de economische groei aan; het licht gaat uit.

- de bijdrage van de duurzame bronnen is wellicht van belang voor de Derde Wereld, maar voor de geïndustrialiseerde wereld is er geen wezenlijke bijdrage van te verwachten.

De discussies waren heftig. Dit vooral rond kernenergie. Vrijwel elk aspect stond ter discussie. Het ging hierbij o.a. om de voorraden aan uranium, de invloed van straling, de kosten, de energiebalans (gaat er niet meer energie in dan er uit komt) en de opwerking van radio actief materiaal. De centrale punten waren echter de veiligheid, de opslag van radio actief afval en het zgn. proliferatieprobleem (de verspreiding van kernwapens door het gebruik van civiele splijtstoffen). De ontwikkelingen in o.a. Rusland van de afgelopen 10 jaar hebben echter geleerd dat kernenergie alleen maatschappelijk verantwoord toepasbaar is in een samenleving die stabiel is. Kernenergie vereist een goed gestructureerde organisatie die over een zeer lange periode moet functioneren (b.v. 1000 jaar). Dus, hoe dan ook geen kernenergie? Nee, indien het lukt om inherent veilige reactoren te bouwen, die weinig radio actief materiaal als afval produceren en dit met een korte halfwaarde tijd, dan zijn er wellicht nog mogelijkheden (3).

In ons land leidden de discussies o.a. tot de instelling van de Brede Maatschappelijke Discussie

Energiebeleid (BMD). Deze discussie vond plaats in de periode 1981 tot en met 1983 (4 en 5). Het doel was om een maatschappelijke discussie te begeleiden over de toekomstige energievoorziening voor elektriciteitsopwekking waarbij een mogelijke rol van kernenergie werd geëvalueerd. Aangezien voor de energievoorziening veel aspecten nauw met elkaar zijn verbonden, ging de discussie in de praktijk niet alleen over het beleid t.a.v. de opwekking van elektriciteit, maar over het hele energiebeleid. De discussie werd gevoerd aan de hand van een zgn. Tussenrapport. Bij de uitvoering werd een breed scala van communicatie-technieken ingezet, zoals het verspreiden van documentatie en het houden van bijeenkomsten. Bij deze discussie is getracht een zo groot aantal mogelijke "actoren" te betrekken. Als de uitkomsten van de BMD globaal worden gekarakteriseerd dan komt het volgende beeld naar voren:

- de wenselijkheid van energiebesparing is op zich weinig omstreden, de meningen divergeren daar waar de mate van energiebesparing in het geding is;
- over het algemeen wordt de voorkeur gegeven aan een terughoudend beleid ten aanzien van de fossiele brandstoffen. Het minst terughoudend stelt men zich op tegenover het aardgasgebruik;
- nagenoeg unaniem is men van

oordeel dat meer aandacht moet worden besteed aan bestudering en toepassing van duurzame bronnen;

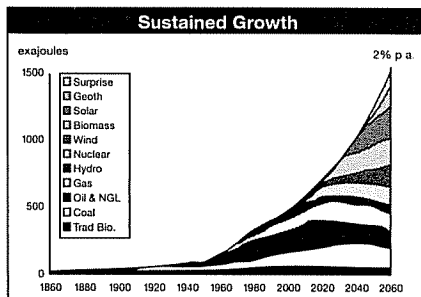
- uitbreiding van de toepassing van kernenergie wordt door een grote meerderheid afgewezen; de bestaande kerncentrales Dodewaard en Borssele kunnen worden opengehouden; er is geen meerderheid voor sluiting;
- er is een duidelijke voorkeur voor een decentrale energievoorziening. Dit geldt voor de keuze van de systemen (WKK, duurzame energiebronnen), maar ook voor de organisatorische structuur.

Bij de beoordeling van de resultaten van de BMD moet voor ogen worden gehouden dat deze zich afspeelde tegen een achtergrond van hoge prijzen van met name aardolie en aardgas; het beeld was verder dat deze prijzen verder zouden stijgen.

Zoals zal blijken, geven de uitkomsten van dit maatschappelijke debat het huidige beeld van de toekomstige energievoorziening al goed weer.

Na het beëindigen van de BMD besloot de overheid - na de nodige studies - om toch door te gaan met kernenergie en een start te maken met de bouw van twee grote kerncentrales. De politieke verschuiving in die periode naar de meer rechtse partijen is hier niet los van te zien. Tsjernobył maakte een eind aan dit voornemen.

Het maatschappelijke proces rond de beeldvorming van de energievoorziening in de volgende eeuw is uiteraard doorgedaan. De laatste jaren zijn er meerdere scenario's gemaakt (6). Een scenario dat het huidige beeld van de toekomstige voorziening goed weergeeft is dat van Shell uit 1994 (7). In figuur 2 is het opgenomen. Nu zijn de duurzame energiebronnen bepalend (zon, wind, biomassa, waterkracht en geothermie). Nemen we een nieuwe - nog niet aan te geven - ontwikkeling mee (surprise) dan leveren de duurzame bronnen meer dan 60% van de vraag naar energie rond het jaar 2060. De bijdragen van kolen en kernenergie bedragen dan nog slechts resp. 10 en 7%.



Figuur 2: Shell scenario voor de inzet van energiebronnen in de volgende eeuw. In de linkerkolom staan de verschillende energiebronnen in dezelfde volgorde als in de figuur is weergegeven.



Tot zover de verandering van het beeld rond de keuze van energiebronnen. Maar, wat betekent dit nu voor de vraagkant? Ook hier worden de scenario's gebruikt van IIASA en Shell. Beide hebben namelijk een hoog en laag scenario samengesteld wat betreft de vraagkant. De keuze en procentuele bijdrage van de bronnen is in de hoge en lage groeiscenario's nagenoeg gelijk. De vraagkant is in tabel 1 samengevat.

*Tabel 1: Vraag naar energie in de wereld in de hoge en lage groei-scenario's van IIASA en Shell in Exajoule (10<sup>18</sup>J).*

year	1995	2030 IIASA	2030 SHELL	2060 SHELL
high	400	1100	850	1600
low		700	600	900

Wat bij de beschouwing van de getallen opvalt is dat in 1970 de verwachtingen van het gebruik in 2030 (IIASA) duidelijk hoger waren dan nu het geval is (Shell). Verder is er een groot verschil tussen een hoog en laag scenario. Het lage scenario van IIASA wordt bereikt door uit te gaan van een lage economische groei (ca. 1%). Soortgelijke lage groei scenario's, zoals die naar voren komen in het Shell scenario, worden in de studie van IIASA slechts afgedaan met de

opmerking dat dit leidt tot "radical changes in how people live". Echter door Shell wordt het lage scenario als een "dematerialisation" scenario aangeduid, met nog steeds een aanzienlijke economische groei (ca. 3%). De beschrijving ervan bevat geen negatieve "ondertoon". Wel betekent het een uitdaging als het gaat om het ontwikkelen van de noodzakelijke nieuwe technologieën.

Terzijde wordt nog opgemerkt dat, door de recente ontwikkelingen, van de eerdergenoemde "tweede-ling" in onze samenleving nog nauwelijks sprake is.

Samengevat komt het er op neer dat het algehele beeld voor de energievoorziening in de volgende eeuw drastisch is gewijzigd. De uitgangspunten die nu overwegend worden onderschreven zijn:

1. Het steeds efficiënter gebruiken van energie.
2. De inzet van fossiele brandstoffen wordt tot een minimum beperkt, waarbij het zwaartepunt bij (aard)gas komt te liggen. Het gebruik van deze brandstoffen moet zo schoon mogelijk plaatsvinden.
3. Optimale introductie van de duurzame energiebronnen.
4. De toekomstige energievoorziening leidt niet tot comfortverlies en economische groei blijft mogelijk.

Een voor de hand liggende vraag is natuurlijk of dit laatste beeld er over

20 jaar ook weer totaal anders zal uitzien. Ik denk van niet en wel om de volgende redenen. In de eerste plaats leiden de scenario's tot een veilige en voor het milieu acceptabele energievoorziening. Daarbij is tevens ruimte voor economische ontwikkeling. In de tweede plaats blijkt er een groot maatschappelijk draagvlak voor dit soort scenario's te zijn.

Wat betekent voorgaande nu in de praktijk? Wel, er zal veel moeten veranderen. De energievoorziening zal op duurzame energiesystemen moeten worden gebaseerd. Aan de hand van twee voorbeelden wordt duidelijk gemaakt wat onder dergelijke systemen wordt verstaan. Het zijn onderwerpen waar ik zelf direct bij ben betrokken. Steeds wordt de oude situatie weergegeven met daarna de overgang naar de nieuwe situatie. Tevens ga ik in op het maatschappelijke proces dat cruciaal is om een nieuwe technologie of nieuw systeem te introduceren.

### **IJskasten (8)**

Rond 1990 was de situatie als volgt.

Het energiegebruik van een 200 liter ijskast lag rond de 400 kWh per jaar. Als middel voor de warmtepomp om de ijskast op temperatuur te houden en voor het vulmiddel in de isolatie van de kast werden de zgn. CFK's (verbindingen van chloor, fluor en koolstof) gebruikt. Deze stoffen tasten de

ozonlaag aan. Hierdoor komt er meer ultraviolette straling aan op aarde en o.a. verhoogt deze - waarschijnlijk - de kans op huidkanker. Gezocht werd in eerste instantie naar een ander middel voor de CFK's. Voor het isolatiemateriaal bleek dit geen probleem.

Verschillende middelen lenen zich hiervoor. De isolatiewaarde blijft met b.v. propaan als blaasmiddel zelfs toe te nemen. Voor de vervanging van de CFK's in de warmtepomp lag het ingewikkelder. De industrieën die de CFK's op de markt brengen, kwamen - na een periode van kostbaar onderzoek - met de zgn. HFK's (verbindingen van waterstof, fluor en koolstof) als vervangend middel. Vanuit de milieubeweging werd echter het gebruik van propaan-butaan mengsels gepropageerd.

Er ontstond een discussie over de voor- en nadelen van de middelen. Vanuit de chemische industrieën werd naar voren gebracht dat propaan brandbaar is. Tevens werd gesteld dat met propaan het rendement van een ijskast achteruit gaat. Dit laatste argument blijkt niet op te gaan; het rendement gaat er met propaan zelfs iets op vooruit. Vanuit met name de milieubeweging is naar voren gebracht dat de HFK's zeer lastig hanteerbaar zijn; dit o.a. vanwege de sterke hygrosopische eigenschappen van de benodigde smeerolie. Weliswaar tasten de HFK's de ozonlaag niet aan, maar ze leveren - indien ze

vrijkomen in de lucht - wel een bijdrage aan het broeikaseffect en bij brand kunnen giftige stoffen ontstaan. Verder is een andere soort olie nodig in de warmtepomp. De HFK's zijn relatief duur. Voor de ontwikkelingslanden betekent het dat - nog los van de kosten - door licenties de afhankelijkheid van de geïndustrialiseerde wereld wordt vergroot. Overigens worden er om HFK's te produceren eerst CFK's gemaakt. Bij een ongeluk tijdens de productie kunnen CFK's dus alsnog in de atmosfeer terecht komen. Wat het brandgevaar van propaan betreft is er o.a. door de milieubeweging op gewezen dat het bij een ijskast slechts om zeer kleine hoeveelheden gaat. Een hoeveelheid die overeenkomt met de inhoud van enkele aanstekers.

De "strijd" tussen de partijen is vooral gevoerd in Duitsland en Nederland. Bepalend is geweest dat in Duitsland het bedrijf FORON, op aandrang van Greenpeace, met ijskasten met propaan als koelmiddel op de markt is gekomen. Andere leveranciers wilden niet achterblijven en binnen een jaar waren er - van vrijwel alle fabrikanten - tegen de 200 typen ijskasten op de markt op basis van propaan. Het is een voorbeeld van een veranderingsproces waarbij zowel de technologie als de maatschappelijke acceptatie een belangrijke rol speelden. In dit geval is de "omslag" snel verlopen. Propaan is overigens nog niet overal inge-

voerd. Een land als China gebruikt het echter al wel als koelmiddel bij de productie van ijskasten.

Een volgende stap was het energiegebruik. Op basis van een systeem-analyse kwam naar voren dat zowel de isolatie van ijskasten als het rendement van de warmtepomp veel te wensen overliet. Wat de warmtepomp betreft bleek het gebruik van een Stirling compressor tot veel hogere rendementen te leiden. In dit geval is in het geheel geen propaan meer nodig, omdat in een Stirling compressor slechts een kleine hoeveelheid helium of waterstof als koelmiddel wordt gebruikt. Op basis van de betere isolatie en de warmtepomp is een ijskast gemaakt die ongeveer 40 kWh per jaar aan energie gebruikt.

Deze koelkast gebruikt echter nog steeds elektriciteit uit het net. De volgende vraag was dus of de koelkast ook kon draaien op zonne-energie. Dit is gerealiseerd (8). Voor het leveren van 40 kWh is in een zonnig land - bij de huidige rendementen - een zonnecellenpaneel nodig van ongeveer 0,25 m<sup>2</sup>; hierbij zijn verliezen inbegrepen.

Een laatste stap was de opslag van energie. Deze is gerealiseerd in de vorm van ijs. Als de zon schijnt wordt de overmaat aan energie gebruikt om water te bevriezen. Gedurende de nacht blijft de ijskast dan toch op temperatuur.

Het resultaat van het proces is dus een koelkast met een energiegebruik van ca. 40 kWh per jaar, met

een Stirling compressor als warmtepomp en ijs als opslagmedium. Het is een curieus voorbeeld van een veranderingsproces dat nodig is om tot een gedematerialiseerde, efficiënte energievoorziening te komen.

Niet alleen ijskasten kunnen veel zuiniger worden gemaakt. Het geldt ook voor andere huishoudelijke apparaten. In tabel 2 is dit weergegeven (10). Een vermindering van het energiegebruik met een factor 4 t.o.v. het huidige gemiddelde gebruik is zeker haalbaar.

*Tabel 2: Overzicht van het elektriciteitsgebruik (in kWh per jaar) van huishoudelijke apparatuur (1990)*

Standaardpakket	gemiddeld gebruik	best beschikbaar op de markt	geavanceerd bestaand
koelkast	350	90	50
vrieskist	500	180	100
wasmachine	400	240	115
ventilatie	500	275	75
verlichting	800	150	150
diversen (radio, TV, stofzuiger e.d.)	350	200	200
totaal standaard	2.900	1.135	690

### Autonome zonnecelssystemen (10)

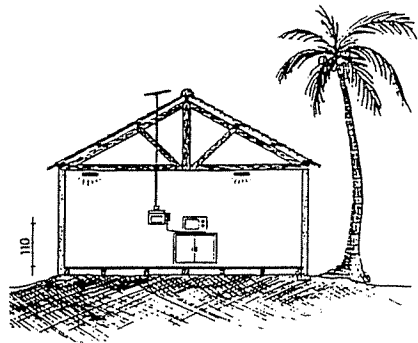
Een tweede voorbeeld is de introductie van autonome zonnecelssystemen in Indonesië. Bij dit proces is de rol van de provincie Noord-Holland, het energiebedrijf ENW (voorheen het PEN) en het bedrijf Renewable Energy Systems be-

palend geweest.

De vraag was of een introductie van autonome zonnecelssystemen mogelijk is op basis van het principe "niet duurder dan het bestaande". Het gaat om huishoudens die nu b.v. kerosine en accu's voor hun energievoorziening gebruiken.

Hierbij is het goed zich te realiseren dat het merendeel van de mensheid niet of aan een zeer onbetrouwbaar net is aangesloten.

De autonome zonnecelssystemen bestaan uit een zonnepaneel, een regelaar en een accu voor de opslag van energie. De energie wordt met name gebruikt voor verlichting, radio's en een TV.



*Figuur 3: Autonome zonnecelssystemen zoals die in o.a. Indonesië worden geïntroduceerd.*

De systemen zijn zeer betrouwbaar en vergen geen tot weinig onderhoud. Het gaat om relatief kleine hoeveelheden energie. Echter zoals in tabel 2 is aangegeven is met weinig energie toch een hoog comfort te bereiken.

De introductie vond plaats in 1990. Het ging om ongeveer 1000 systemen in een dichtbevolkt gebied in Lebak (Indonesië). De ervaringen zijn heel positief en we staan op de drempel van een introductie op grote schaal in meerdere landen. Ook hier speelt het sociale of maatschappelijke proces een centrale rol. Veel mensen uit de wereld van de ontwikkelingssamenwerking stonden in 1990 huiverig, zo niet afwijzend, tegenover deze ontwikkeling. Een vraag die naar voren kwam was of dit nu wel een hoge prioriteit binnen de ontwikkelingssamenwerking moest hebben. Of nog sterker, moesten de zonnecellen nu "over de ruggen van de armsten" worden geïntroduceerd? Een fundamentele vraag is of de autonome systemen moeten worden gezien als een tijdelijke oplossing totdat er sprake is van een net-aansluiting of dat dit een blijvende ontwikkeling is als het gaat om de energievoorziening in huishoudens in de meer zonnige landen (10). Een definitief antwoord is nog niet te geven. Maar ik ben er van overtuigd dat als we spreken over efficiency van energie en materialen dit soort van nieuwe ontwikkelingen een voorwaarde zullen zijn. Andere voorbeelden kan ik geven op het gebied van tuinbouwkassen (11), woningen (12) en auto's (13). Ja, zelfs auto's kunnen zonder of met minimale milieubelasting rijden. Met zgn. Pern brandstofcellen (Proton exchange membranes) die

op methanol of waterstof werken is een hoog rendement haalbaar. Auto's die 1 op 100 rijden zijn - als we willen - binnen een tiental jaren voorhanden.

De voorbeelden hebben een aantal zaken gemeen. In de eerste plaats wordt de milieubelasting aanzienlijk verminderd.

In de tweede plaats volgt uit kostenschattingen dat de systemen - over de levensduur genomen - ongeveer evenveel kosten of dat er zelfs sprake is van een kostenvermindering in vergelijking met de systemen die nu op de markt zijn.

In het algemeen genomen wordt nu gesteld dat er sprake is van een duurzaam energiesysteem indien dit leidt tot een aanzienlijk lagere milieubelasting, minimale risico's, tot gelijke of lagere kosten en sociale acceptatie. De systemen moeten over lange termijn zijn te gebruiken. De duurzame bronnen zullen daarbij stap voor stap de aanbodzijde voor hun rekening gaan nemen. Anders geformuleerd, de systemen moeten passen binnen het kader van een Duurzame Ontwikkeling. Het is hierbij zinvol om bij kostenvergelijkingen milieukosten aan de systemen toe te rekenen. Het woord systeem wordt overigens ruim geïnterpreteerd en kan betrekking hebben op een ijskast, een huis, maar ook op de totale energievoorziening. Als het gaat om duurzame sys-

temen is in het technisch-economische vlak veel mogelijk. Maar worden dergelijke systemen ook "vanzelf" geïntroduceerd? Nee, zeker niet. Voor de introductie zijn in onze samenleving veranderingen nodig, soms zelfs ingrijpende. Er is daarom behoefte aan het "inbedden" van de duurzame energiesystemen in een breder kader. Een dergelijk kader is dat van een Duurzame Ontwikkeling. Op dit begrip wil ik nu ingaan.

## Duurzame ontwikkeling

Het begrip Duurzame Ontwikkeling is nauwelijks meer uit onze samenleving weg te denken. Te pas en te onpas wordt vooral het woord "duurzaam" gebruikt. Duurzaam is in.

Waar komt het begrip vandaan en wat bedoelen we er mee? Meestal wordt als bron van Duurzame Ontwikkeling naar het zgn.

Brundtland rapport verwezen (14).

In dit rapport wordt het begrip nader uitgewerkt. Een hanteerbare omschrijving is:

"een proces van verandering waarin het gebruik van hulpbronnen, de richting van investeringen, de oriëntatie van technologische ontwikkeling en institutionele verandering alle met elkaar in harmonie zijn en (alle) zowel de huidige als de toekomstige mogelijkheid vergroten om aan menselijke behoeften en wensen tegemoet te komen."

Het rapport, samengesteld in opdracht van de Verenigde Naties, is in 1987 uitgekomen. De vraag was om een analyse te maken van de grote wereldproblemen. Op grond hiervan moest een lange termijn strategie worden ontworpen om te komen tot een Duurzame Ontwikkeling waarbij de gesig-naleerde problemen niet meer zouden voorkomen.

Aandachtsgebieden die in het rapport naar voren komen zijn: bevolkingsgroei, voedselvoorziening, ecosystemen, energie- en watervoorziening, productie van goederen, urbanisatie en de bewapening. Ook wordt ingegaan op sociale en organisatie-structuren. Op al deze gebieden zijn of dreigen grote problemen die desastreuze gevolgen kunnen hebben.

Uit het rapport komt naar voren dat veel zaken samenhangen. Het is van belang dat er een integratie zal moeten plaatsvinden tussen economie, ecologie, sociale en organisatiestructuren. Centraal bij dit alles staat, dat een veranderingsproces nodig is om de problemen te kunnen oplossen.

Terzijde wordt nog opgemerkt dat het begrip Duurzame Ontwikkeling ook in de zeventiger jaren al werd gebruikt.

Zo spraken de samenstellers van het eerder gegeven scenario (IIASA), dat o.a. op kernenergie was gebaseerd, ook over een duurzaam energiesysteem voor een duurzame toekomst.

Na het uitkomen van het Brundtland rapport is het duidelijk geworden dat het kader of beeld zoals dat wordt weergegeven op een groot maatschappelijk draagvlak kan rekenen. Het parlement heeft b.v. het rapport op hoofdlijnen onderschreven en ziet het als basis voor het overheidsbeleid (14). Maar ook al spreekt het beeld erg aan, dan wil dit nog niet zeggen dat alle oplossingen voor de problematiek eenduidig zijn. De gedetailleerde invulling van het begrip heeft - bewust - niet plaatsgevonden. Het is de bedoeling dat dit door alle betrokkenen wordt gedaan. Op twee onderwerpen wil ik nader ingaan. Eerst de wereldbevolking, omdat ik er van overtuigd ben dat daar het grootste probleem ligt, en daarna op de economische ontwikkeling in relatie tot de energievoorziening.

De wereldbevolking groeit met ongeveer 80 miljoen per jaar. De kleine 6 miljard mensen nu, dreigen toe te nemen tot rond de 10 miljard in de volgende eeuw. Ik denk dat nu al kan worden gesteld, dat er sprake is van een overbevolking. Zowel in het bekende rapport van de club van Rome uit 1972 (15) als in het Brundtland rapport is het eerste hoofdstuk gewijd aan de bevolkingsproblematiek. Doordat men niet stilstaat bij de samenhang van verschillende zaken ontstaan problemen. Indien die 10 miljard mensen willen wonen, zich voeden en

verplaatsen op een niveau dat wij zijn gewend, dan is het b.v. zeer de vraag of er nog wel voldoende ruimte is voor bepaalde ecosystemen. Het is daarom verwonderlijk dat er in het maatschappelijke debat niet meer aandacht wordt geschonken aan het bevolkingsvraagstuk, met als doel een afname van de bevolking. Waarom in ons land geen beleid met als doel b.v. 10 miljoen inwoners in 2050? Beleidsinstrumenten zijn eenvoudig te bedenken; voor het eerste kind geldt een kinderbijslagregeling, voor het tweede kind niet meer en bij het derde kind wordt belasting geheven.

Het tweede onderwerp is de relatie tussen economische groei, of wellicht beter economische ontwikkeling en de energievoorziening. Aangezien de milieubelasting voor een zeer groot deel wordt veroorzaakt door die energievoorziening, wordt er tevens een relatie tussen economie en milieu gelegd. Het Brundtland rapport gaat uit van een economische groei van ca. 3% in de geïndustrialiseerde wereld; voor ontwikkelingslanden van ca. 5%. We houden verder 3% groei als uitgangspunt aan. In de praktijk blijkt hierbij een autonome groei van het energiegebruik van ca. 2% op te treden. We richten ons op de emissies aan kooldioxide. Reeds is aangegeven dat de toename van dit gas in de atmosfeer kan leiden tot een relatief

snelle temperatuurstijging op aarde. Overigens betekent een toe- of afname van de emissie aan kooldioxide veelal ook een overeenkomstige verandering in de emissies van verzurende stoffen.

Aangezien de huidige energievoorziening vrijwel geheel is gebaseerd op de fossiele brandstoffen betekent een toename van 2% van het energiegebruik ook een toename van kooldioxide van ca. 2%. Het beleid van de overheid is er de laatste jaren op gericht om de emissie van kooldioxide in het jaar 2000 met 3% te verminderen t.o.v. 1990. Zover nu valt te overzien, is het beleid niet erg succesvol en zal de emissie eerder toe- dan afnemen.

Uit de klimaatmodellen komt echter naar voren dat - wil het klimaat niet echt uit de hand lopen - de emissie aan kooldioxide in de geïndustrialiseerde landen met ongeveer een factor 4 zal moeten afnemen. Is dit haalbaar in b.v. een periode van 30 jaar? Een factor 4 betekent dan - zonder economische groei - een afname van de emissie van ca. 5% per jaar. Met de eerder aangehouden economische groei zal de emissie met ca. 7% per jaar moeten afnemen. Dit betekent dus een ingrijpende verandering in de energievoorziening.

Deze verandering zal op de drie basiselementen moeten zijn gebaseerd: het efficiënt gebruik van energie; een grotere inzet van aardgas, eventueel gecombineerd met

de opslag van kooldioxide en een versnelde introductie van de duurzame energiebronnen. Technisch-economisch gezien kan veel. In het eerste hoofdstuk zijn al enkele voorbeelden gegeven onder de noemer van duurzame energiesystemen. Het gaat echter niet zozeer om het feit of we de systemen kunnen bedenken, het hoofdprobleem zit bij de introductie. Hiertoe zal een krachtig overheidsbeleid moeten worden gevoerd, waarbij tevens alle maatschappelijke partijen en organisaties zullen moeten meewerken. Indien de overheid niet het voortouw neemt, is het moeilijk voor te stellen dat de gegeven reducties aan emissies kunnen worden gerealiseerd. Het centrale punt is namelijk dat er voor de verschillende actoren (consument, industrie) geen direct belang is om tot veranderingen over te gaan. Het beleid moet er dus op zijn gericht om een dergelijk belang te creëren.

Op een viertal krachtige beleidsinstrumenten wordt nader ingegaan:

- regelgeving
- heffingen
- ondersteuning veranderingsprocessen
- onderzoek.

Wat de regelgeving betreft valt te denken aan de normering van o.a. witgoed, tuinbouwkassen, gebouwde omgeving en auto's. Eenvoudig gesteld: in b.v. het jaar 2005 mogen er geen auto's meer worden verkocht die meer dan 1 op 50 rijden en de norm voor 2010 is dan 1 op



100. Technisch kan het en de verwachting is dat de auto's voor ongeveer dezelfde prijs als nu kunnen worden verkocht (16). Regelgeving kan ook worden toegepast op de introductie van de duurzame energiebronnen. Elke geleverde kWh of m<sup>3</sup> gas moet vanaf 2020 gemiddeld voor b.v. 10% van duurzame bronnen afkomstig zijn. Het Ministerie van Economische Zaken zet de eerste aarzelende schreden in deze richting (17). Dit soort van regelgeving wordt in het buitenland al o.a. toegepast in Californië; het werkt. Een tweede belangrijk instrument is dat van de heffingen. Alles wat we drastisch willen verminderen maken we duur. Via een ecotax is veel te bereiken. Wel blijkt in de praktijk dat veelal aanzienlijke prijsverhogingen noodzakelijk zijn om het gewenste doel te bereiken; dit zeker bij de lage prijzen van de fossiele energiedragers. Indien er sprake is van een regulerende heffing wordt het geld weer teruggesluisd. B.v., energie wordt duurder, maar we betalen minder inkomstenbelasting. Het derde instrument is dat van de ondersteuning. Voor de uitvoering van het beleid is een breed draagvlak nodig. Dit geldt uiteraard niet alleen voor de energievoorziening, maar voor alle veranderingsprocessen die in het kader van Duurzame Ontwikkeling plaatsvinden. Bij ondersteuning gaat het om het creëren van het noodzakelijke

draagvlak. Op dit gebied vinden zeer veel activiteiten plaats. Voor een deel liggen de activiteiten in het uitvoerende vlak en voor een deel gaat het eerder om het debat. Voor de eerste groep valt te denken aan het zgn. Prismaproject (Projecten Industriële Successen Met Afvalpreventie) (18). Dit project heeft o.a. geleid tot de instelling van preventieteams bij de meeste provincies en een groot aantal gemeenten. Ook de activiteiten in het kader van Agenda 21 vallen in deze categorie. Een ander voorbeeld is Brabant 2050. Op initiatief van de provincie en de PNEM is een project opgezet om in Brabant in 2050 tot een duurzame energievoorziening te komen. Wat het debat betreft speelt het Nationaal Platform voor Duurzame Ontwikkeling een belangrijke rol. Maar ook de industrie, de politiek en de milieubeweging laten zich niet onbetuigd. Op het belang van het vierde instrument, dat van het onderzoek, ga ik in het derde deel in. Via de beschouwing van het instrument van de ondersteuning is het geheel weer in een breder kader gezet. De vraag komt dan naar voren of een Duurzame Ontwikkeling is te realiseren op gebieden als voeding, de chemie en de landbouw. Om deze vragen te beantwoorden is o.a. het onderzoeksprogramma voor Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) opgezet (19). Het is een interdepartementaal programma van de

overheid. Uitgangspunt is dat de toestand van een Duurzame Ontwikkeling in 2040 moet zijn bereikt. Via de techniek van “backcasting” wordt vervolgens aangegeven wat er nu moet gebeuren om in 2040 te kunnen spreken over een Duurzame Ontwikkeling. Ook uit dit programma komt naar voren dat een duurzame toekomst haalbaar lijkt.

Veel kan dus. Maar, de praktijk is weerbarstig. Veranderingen roepen verzet op. Verzet vanuit de industrie en de consumenten. Hierbij komt dat het “duurzaam alternatief” bij lange na niet altijd eenduidig is. Minder vliegen of juist meer, maar dan in “schone” vliegtuigen? Rijden in milieuvriendelijke auto's of alles richten op het openbaar vervoer? Chemische bestrijdingsmiddelen gebruiken met een korte levensduur of alleen biologische bestrijding? Hoe dan ook, een krachtig overheidsbeleid blijft geboden om een Duurzame Ontwikkeling te realiseren.

Juist vanwege de moeizame processen die verbonden zijn met de overgang naar een Duurzame Ontwikkeling maak ik mij zorgen over het optimisme waarmee soms wordt gesproken over een factor 4 of zelfs 20 vermindering van de milieubelasting of het grondstoffen-gebruik en dat binnen enkele decennia, zonder dat op de maatschappelijke consequenties hiervan wordt ingegaan.

Wellicht ten overvloede merk ik nog op dat de industriële infrastructuur

zal blijven bestaan. Wat zal veranderen zijn de grondstoffen, de producten en de structuur (b.v. meer hergebruik).

Tot slot het derde deel, de rol van de universiteit.

## **De universiteit, duurzame energiesystemen en Duurzame Ontwikkeling**

Wat betekenen duurzame energiesystemen en Duurzame Ontwikkeling nu voor een universiteit? Eerst zal ik ingaan op de relatie met het onderwijs en daarna op het onderzoek. Bij dit laatste onderwerp beperk ik mij tot het onderzoek op energiegebied. De activiteiten aan de TUE komen hier speciaal naar voren.

### **Onderwijs**

Een wezenlijk element van Duurzame Ontwikkeling is, dat van elke organisatie een bijdrage wordt verwacht; dus ook van universiteiten. Aan de TUE wordt er dan ook binnen het onderwijs intensief aandacht aan besteed. In mei 1994 is besloten om een centrum in te stellen onder de naam Technologie voor Duurzame Ontwikkeling (TDO). Studenten van alle studierichtingen kunnen - naast het ingenieursdiploma - een TDO certificaat behalen. Het programma voor het certificaat betreft, naast een facultair programma, een inter-facultair programma. Het belangrijkste onder-

deel is het afstudeerwerk dat uitgevoerd dient te worden op TDO gebied.

Het TDO certificaat berust dus op twee principes.

1. De afgestudeerde ingenieur is in de eerste plaats ingenieur in een bepaalde vakdiscipline.
2. De keuze van een pakket aan vakken die “TDO kenmerken” hebben en het afstudeerwerk betekenen speciale aandacht voor Duurzame Ontwikkeling.

Wat zijn nu de speciale “TDO-kenmerken”? Deze kenmerken hebben o.a. betrekking op het energie-, water- en grondstoffengebruik. Bij het energiegebruik staat het efficiënt gebruik van energie centraal. Verder de omschakeling op aardgas, de opslag van kooldioxide en natuurlijk de inzet van duurzame energiebronnen.

Bij het watergebruik gaat het om het efficiënt en hergebruik van water. Tevens kunnen aparte circuits voor drink- en proceswater zinvol zijn, evenals het gebruik van regenwater.

Bij het gebruik van grondstoffen of materialen in producten geldt ook dat het efficiënt gebruik en hergebruik centraal staan. Tevens gaat het om de reparatiebaarheid van producten en het zgn. cascade gebruik. In dit laatste geval wordt een materiaal eerst gebruikt voor een bepaald product (b.v. papier) om het - na hergebruik - een andere toepassing te geven (b.v. in de energievoorziening). Tevens staat

de inzet van natuurlijke materialen hoog op de agenda.

Om aan te geven hoe de huidige situatie is, zijn er bepaalde analysetechnieken zoals een Levens Cyclus Analyse (LCA), ketenanalyse en risico analyse.

Aan de ene kant is er dan een analyse van de problematiek met een doelstelling voor een nieuwe situatie. Aan de andere kant kennis op het gebied van de chemie, werktuigbouw, natuurkunde, elektrotechniek, bouwkunde, bedrijfskunde e.d.. Op basis van deze kennis moet een creatief, innovatief proces plaatsvinden dat tot nieuwe concepten en structuren leidt. Dit is het fundament van het ontwerpen van duurzame energiesystemen. Opgemerkt moet worden dat dergelijke creatieve processen moeilijk “grijpbaar” zijn. Het is echter een uitdaging om er toch vorm aan te geven.

## Onderzoek

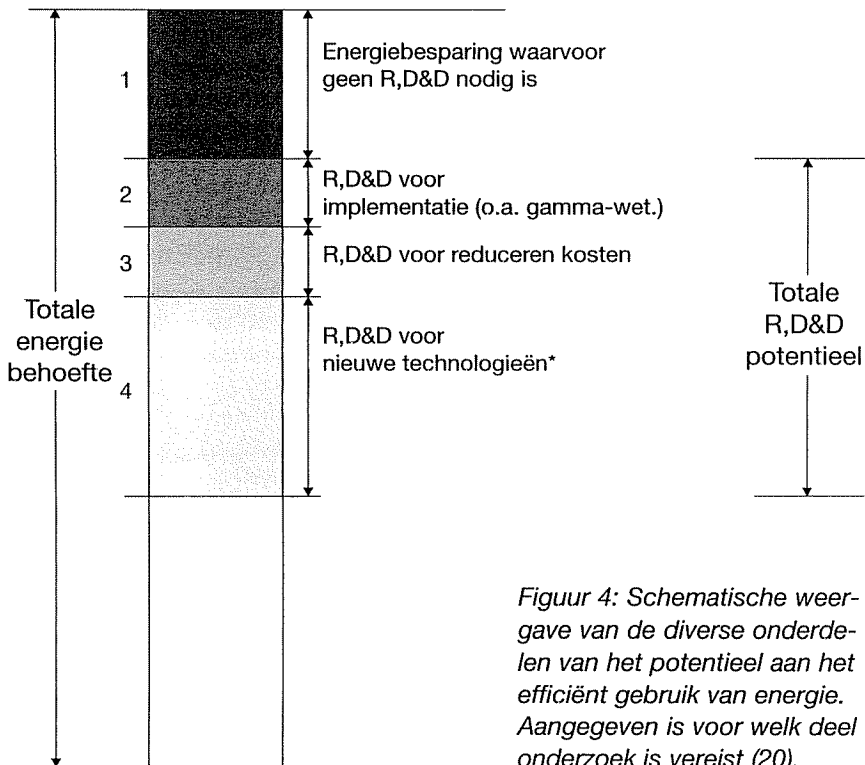
Wat betekent het voor het onderzoek? Uit de voorbeelden die eerder zijn gegeven is wellicht de indruk ontstaan dat alle problemen in wezen zijn opgelost en dat het nog een kwestie is van introductie of hooguit een stuk ontwikkeling. Dit is niet het geval. De eerste stappen zijn weliswaar gezet, maar er moet nog veel, heel veel gebeuren. Een figuur uit het rapport van de Verkenningscommissie Energie onderzoek (VCE) geeft het een en ander goed weer. Figuur 4 is geba-

seerd op studies die door de Universiteit Utrecht zijn uitgevoerd (20) en is speciaal samengesteld voor het efficiënt gebruik van energie. Uit de studies komt naar voren dat een efficiency verbetering van gemiddeld 75% van de energievoorziening in een periode tot medio de volgende eeuw haalbaar lijkt. Deze verbetering bestaat uit vier delen. Voor het eerste deel is geen onderzoek nodig en dit kan dus autonoom of met een stimulerend overheidsbeleid worden gerealiseerd. Voor het tweede deel gaat het om

onderzoek met het doel om de implementatie te ondersteunen; dit betreft veelal gamma onderzoek. Bij het derde deel heeft het onderzoek met name als doel de kosten te reduceren.

Tot slot het grootste vierde deel, dat betrekking heeft op onderzoek om tot nieuwe technologieën te komen.

De eerste 4 delen van de figuur zijn echter ook goed bruikbaar als basis voor de indeling voor onderzoek op het gebied van b.v. zonnecellen,



biomassa, wind, de opslag van energie en warmtepompen. Ook hier geldt:

- er is een markt. Deze markt kan worden vergroot door onderzoek aangaande implementatie (deel 1 en 2);
- door onderzoek moet een kostenreductie worden gerealiseerd (deel 3), hetgeen tot een grotere markt leidt;
- onderzoek aan nieuwe concepten moet een maximale introductie mogelijk maken (deel 4).

Voor bronnen als waterkracht is deze figuur minder relevant, omdat hier al sprake is van een uitontwikkeld geheel.

Voor onderzoek is geld nodig. Hoe komen de prioriteiten binnen het onderzoek tot stand? Vooral voor het lange termijn onderzoek zijn de budgetten van de overheid bepalend. De logica in de prioriteiten, die hierbij worden gesteld, is vaak moeilijk waar te nemen. Een voorbeeld is de keuze op het gebied van zonne-energie en dat van kernfusie.

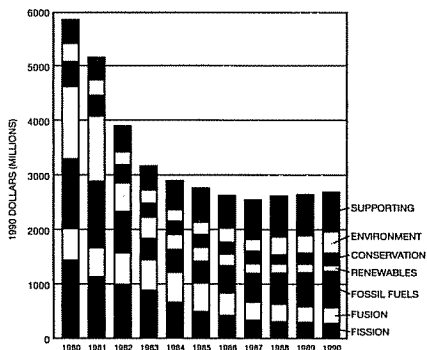
Vanaf de vijftiger jaren is een zeer kostbaar onderzoeksprogramma opgezet op het gebied van kernfusie (21). Na een kleine 50 jaar is er wel zeer veel geld uitgegeven, maar de eerste stap om tot een werkende reactor te komen moet nog worden gezet. De bouw van deze reactor kost ongeveer f 20 miljard (zgn. ITER project) (22). Maar ook al lukt het om een werkende reactor te bouwen, dan is

het nog maar de vraag of het technisch economisch gezien een succes wordt. Een commerciële introductie wordt in ieder geval niet voor 2050 verwacht.

Waarom ligt de nadruk zo op kernfusie? Ligt het niet meer voor de hand om de fusiereactor te gaan gebruiken die al miljarden jaren zonder storingen, veilig en kosteloos werkt? Verder levert deze reactor, de zon, de energie ook af op plaatsen waar die wordt gebruikt, zoals in woningen. Ook in ons land valt op een dak van een huis meer energie dan we gebruiken.

Ik heb getracht na te gaan waarom de nadruk zo op kernfusie heeft gelegen en zonne-energie er niet serieus aan te pas is gekomen. Een overtuigend antwoord heb ik niet gevonden. Vaak wordt als argument aangedragen dat zonne-energie, na omzetting, moet worden opgeslagen. Hiervoor zijn echter al verschillende heel acceptabele methodes. Maar, als dit zo'n wezenlijk element is, waarom zijn daar dan geen grote onderzoeksbudgetten voor vrij gemaakt?

De volgende figuur geeft de prioriteiten in de VS goed weer. Voor de OECD geldt eenzelfde beeld (23).



Figuur 5: Budgetten voor energie onderzoek in de VS.

De budgetten zijn tussen 1980 en 1990 sterk afgenomen. Duurzame energiebronnen en het efficiënt gebruik van energie maken in 1990 een bescheiden deel van het totaal uit.

Pas heel recent begint er in dit beeld een verandering op te treden. Zo heeft het Europees Parlement vorig jaar gesteld dat het EU-budget voor onderzoek op het gebied van de duurzame energiebronnen in ieder geval gelijk moet zijn aan dat van kernfusie. Het is een eerste bescheiden stap.

In ons land is ook een ingrijpende verandering opgetreden. De overheid heeft een zeer ambitieus beleid geformuleerd voor de introductie van de duurzame energiebronnen. Tabel 3 geeft dit weer. Voor de verschillende bronnen betekent het een groei van de bijdrage aan de energievoorziening van ongeveer 10% per jaar en dit gedurende 20 jaar.

Wel is het de vraag of deze introductie succesvol kan zijn zonder dat de overheid enkele van de eerder behandelde krachtige beleidsinstrumenten inzet (24).

Tabel 3: Beoogde bijdrage van de duurzame energiebronnen aan de Nederlandse energievoorziening.

Duurzame energiebron	Bijdrage in PJ*		
	2000	2007	2020
Windenergie	16	33	45
Fotovoltaïsche zonne-energie	1	2	10
Thermische zonne-energie	2	5	10
Aardwarmte	-	-	2
Koude- en warmteopslag in aquifers	2	8	15
Warmtepompen	7	50	65
Waterkracht	1	3	3
Energiewinning uit afval en biomassa	54	85	120
<i>totaal</i>	83	186	270
import Noorse waterkracht	-	18	18
<i>totaal incl. import</i>	83	204	288

\* Uitgespaarde fossiele brandstof

Ook de budgetten voor het onderzoek zijn verhoogd. In dit verband moet worden opgemerkt dat deze budgetten steeds onder druk staan. De overheid streeft er naar om de sector zelf het onderzoek te laten verrichten, terwijl de sector - mede door de liberalisering - uit concurrentie overwegingen steeds minder geld wil vrijmaken. Vooral de budgetten voor het lange termijn onderzoek worden hier de dupe van.

In het rapport van de VCE zijn de aandachtsgebieden aangegeven waarvoor onderzoek nodig is. In deze rede beperk ik mij tot een drietal onderwerpen waar aan de TUE onderzoek wordt gedaan en waar ik aan meewerk.

### **1. Rurale energievoorziening**

Van groot belang is de energievoorziening in rurale gebieden in ontwikkelingslanden. Naarmate de welvaart in deze gebieden toeneemt zal ook de vraag naar energie groter worden. Het gaat hierbij om ongeveer de helft van de mensheid.

Een onderzoek wordt nu opgezet dat zich met name richt op de inventarisatie van de mogelijkheden van de duurzame energiebronnen in enkele concrete gebieden. Het ligt immers voor de hand om in rurale gebieden de energievoorziening van het begin af aan op te zetten op basis van de duurzame energiebronnen. De TUE heeft overigens al een lange traditie op het gebied van onderzoek naar zonne-energie, windenergie, waterkracht en biomassa. Er is dus met deze bronnen al veel ervaring opgedaan. Na een korte periode, waarin het onderzoek minder aandacht heeft gekregen, wordt het nu weer opgepakt. Het onderzoek wordt uitgevoerd door het Samenwerkings Orgaan Brabantse Universiteiten (SOBU). Een samenwerking dus tussen KUB en deze universiteit. Het feit dat het Energie onderzoeks Centrum

Nederland (ECN) recent ook dit aandachtsgebied weer meer nadruk geeft, biedt mogelijkheden voor samenwerking.

Dit onderwerp biedt meerdere aanknopingspunten voor het ontwerpen van duurzame energiesystemen. Een voorbeeld is de klimaatregeling in goed geïsoleerde woningen met de zon als energiebron. De vraag is dan, hoe tegen de laagste kosten een optimaal comfort kan worden verkregen. Te denken valt aan koeling met b.v. compressoren. Een eenvoudige berekening toont aan dat met enkele vierkante meters aan zonnecellen een redelijk comfort moet zijn te bereiken. Het vergt echter het nodige onderzoek voordat sprake is van een optimaal ontwerp.

Aanknopingspunten voor dit onderzoek liggen op het terrein van warmte en stofoverdracht, bouw-fysica en installatietechniek.

### **2. Zonnesystemen**

Een onderzoek dat al enige tijd loopt is dat aan hybride systemen. Het doel is een zonnecellenpaneel te integreren met een zonnecollector. Een dergelijk systeem levert dan zowel elektriciteit als warmte. Het onderzoek zal in het najaar met een promotie worden afgesloten. Een werkend systeem is op het dak van het gebouw voor Werktuigbouwkunde geplaatst. Ook dit systeem biedt mogelijkheden voor nader onderzoek om tot een optimaal ontwerp te komen.

Van het systeem zelf kan o.a. het rendement nog worden verbeterd. Een aantrekkelijke uitbreiding is de lange termijn opslag van warmte in de grond in z.g.n. aquifers en het gebruik van warmtepompen. Indien de temperatuur van het water in de zonnecollectoren betrekkelijk laag wordt gehouden, betekent dit dat de zonnecellen worden gekoeld en daarmee het elektrisch rendement verhoogd.

### **3. Biomassa**

Een derde onderwerp is onderzoek op het gebied van biomassa. Deze energiebron is de laatste jaren snel in de aandacht naar voren gekomen. Dit zeker als het gaat om het leveren van een substantiële bijdrage aan de energievoorziening op korte termijn. Het doel van het onderzoek is om - via een optimalisatie proces - te komen tot relatief kleinschalige systemen die met minimale milieubelasting en tegen acceptabele kosten, elektriciteit en warmte leveren. Onderdelen die voor optimalisatie in aanmerking komen zijn het proces van de omzetting van biomassa in een gas, de reiniging ervan en de keuze van een motor of gasturbine.

Dit onderzoek betreft een samenwerkingsverband tussen de afdelingen Werktuigbouwkunde en Technologie Management.

Voor biomassa ligt nog een heel veld open voor nader onderzoek. Zowel voor verbranding als vergassing zijn de systemen nog lang niet

optimaal. Bij vergassing gaat het o.a. om de vermindering van de productie van ongewenste nevenproducten zoals teer, een verbeterde reiniging van het gas en verhoging van het totale rendement. In dit laatste geval speelt de ontwikkeling van gasturbines een centrale rol. Door het onderzoek moet het mogelijk zijn om de kosten van de systemen te verminderen en de milieubelasting tot minimale waarden terug te brengen.

Er vindt uiteraard nog veel meer onderzoek plaats aan de TUE op het energiegebied. Het merendeel is technisch van aard. Hierbij wil ik nog eens benadrukken dat het meer technisch gerichte fundamentele onderzoek niet alleen bepalend is voor de introductie van een nieuwe technologie. Ook het gamma onderzoek is van cruciaal belang. Dit onderzoek vindt aan de TUE plaats bij de afdeling Technologie Management.

Al met al kan worden gesteld dat nog veel werk moet worden verzet voordat sprake is van een Duurzame Ontwikkeling. Universiteiten kunnen hierbij een wezenlijke functie vervullen.

### **Afsluiting**

Aan het eind van deze rede wil ik beginnen met mijn dank uit te spreken aan het Eindhovens Universiteits Fonds dat mijn benoeming



mogelijk heeft gemaakt.

In mijn leven hebben veel personen een belangrijke rol gespeeld. Het voert mij te ver om ze allemaal op te noemen. Mijn erkentelijkheid voor hetgeen ze hebben bijgedragen aan mijn vorming is er niet minder om. Ik heb tot nu toe meer dan 10 arbeidscontracten ondertekend. Verder ben ik lid geweest, of ben het nog, van een groot aantal organisaties, commissies, besturen e.d.. Ook al had ik wel eens het gevoel dat het allemaal te zwaar werd, ik heb het altijd met plezier gedaan en heb er veel van geleerd. Ook deze nieuwe baan aan de Technische Universiteit neem ik met enthousiasme op. Afgestudeerd bij de afdeling Natuurkunde, heb ik vervolgens vijf jaar bij de afdeling

Scheikunde gewerkt, waarna ik bij de afdeling Elektrotechniek colleges thermodynamica heb gegeven. En nu zit ik dus bij de afdeling Werktuigbouw. Het onderzoek op het gebied van de energievoorziening heeft aan de TUE altijd veel aandacht gekregen. De laatste jaren was het weliswaar wat minder, maar het wordt nu weer opgepakt. Het gaat hierbij om een bijdrage te leveren aan een duurzame energievoorziening voor de volgende eeuw. Samen met de medewerkers van de universiteit en uiteraard met de studenten wil ik meehelpen om daar vorm aan te geven. Ik zal m'n best doen.

Ik dank u voor uw aandacht.

## Literatuur

1. Energy in a finite world, International Institute for Applied Systems Analysis, W. Haefele (program leader), Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1981.
2. Energie, Studium Generale, Technische Hogeschool Eindhoven, Voorjaar 1973, Diktaat nr. 9.004.
3. Kernenergie en Duurzame Ontwikkeling. Verslag van een Workshop, F. Arts, W. de Ruiter en W.C. Turkenburg, januari 1994.
4. Maatschappelijke Discussie Energiebeleid, Het Eindrapport, november 1983.
5. C. Daey Ouwens en S. de Hoo, De BMD en de kosten van de energievoorziening, ESB 22 augustus 1984, blz. 770-775.
6. Verkenningcommissie Energie-onderzoek (VCE), Rapportage van de VCE aan de Overlegcommissie Verkenningen (OCV), Den Haag, februari 1996.
7. The evolution of the world's energy systems, Shell International Limited, London, 1996.
8. Koelkast op zonne-energie, E. Sjoerdsma en C. Daey Ouwens, Energie Technologie, juni 1993, blz. 13.  
Stirling principe naar de ijskast verwezen; de zuinigste elektrische koelkast ter wereld, PT tijdschrift, oktober 1994 (nr. 10), blz. 24.
9. C. Daey Ouwens, W. Sinke en H. Beurskens, Goedkope elektriciteit met autonome zonnecelssystemen, Energiespectrum, november 1991, blz. 275.  
T.B. Johansson, B. Boland and R.H. Williams, e.d.; Electricity; efficient end use and new generation technologies and their planning implications, Lund University, Lund 1989.
10. C. Daey Ouwens, Cheap electricity, with autonomous solar cell systems  
Energy Policy, november 1993, pp. 1085-1092.  
J. Schlangen and P. Bergmeijer, PV Solar Home Systems in Lebak-West Java-Indonesia, 11th EC Photovoltaic Solar Energy Conference, Hardwood Academic Publ, 1993, pp. 1539-1541.
11. G. Schoonderbeek e.a., Verkenning haalbaarheid zeer energiezuinige tuinbouwkas, Ecofys, Utrecht, juni 1996.
12. Nul-energiewoning met PV in Zandvoort, Novem, februari 1996.  
E. Sjoerdsma and C. Daey Ouwens, The PBE solar home in Castricum, Proceedings of conference on renewable energy sources, Noordwijkerhout, april 1989.
13. R. Williams, The clean machine, Technology Review, april 1994, p.21.
14. Our Common Future, World Commission on Environment and Development (WCED), Oxford 1987.  
Regeringsstandpunt over het rapport World Commission on Environment and Development, Tweede Kamer, 1987-1988, 20298, nrs. 1-2.
15. D. Meadows, Rapport van de club van Rome. De grenzen aan de groei, het Spectrum, Utrecht, 1972.
16. A.B. Lovins, Advanced Light Vehicle Concepts, Rocky Mountain Institute, 1991.
17. Derde Energienota, Ministerie van Economische Zaken, SDU, Den Haag, 1995.  
Duurzame Energie in opmars, Actieprogramma 1997-2000, Ministerie van Economische Zaken Den Haag, 1997.
18. Handleiding voor preventie van afval en emissies, SDU uitgeverij, Den Haag, 1990.
19. Interdepartementaal Onderzoeksprogramma Duurzame Technologische Ontwikkeling, Delft.

20. Verkenning Energie-onderzoek, achtergrondstudies (zie nr. 6).
21. C. Daey Ouwens, Mythes en zonne-energie, Derde Nationale Zonne-energie Conferentie, 1991, blz. 367-371.
22. ITER, commentaar in Science, 25 april 1997, blz. 527.
23. J. Holdren, Energy in Transition, Scientific American, September 1990, blz. 108.
24. C. Daey Ouwens, Duurzame energie en kracht in het beleid, Energie en Milieuspectrum, januari 1997, blz. 35.  
P. Abelson, The changing Frontiers of Science and Technology, Science 273, 445 (1996).



Vormgeving en druk:  
Universiteitsdrukkerij TUE  
Technische Universiteit Eindhoven  
Illustraties:  
Marketing & Communicatie, TNO-TPD

Informatie:  
Secretariaat College van Dekanen  
Telefoon (040-247)2250/4676

ISBN 90 386 0469 6



Kees Daey Ouwens is in 1938 in Haarlem geboren. Na de middelbare school heeft hij bij Philips gewerkt om daarna de HTS in Dordrecht te doorlopen. Als werkstudent is de studie voor "Natuurkundig Ingenieur" aan de TH Eindhoven afgerond. Vervolgens heeft hij achtereenvolgens gewerkt bij de Technische Universiteit Eindhoven, Rijksuniversiteit te Utrecht, de Brede Maatschappelijke Discussie energiebeleid en de provincie Noord-Holland. Hij is lid geweest van een groot aantal commissies en adviesorganen op het gebied van het energie-onderzoek, energie-beleid en het milieu. Ook zijn veel van zijn activiteiten gericht op de energievoorziening in de ontwikkelingslanden.