

RONDON ZONNE-ENERGIE

Een beschouwing over zonne-energie, milieu en
maatschappij.

Een werkstuk in het kader van het kollege
"Natuur en Techniek" van prof. S.L. Kwee.

Eindhoven, juli 1976

Peter van Emden

C. Inleiding

In het kollege "Onderwerpen uit de wijsbegeerte" van prof. Kwee werd in het kursusjaar 1975/1976 het thema "Natuur en techniek" behandeld.

De mens, die afhankelijk is van de bio-natuur (d.w.z. de levende organismen en het milieu) heeft langzamerhand m.b.v. deze bionatuur een technische "wereld" om zich heen geschapen, die we de "techno-natuur" noemen.

De zon, die zich in de "kosmonatuur" bevindt, zorgt voor de nodige energie om de bionatuur te laten funktioneren.

Alhoewel we de mens tot de bionatuur zouden moeten rekenen, maken we t.b.v. de duidelijkheid een scheiding om te komen tot het volgende figuur :

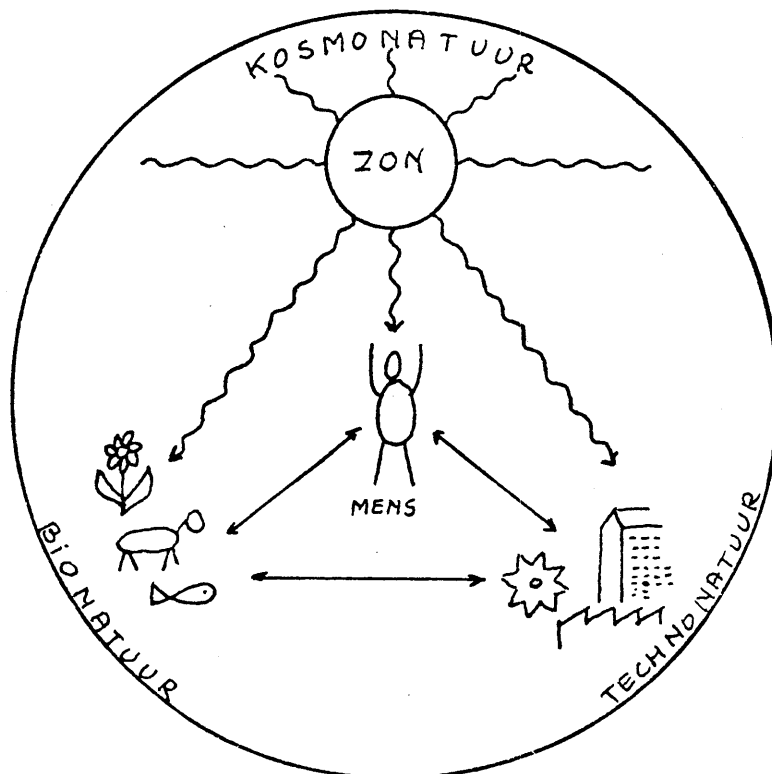


Fig 1.

In dit beeld zien we de relaties tussen mens en natuur en de relaties tussen kosmo-, bio- en technonatuur. Thans is de bionatuur ondergeschikt aan de technonatuur, met alle bekende gevolgen van dien (aantasting van het leefmilieu).

Willen wij overleven (een milieukrisis voorkomen), dan dienen we de technonatuur aan te passen aan de bionatuur, hetgeen allerlei maatschappelijke en kulturele gevolgen met zich mee zal brengen.

Of de mens hiertoe in staat zal zijn is voor velen een brandende vraag. In hoge mate zal het slagen m.i. afhangen van in hoeverre belangrijke beleidsbepalers los weten te komen van verouderde economische wetten (waarin de bionatuur niet meetelt). Ook is belangrijk de relatie die de mens met de natuur onderhoudt te verbeteren.

Als onderwerp voor dit werkstuk heb ik "zonne-energie" gekozen. Dit onderwerp heeft al enige tijd mijn interesse, mede dankzij het feit dat ik kernenergie onaanvaardbaar vind vanwege de gevaren en de problemen van opslag van radioactief materiaal. Zonne-energie zag ik (intuïtief) als een veilige, "natuurlijke" energiebron, die ons gedurende een vrijwel onbeperkte tijd van energie kan voorzien.

Langzamerhand ben ik me echter af gaan vragen of het gebruik van zonne-energie (op grote schaal) geen invloed zou kunnen hebben op ons leefmilieu (op lange termijn) en welke maatschappelijke invloeden het gebruik van zonne-energie zou kunnen hebben. Alhoewel deze vragen nog niet zo erg aktueel zijn, denk ik dat het toch nuttig is hier aandacht aan te schenken. Het is, zoals reeds gezegd, zeer belangrijk onze technonatuur meer af te stemmen op de bionatuur.

Of een bepaalde (nieuwe) technologie hieraan voldoet, dient van te voren te worden onderzocht.

Om precies na te gaan of menselijke teweeeggebrachte zonne-energieomzetting aangepast is (of kan worden) aan de bionatuur is niet zo erg eenvoudig. Er zal nagegaan moeten worden welke ekologische relaties verstoord worden. Een belangrijke grootheid echter vormt de hoeveelheid geabsorbeerde zonne-straling, die (vroeg of laat) in warmte wordt omgezet. Dit aspect zal dan ook nader worden besproken.

Het doel van dit werkstukje is inzicht in bovengenoemde vragen trachten te krijgen.

Hoofdstukgewijs zal het volgende besproken worden :

In hfdst. 1 : de zon (ontstaan, leeftijd, levensduur), de zonnestraling naar de aarde en de stralingsbalans van de aarde. In hfdst. 2 zal het principe van diverse zonne-energiesystemen worden besproken, waarin technische details buiten beschouwing worden gelaten. Verder probeer ik in dit hoofdstuk een vergelijking te geven tussen de door de mens bewerkstelligde (antropogene) zonne-energieomzetting en zoals dit in de natuur gebeurt. In hfdst. 3 worden enige maatschappelijke aspecten besproken.

1. De zon en de aarde

a). De zon

De zon is een ster, die een relatief (t.o.v. andere sterren) kleine afstand tot de aarde heeft. Door deze korte afstand ontvangt de aarde zoveel zonne-energie dat o.a. hierdoor het leven zich heeft kunnen ontwikkelen. De gemiddelde afstand tussen zon en aarde bedraagt $149,5 \cdot 10^6$ km.

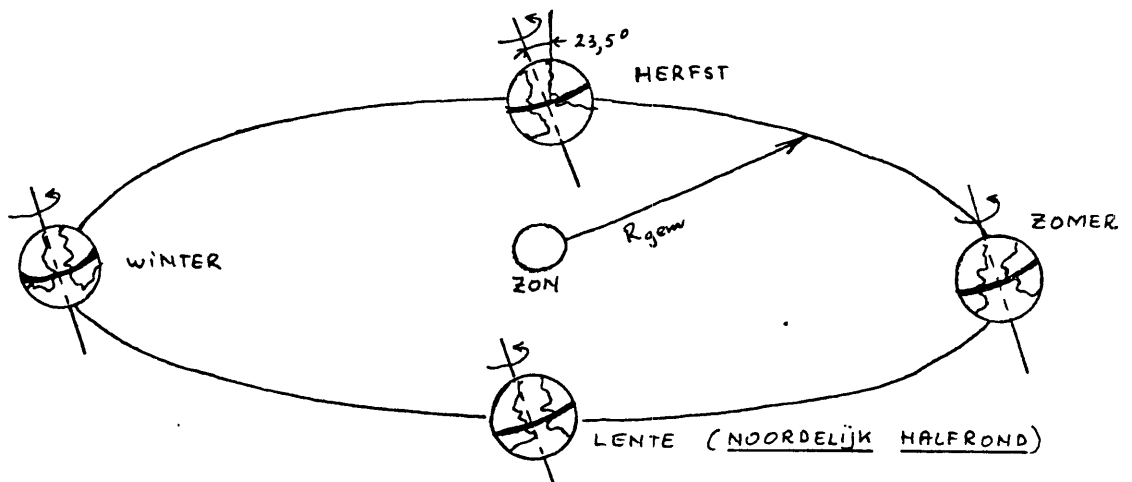


FIG. 2

De as van de aarde maakt een hoek van $23\frac{1}{2}^\circ$ met het vlak van draaiing: deze hoek is de oorzaak van de seizoenen (zie fig. 2).

Nog voordat de zon bestond, waren er "lege" ruimten tussen de andere sterren. Tussen de deeltjes (vnl. waterstof) in de lege ruimte is, bij overschreiding van een bepaalde dichtheid, een zekere aantrekkingskracht. Hoe groter de massa van de deeltjes hoe groter de aantrekkingskracht. Zodoende ontstaan gekoncentreerde materie-bollen. Tijdens de concentratie neemt de temperatuur toe (door botsingen), nl. de potentiële energie wordt omgezet in kinetische energie

en deze tenslotte in warmte. De temperatuur loopt echter zo hoog op, dat er fusiereacties ontstaan : 4H -kernen smelten samen tot een He-kern. Hierbij treedt een massa-verschil op, dat volgens Einstein ($E=mc^2$) als stralings-energie vrijkomt de zon is geboren !

Uit berekeningen blijkt dat de zon minimaal 4,5 miljard jaar bestaat en dat hij nog minstens 5 miljard jaar zal schijnen met dezelfde intensiteit als hij nu heeft, afgezien van tijdelijke fluktuaties. Deze fluktuaties van de intensiteit kunnen b.v. ijstijden tot gevolg hebben.

De zon wordt door de kernreacties steeds lichter; de aarde ontvangt per seconde ongeveer 2 kg zonne-materie, in de vorm van stralingsenergie. Dit komt overeen met ($P=\dot{m}c^2$) $P=1,75 \cdot 10^{17}$ watt. De aarde ontvangt slechts een zeer klein gedeelte van de totaal door de zon uitgestraalde energie, nl. : het $\frac{1}{2} \cdot 10^{-9}$ de deel. Dit is eenvoudig in te zien als we fig. 3 bekijken.

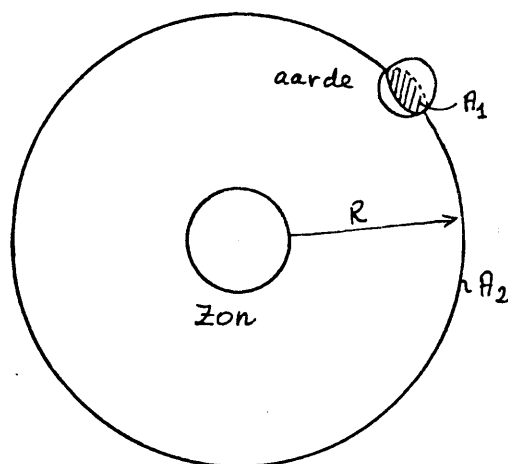


FIG. 3

A_2 = Opp. bd, straal $R \approx 150 \cdot 10^6$ km.

A_1 = Opp. dwarsdoorsnede v.d. aarde, straal $r = 6400$ km.

De aarde ontvangt dus het $\frac{A_1}{A_2}$ gedeelte van de totaal uitgestraalde zonne-energie. Dit is: $\frac{\pi(6400)^2}{4\pi(150 \cdot 10^6)^2} \approx 0,5 \cdot 10^{-9}$.

Het totaal door de zon uitgestraalde vermogen is dus $3,8 \cdot 10^{26}$ watt. Dit kan ook berekend worden m.b.v. de stralingswet van Stefan-Boltzmann: $P_Z = 4\pi R_Z^2 \sigma T_Z^4$, waarin R_Z de straal van de zon ca 700.000 km, T_Z de (oppervlakte)

temperatuur van de zon ca. 5700°K en σ de stralingskonstante $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

In Nederland is het ingestraalde vermogen gemiddeld 110 watt/m^2 , 's winters is dit 20 watt/m^2 en 's zomers 200 watt/m^2 , gemeten op een horizontaal vlak.

b). De stralingsbalans van de aarde

De naar de aarde toegestraalde zonne-energie bestaat hoofdzakelijk uit kortgolvlige elektromagnetische straling. Deze straling wordt niet geheel door de aarde opgenomen. Hoe de (gemiddelde) stralingsbalans van de aarde er (enigszins vereenvoudigd) uit ziet, toont fig. 4.

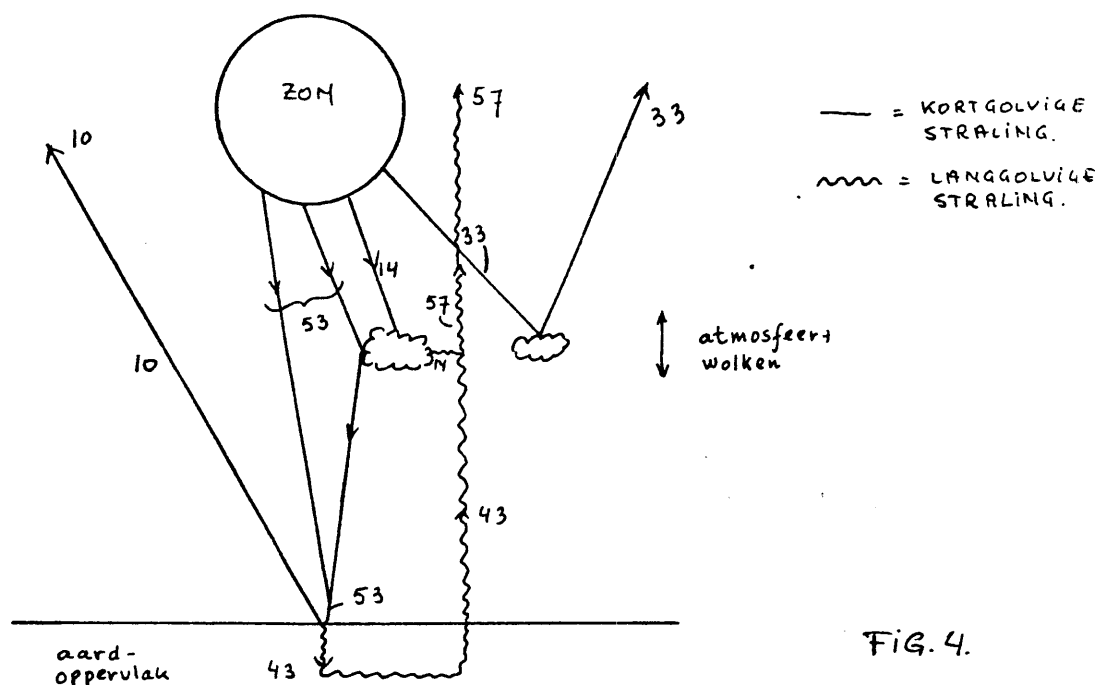


FIG. 4.

We stellen de hoeveelheid door de zon naar de aarde uitgestraalde kortgolvlige straling op 100. Dan blijkt uit de figuur :

Reflektie door de atmosfeer en de wolken :	33
" door het aardoppervlak :	10
Absorptie door de atmosfeer en de wolken :	14
" door het aardoppervlak :	23 (direkte straling)
" door het aardoppervlak :	20 (diffuse straling)

Alle geabsorbeerde straling gaat vroeg of laat, over in warmte. Deze warmte wordt als langgolvige straling weer uitgestraald.

De netto warmtestraling vanuit de aarde bedraagt 43.

De totale reflektiefaktor van de aarde (+ atmosfeer), het zgn. albedo a , is dus 0,43 $((10 + 33)/100)$.

Deze getallen zijn slechts globaal; er worden ook andere getallen genoemd (zie lit. nr. 10).

De atmosfeer is van zeer wezenlijk belang voor de stralingsbalans van de aarde. Een eenvoudige berekening toont aan dat, als we de atmosfeer buiten beschouwing laten, de gemiddelde temperatuur van het aardoppervlak erg laag zou zijn, nl. :

Het door de aarde geabsorbeerde vermogen $(1-a) \cdot 1,75 \cdot 10^{17}$ moet bij balans gelijk zijn aan de door de aarde uitgestraalde vermogen. Dit vermogen is volgens de stralingswet van Stefan-Boltzmann $4\pi R_a^2 \sigma T_a^4$. Dit levert na invulling van de gegeven grootheden R_a , de straal van de aarde en aannemend dat $a = 0,43$: $T_a = 242^\circ \text{K}$, m.a.w. -31°C !

De atmosfeer vormt a.h.w. een warmte-scherm om de aarde. Tevens wordt de harde straling door de ozonlaag in de atmosfeer geabsorbeerd.

Een andere zeer belangrijke faktor in de stralingsbalans is het albedo. Als deze kleiner wordt, d.w.z. er meer geabsorbeerd wordt, wordt de gemiddelde aardtemperatuur hoger. Verder is ook de stralingsintensiteit van belang. In dit verband heeft de Russische onderzoeker Bodyko modelberekeningen over de energiebalans van de aarde opgesteld. deze berekeningen geven aan dat bij 1% variatie van de in de atmosfeer ingestraalde energie katastrofale gevolgen kan hebben. Nl. bij een variatie van +1% zal een volledig smelten van de ijskap op het noordelijk halfrond optreden.

Bij een variatie van $-1,8\%$ zal een volledige ijsbedekking op het noordelijk halfrond optreden.

Opmerking. Ook door het feit dat wij nu in zeer korte tijd de fossiele brandstoffen degenereren tot warmte kan een verandering in de energie-balans optreden. Nl. :

a). Door Chapman ^{*)} is berekend dat als de energieproductie op aarde van andere bronnen dan de zon de grens van $4,56 \cdot 10^6$ kWh (thermisch) per jaar overschrijdt, het thermisch evenwicht op enkele graden Celcius hoger komt te liggen. $4,56 \cdot 10^6$ kWh/jaar komt overeen met $5,2 \cdot 10^5$ watt. Thans ligt het totale energieverbruik van de wereld tussen 10^{12} - 10^{13} Joule/sec. (Hoofdzakelijk d.m.v. fossiele brandstoffen).

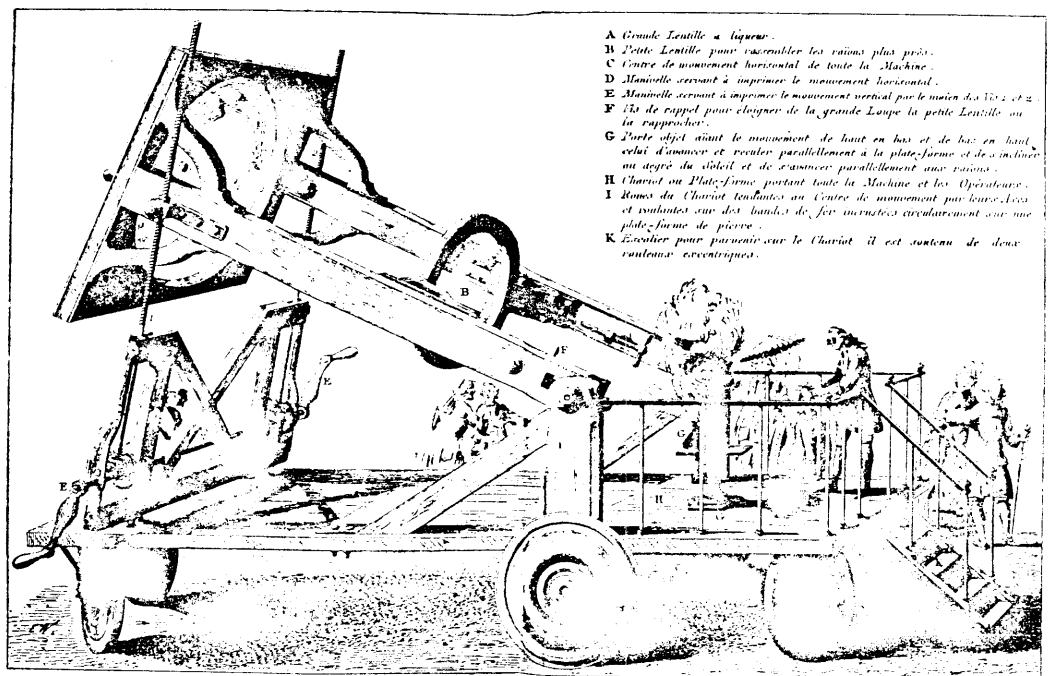
b). Door het verbranden van fossiele brandstoffen ontstaat veel luchtverontreiniging (vooral CO_2). Deze verontreiniging kan de intensiteit van de zonnestraling naar de aarde beïnvloeden.

^{*)} Zie lit. 13: P.F. Chapman, Energy production, a world limit.

2. Zonne-energiesystemen

a). Historie.

In de antieke wereld leefde een groot man, die zich al bezighield met de toepassing van zonne-energie : Archimedes (287 - 212 v. Chr.). Van hem wordt verteld dat hij bij het beleg van Syracuse door de Romeinen in 214 v. Chr. de vijandelijke schepen m.b.v. spiegels in brand liet steken. Wellicht is dit de eerste (en hopelijk de laatste) militaire toepassing van directe zonne-energie. Ook in latere tijden trachtte men zonne-energie direkt te benutten. Zie b.v. de onderstaande tekening.



Reeds in de achttiende eeuw trachtte men de onuitputtelijke zonne-energie direct te benutten. Daartoe gebruikte men een geweldig brandglas. Een geleerde slaat het effect gade door een zonnebril.

[Science Museum, Londen]

FIG. 5

Fossiele brandstoffen (kolen, olie, gas) gaven de mensen echter zoveel energie dat men het gebruik van directe zonne-energie niet zo belangrijk meer vond. Pas sinds enige jaren begint men zich weer serieus tot het

gebruik van direkte zonne-energie te richten. Dit, mede dankzij de energie-"krisis", waarin men ervaren heeft hoe afhankelijk men is van een grote gecentraliseerde energiebron (de olie in het Midden-Oosten).

b). Indeling van de zonne-energiesystemen.

De belangrijkste zonne-energiesystemen kunnen als volgt worden ingedeeld :

- 1). Fysische systemen:
 - a. Absorptie van zonne-straling, dat omgezet wordt in warmte (thermisch systeem)
 - b. Absorptie van zonne-straling, die omgezet wordt in elektrische energie (fotovoltaïsch effect)
- 2). Biologisch systeem: Absorptie van zonne-straling, die wordt omgezet in energierijke, organische verbindingen (fotosynthese).

Deze systemen zullen nu kort nader worden besproken.

1.a. Het thermisch systeem.

Oók zonder menselijk ingrijpen wordt een gedeelte van de zonnestraling omgezet in warmte, m.a.w. in de natuur vindt dit proces veelvuldig plaats. Daarom maken we onderscheid en noemen we de door de mens bewerkstelligde zonne-energieomzetting antropogene zonne-energieomzetting. Over dit laatste zullen we het nu hebben.

Om de zonne-straling te absorberen maakt men gebruik van zgn. zonne-kollektors. Deze bestaat uit een sterk (zonlicht) absorberend oppervlak. Verder mag het oppervlak weinig warmte terug stralen. Daarom zijn selektieve oppervlakken zeer geschikt voor gebruik in zonnepanelen. Deze oppervlakken absorberen veel zonlicht, (kortgolvig!), maar stralen weinig warmte uit (langgolvig!). Ook kan men m.b.v. lenzen of spiegels het zonlicht gekoncentreerd op de kollektor laten vallen. De totale absorptie-koëfficiënt van de zonne-kollektor is ongeveer 0,8 - 0,9 en het ren-

dement tot ca. 80%, zie fig. 6b.

De vrijgekomen zonne-warmte kan gebruikt worden voor o.a. huisverwarming en warm-watervoorziening. Bij hogere temperaturen kan men koken. Natuurlijk kan ook de vrijgekomen warmte worden omgezet in andere energie-vormen. Een apart probleem vormt de opslag van de warmte. Hiervoor kunnen warmte-reservoirs gemaakt worden, die het dag / nacht ritme van de zonnestraling opvangen. Het zomer / winter ritme is hiermee niet te ondervangen. Toch acht men de toepassing van het warmte-systeem in Nederland mogelijk (zie lit. nr. 7), hetgeen een belangrijke brandstofbesparing zal opleveren.

1.b. Het fotovoltaiisch effect

Hierbij maakt men gebruik van zgn. zonne-cellen, die bestaan uit halfgeleider-materialen (vnl. Si). Deze cellen zetten de zonne-straling direkt om in elektrische energie (zie fig. 6a). Het rendement is bij de huidige stand van de technische ontwikkelingen maximaal 20%, het maximaal haalbare is ca. 36%. Als we uitgaan van een ideale opslagmogelijkheid en een rendement van 20%, dan zou 10% van het Nederlands grondoppervlak bedekt moeten worden om het totale energieverbruik in Nederland te dekken. De totale absorptie-koëfficiënt is maximaal ca. 0,95. De energiestroom naar de aarde kan m.b.v. technische hulpmiddelen in de verre toekomst misschien vergroot worden. Ruimtestations, die voorzien zijn van enorme zonne-panelen kunnen zonne-energie omzetten in elektrische energie. Deze elektrische energie zou m.b.v. mikrogolven naar de aarde gezonden kunnen worden, en weer omgezet kunnen worden in elektrische energie. Het voordeel hiervan zou zijn dat er vrijwel een konstante energiebenutting kan plaatsvinden, m.a.w. men is niet meer afhankelijk van dag/nacht en zomer/winter-ritmes.

Zonne-energieomzetting m.b.v. zonnecellen vindt alleen plaats door toedoen van de mens, dus is van antropogene aard.

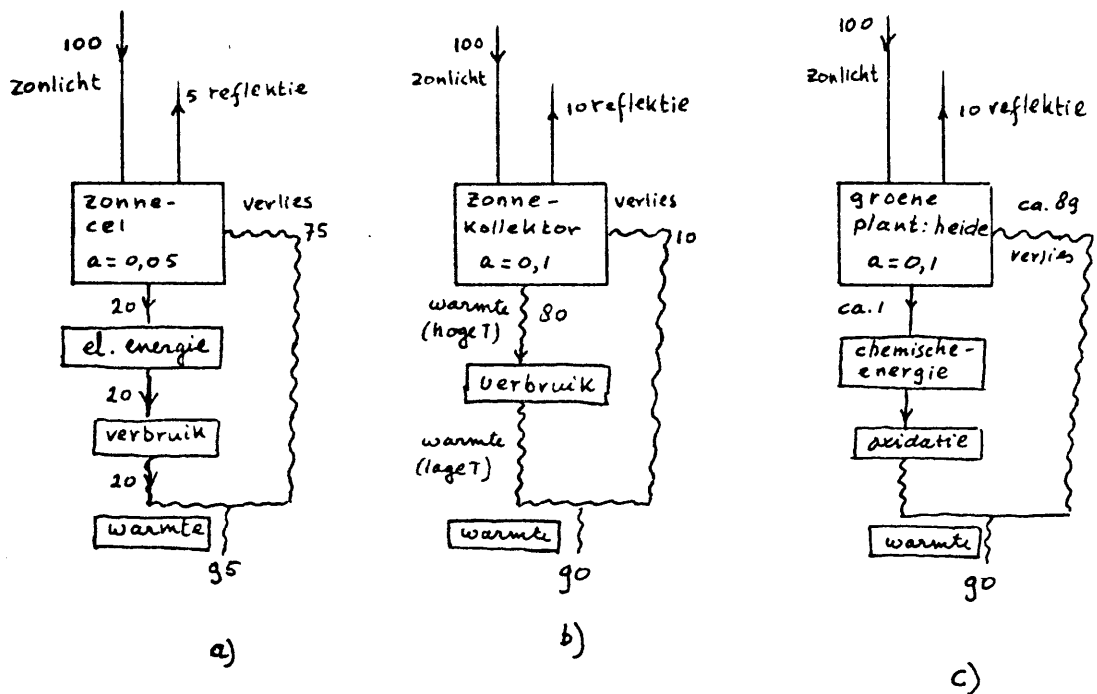


Fig. 6

2. De fotosynthese.

Groene planten zijn in staat zonne-energie om te zetten in energierijke organische verbindingen. Het chlorofyl, dat zich in de bladeren bevindt speelt hierbij een centrale rol. Het rendement van de omzetting bedraagt maximaal ca. 5% (bij zeer gunstige omstandigheden), doch meestal komt het rendement niet boven de 1%, zie fig. 6c. Door de planten wordt ca. $5,3 \cdot 10^{13}$ watt in organische verbindingen opgeslagen. Het meeste van deze energie wordt verbruikt door allerlei organismen, waardoor dit tenslotte overgaat in warmte. Een zeer klein gedeelte blijft bewaard: deze energie kennen we als fossiele energie. Fotosynthese komt in de natuur zeer veel voor. Ook de mens maakt dankbaar gebruik van dit proces bij het telen van eetbare gewassen.

c). Vergelijking antropogene/"natuurlijke" zonne-energie-omzetting.

Antropogene zonne-energieomzetting zal allerlei ekologische

relaties beïnvloeden. Een belangrijke grootheid is het albedo van het aardoppervlak. Alleen dit aspect wordt nu bekeken.

Om te kunnen nagaan in hoeverre antropogene zonne-energie-omzetting invloed kan hebben op de stralingsbalans van de aarde, gaan we het albedo van de kunstmatige systemen vergelijken met die van de "natuurlijke" systemen. Als het albedo niet "veel" verschilt, mogen we veronderstellen dat de stralingsbalans niet in gevaar komt.

De natuurlijke systemen (absorptie en fotosynthese) zijn over de gehele aarde verspreid. Bovendien heeft iedere grondsoort en vegetatie een verschillend albedo. Ter oriëntering hiervan het volgende tabelletje :

<u>Vegetatie</u>	<u>Albedo</u>	<u>Grondsoorten</u>	<u>Albedo</u>
Gras	0,26	Zwarte natte grond	0,08
Eik	0,18	Zwarte droge grond	0,14
Den, spar	0,10	Zand (geel)	0,35
Heide	0,10	Zand (wit)	0,34 - 0,40
Rijstveld	0,12	Woestijn	0,3
Tarwe	0,10-0,25		

en verder :

sneeuw en ijs 0,6 - 1,0

zee 0 - 0,1

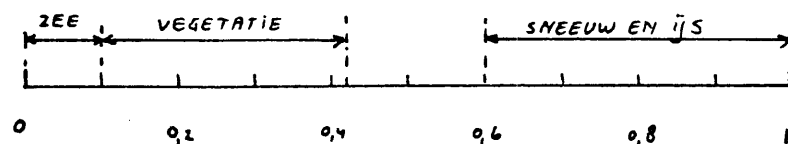


FIG. 7

(oppervlakte) albedo.

Het probleem doet zich nu voor met welk natuurlijk systeem we kunnen vergelijken. We kunnen dit op verschillende manieren doen, nl.

- een lokale vergelijking d.w.z. het kunstmatige zonne-energiesysteem vergelijken met de daarvoor (vroegere)

- aanwezige vegetatie/grondsoort, ter plaatse.
- b. een globale vergelijking. D.w.z. bij invoering van de kunstmatige zonne-energiesystemen (op grote schaal) het albedo van het aardoppervlak vergelijken met het albedo dat er vroeger was.

Zonnecellen en -kollektoren hebben thans een maximale (totale) absorptie-koëfficiënt, die ligt tussen ca. 0,85 en 0,95, d.w.z. een albedo van ca. 0,05 tot 0,15.

We zien uit de tabel dat deze wat het albedo betreft, overeenkomen met : respektievelijk zeewater, zwarte natte grond, denneboom, heide en rijstveld.

Het albedo van zonnecellen en kollektoren is ^{dus} te vergelijken met die van verschillende bodembedekkingen, die in de "natuur" voorkomen. Wat dit betreft lijken de kunstmatige systemen dus weinig kwaad te kunnen.

We moeten echter wel voorzichtig worden bij toepassing van deze systemen op zeer grote schaal : hierdoor kan het gemiddelde albedo van de aarde verlaagd worden, wat temperatuurstijging tot gevolg heeft !

Verder moeten we ook nog rekening houden met andere invloeden (b.v. zonnekollektoren en -cellen doen niet mee met de koolzuurassimilatie !)

Als we er voor zorgen dat de kunstmatige zonne-energiesystemen, wat het albedo betreft, lokaal zijn aangepast aan de vegetatie die er vroeger was (d.w.z. dat het albedo ter plaatse niet noemenswaardig verandert) zal het albedo globaal ook niet veranderen.

Dit zal wel tegen ons gevoel van "efficiëncy" ingaan! In de Sahara b.v. is een grote stralingsintensiteit. Het albedo is daar ca. 0,3. Als we hier zonnepanelen plaatsen (op grote schaal) met albedo 0,3, dan "verliezen" we veel energie.

Het is natuurlijk wel nog de vraag of we zo gecentraliseerd energie op moeten wekken. Hierbij is transport van energie noodzakelijk, dat zelf weer ekologische verstoringen tot gevolg kan hebben.

Minder kwetsbaar lijkt gedecentraliseerde energieopwekking.

Toepassing van fotosynthese als energieomzetting is minder aantrekkelijk vanwege het lage rendement (ca. 1%), doch het heeft ook zeer grote voordelen, zoals

- 1). Er is vrij gemakkelijk opslag van energie mogelijk,
- 2). Er zijn weinig technische hulpmiddelen nodig, die zelf veel energie kosten.

3. Maatschappelijke aspecten.

In vele opzichten leven we in een zeer kritische tijd. De mensheid staat voor een kruispunt (of veelsprong ?). Welke weg moeten we kiezen ?

We hebben een tijdperk beleefd van enorme groei, die zijn hoogtepunt in de 60-er jaren heeft gehad. Na de grote, overvloedige welvaartsroes krijgen we een "kater". We hebben zoveel verbruikt en vervuild, dat we ervan schrikken als in het begin van de 70-er jaren het Rapport van de Club van Rome bekend wordt. We worden ons bewust van de beperktheden van onze voorraden, en de beperkte draagkracht van het leefmilieu.

Ondertussen zijn vele milieugroepen actief geweest, hebben gewaarschuwd, vaak met weinig sukses, omdat economische belangen vóór gingen.

Ook zijn er andere groepen reeds aan het experimenteren gegaan met andere leefvormen en andere technologieën. (o.a. sub-kulturen). De doelstellingen van deze groepen zijn anders dan in de "huidige" maatschappij, nl. o.a. : meer begrip voor natuur en medemens en zij stellen welzijn boven welvaart en ecologie boven economie. Zij vinden dat de techniek in dienst behoort te staan van de mensen niet omgekeerd.

En verder streven zij naar :

stabiliteit	i.p.v.	snelle groei
decentralisatie	"	centralisatie
kringloop-systemen	"	"wegwerp"-systemen
eenvoud	"	komplexiteit
despecialisatie	"	specialisatie
kleinschaligheid	"	grootschaligheid
diversiteit	"	monokultuur
natuurprodukten	"	kunststoffen.

Het is zeer waarschijnlijk dat deze ideeën, na verder ontwikkeld en uitgewerkt te zijn, de juiste weg zullen blijken te zijn naar een meer leefbare en menselijker maatschappij.

Het is echter nog wel een vraag of de mens nog op tijd in zal zien om die keuze te maken en het beleid daarop af te stemmen. Misschien moeten er eerst wel enige grote ekologische katastrofen komen, om het beleid drastisch te doen veranderen, als het dan nog kan

Een ander belangrijk punt is de toename van de wereldbevolking. Als deze niet gestabiliseerd wordt, kunnen we met geen mogelijkheid een leefbare wereld behouden.

Verder is de wereld nog opgescheept met een reusachtige hoeveelheid vernietigingstuig. Ook dit vormt een continue bedreiging voor ons en het ecosysteem.

Tussen deze nauwe mazen van het net waar de mens in verstrikt is geraakt, zal hij moeten zwemmen naar "vrijer" water, hierin een nieuwe wereld opbouwen, die geheel andere doelstellingen heeft als de "oude". Hierin zal de mens trachten te leven in harmonie met de natuur zonder de goede verdiensten van de techniek overboord te hoeven gooien. We moeten deze techniek alleen kritisch bezien, aanpassen aan bionatuur en mens. In deze "nieuwe" maatschappij zal het gebruik van zonne-energie geheel passen, mits voldaan wordt aan nog te stellen ekologische eisen.

We zullen zonne-energie wellicht in combinatie met een warmtepomp kunnen toepassen als huisverwarming (in goed geïsoleerde huizen) en waterverwarming. Ook lijkt elektrische energieopwekking (op niet al te grote schaal) in de toekomst mogelijk.

Als aanvulling op de zonne-energie kunnen andere alternatieve energiebronnen dienen : zoals windenergie. Ook kan op zeer beperkte schaal fossiele brandstoffen als aanvulling dienen. Deze moet beperkt blijven i.v.m. luchtverontreiniging (CO_2 !). Ook kan zonne-energie uit de fotosynthese beperkt gebruikt worden als aanvulling.

Kortom : Een veelvormige, gedecentraliseerde energievoorziening, die aangepast is aan de bionatuur.

Verder zullen we het energieverbruik eerlijker moeten verdelen over de wereldbevolking. Als we hiervoor kiezen, zullen de konsekwenties voor de westerse wereld veelomvattend zijn.

We zullen de maatschappij heel anders moeten gaan inrichten. Hoè dat zal gaan, is nog moeilijk te voorzien. In ieder geval lijkt het dat we minder "luxe" zullen kennen en dat het energieverbruik per persoon lager zal liggen dan thans het geval is.

We moeten m.i. niet proberen om m.b.v. zonne-energie de energiekrisis op te lossen en dan weer met dezelfde mentaliteit door trachten te gaan als daarvoor. Neen, ik geloof dat invoering van deze "nieuwe" energiebron niet los te zien is van een wezenlijke verandering van de maatschappelijke structuren.

-o-o-o-o-o-o-

Geraadpleegde literatuur:

1. Diktaat Energie, Studium Generale THE, nr 9004.
2. Diktaat Alternatieve Technologie, Studium Generale THE, nr 9014.
3. C. Schuurmans, De grenzen van het klimaat, Nat. en Techn. 12-7.
4. C. Deay Ouwens, Zonne-energie, Nat. en Techn. 12-74.
5. R. Epple en H. Fischer, Trends en problemen bij moderne hoogvermogen-zonnecellen, Radio Elektronika 15,16,17 1974.
6. Diktaat Elektrische Energie, THE, nr 5021.
7. C.W.J. van Koppen, Toepassingsmogelijkheden van zonne-energie voor huisverwarming en warmwatervoorziening onder Nederlandse omstandigheden, Rapport THE, nr WPS3-73.08.R183.
8. J.D. Fast, Materie en leven, jubileumuitgave Nat en Techn., '74.
9. Hans Rau, De Zon, Elsevier, 1962.
10. F.H. Schmidt, De atmosfeer, Nat. en Techn. 10-75.
11. F. Daniels, Direkt use of the sun's energy, New York, 1964.
12. L. Rouvel en H. Schaefer, Sonne-energie: Kaum Hoffnung für Europa, Umwelt 2, 1974.
13. Diktaat Inleiding tot de Milieukunde, Centrum voor technische milieukunde TH Delft, 1976.
14. T.L. Brown, Energy and the Environment, 1971.
15. H. Messel en S.T. Butler, Solar Energy, Pergamon Press, 1975.
16. F.R. Paturi, De plant als bouwmeester, 1975.
17. R. Brinkworth, Solar Energy for man.
18. N. Robinson, Solar Radiation, Elsevier.
19. S.L. Kwee, Denktuig en Werktuig, diktaat THE, nr 1130.
20. J. Miedema en S. Brouwer, Zachte Techniek, 1975.
21. Aantekeningen van het kollege "Natuur en Techniek", S.L. Kwee.
22. G.A. vd Leeden, C. Deay Ouwens en A. Veefkind, Solar Energy Conversion with Solid State Devices, Rapport THE, 1974.