

Twintig veelgestelde vragen over zonne-energie

Woord vooraf...



De belangstelling voor zonne-energie neemt de laatste jaren sterk toe en daarmee ook het aantal vragen. Door middel van deze brochure wil ECN Zonne-energie u een beetje wegwijs maken in de wereld van de zonne-energie.

Het is onmogelijk om in kort bestek alle vragen te beantwoorden die bij u zouden kunnen opkomen, maar gelukkig is er veel toegankelijke informatie beschikbaar op internet. Daarom wordt op meerdere plaatsen verwezen naar websites.

ECN Zonne-energie
Postbus 1
1755 ZG Petten.
tel: 0224-564761
fax: 0224-563214

e-mail : solar@ecn.nl
internet: www.ecn.nl



energy-innovation

1. Wat is zonne-energie?

“Zonne-energie” is een verzamelnaam voor een fors aantal verschillende technieken om de energie in zonlicht om te zetten in nuttig bruikbare energie. We onderscheiden directe en indirecte vormen.

Bij *indirecte zonne-energie* wordt de uiteindelijk bruikbare energie geproduceerd via een omweg. Bekende voorbeelden zijn **windenergie**, **waterkracht** en **biomassa**. Het mooie van waterkracht en biomassa is dat de gebruiker niet gevoelig is voor de wisselingen in het aanbod van zonlicht: je kunt de energie bewaren totdat hij nodig is omdat opslag onderdeel is van de hele keten (het stuwmeer en de stapel plantaardig materiaal).

Bij *directe zonne-energie* wordt de energie in het licht meteen omgezet in bruikbare energie: warmte of

elektriciteit. We onderscheiden **passieve zonne-energie** (het zodanig ontwerpen van gebouwen dat optimaal gebruik wordt gemaakt van binnentredend zonlicht voor verwarming en verlichting), **actieve (thermische) zonne-energie** (zoals de zonneboilers) en **fotovoltaïsche zonne-energie** (meestal aangeduid met **PV**, naar het Engelse Photo(=licht)Voltaic(=elektriciteit)), waarmee zonlicht in één stap wordt omgezet in elektriciteit.

In de tabel worden de verschillende vormen van zonne-energie verduidelijkt aan de hand van de stappen die nodig zijn om tot elektriciteit te komen (het kan ook zijn dat men warmte of brandstof als eindproduct wil, dan gelden andere stappen).

| stappen in de omzetting | <i>indirecte zonne-energie</i> | | | <i>directe zonne-energie</i> |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| | Windenergie | Waterkracht | Biomassa | Fotovoltaïsche omzetting |
| 1 | zonnestraling | zonnestraling | zonnestraling | zonnestraling |
| 2 | temperatuur/druk verschillen | verdamping van water | plantengroei | absorptie in een zonnecel |
| 3 | wind | neerslag | oogst/bewerking/opslag | elektriciteit |
| 4 | aandrijving windmolenbladen/generator | opslag in stuwmeer | verbranding, vergassing, etc. | |
| 5 | elektriciteit | aandrijving turbineschoepen/generator | aandrijving generator | |
| 6 | | elektriciteit | elektriciteit | |

In deze brochure wordt voornamelijk over fotovoltaïsche zonne-energie (PV) gesproken.

2. Welke termen worden gebruikt?

Er bestaat vaak verwarring over de termen die in de wereld van de zonne-energie worden gehanteerd. De afspraak is dat het woord (zonne)**collector** wordt gebruikt voor installaties die zonlicht omzetten in **warmte**, zoals in een zonneboilersysteem. Daarentegen wordt de term

(zonne)**paneel** gebruikt voor installaties die zonlicht direct omzetten in **elektriciteit**.

Bij fotovoltaïsche zonne-energie (**PV**) worden veel, vaak Engelse, vaktermen gebruikt. De tabel geeft uitleg. In toenemende mate spreekt men ook van “zonnestroom” in plaats van PV.

Termen bij PV

| | |
|------------------------------|---|
| zonnecel | basis bouwsteen die onder invloed van licht direct elektriciteit levert |
| zonnepaneel of module | x-aantal in serie geschakelde zonnecellen |
| string | aantal modules in serie geschakeld |
| sub-array | aantal modules bijeen op een draagconstructie |
| array | aantal sub-arrays in één vlak |

| | |
|--------------------------------|---|
| PV-systeem | aantal arrays bijeen, compleet met overige systeemonderdelen |
| Balance-Of-System (BOS) | alle systeemonderdelen exclusief de panelen |
| PV | PhotoVoltaic ofwel zonne-electriciteit |
| inverter | apparaat dat de gelijkstroom van de zonnepanelen omzet in wisselspanning voor het elektriciteitsnet |
| watt-piek (Wp) | het elektrisch vermogen dat door de zonnecel wordt geproduceerd bij volle zon |

3 Hoeveel zonne-energie wordt nu al gebruikt?

De totale bijdrage van zonne-energie aan het mondiale energiegebruik in de vorm van biomassa (m.n. hout) in ontwikkelingslanden en van grote waterkrachtcentrales is iets minder dan 15%. De bijdrage van de zogenaamde nieuwe vormen van zonne-energie (met name windenergie, biomassa in de vorm van energiegewassen, thermische zonne-energie en PV), is nog geen 0,5%. Het aandeel PV daarin is zeer gering. In totaal is in de loop van ongeveer 20

jaar ruwweg 1000 megawatt-piek (MWp) aan PV verkocht. De verkopen in 1999 bedroegen 200 MWp aan modules (ongeveer 2 km²), vooral in de vorm van kristallijn silicium en amorf silicium.

In Nederland staat ruim 10 MWp aan PV opgesteld, vooral op daken van huizen. Die systemen leveren samen een gemiddeld elektrisch vermogen van minder dan 1 MW. Dat is dus nog heel weinig!

4 Wat zijn de plannen op het gebied van PV?

Diverse landen hebben ambitieuze plannen voor de introductie van PV, meestal als onderdeel van een beleid gericht op energiebesparing en inzet van duurzame energie. Zo heeft Duitsland een 100.000 daken plan voor 2005, de VS een 1.000.000 daken plan voor 2010 (evenals de EU) en streeft Japan naar 5.000 MWp PV (ongeveer 2.000.000 daken) in 2010. In Nederland wordt gewerkt aan een plan voor 250 MWp PV in 2007, als eerste stap naar minimaal

1500 MWp in 2020. Het VS-plan omvat ook thermische zonne-energie en het EU-plan gaat zowel over systemen in Europa als over systemen in ontwikkelingslanden.

Verder zijn er speciale programma's voor het toepassen van kleine PV-systemen in plattelandsgebieden in ontwikkelingslanden, bijvoorbeeld van de Wereldbank.

5 Is zonne-energie in Nederland wel zinvol?

In tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, is de verdeling van zonne-energie over het aardoppervlak redelijk gelijkmatig. Het verschil in jaarlijks beschikbare energie tussen de Sahara en het noorden van Scandinavië is niet meer dan een factor drie. Nederland krijgt ongeveer 1000 kWh/m² per jaar aan zonlicht, iets minder dan de helft van wat maximaal haalbaar is. Het probleem is dan ook niet zozeer het jaarlijkse aanbod, maar de grote verschillen tussen zomer en winter (factor 7-10). Vanwege dat verschil is het belangrijk dat de energie kan worden opgeslagen of

dat een tweede energiebron beschikbaar is die de verschillen tussen vraag en PV-aanbod kan opvangen.

Een paar getallen illustreren de wereldwijde potentie van zonne-energie. Per aardbewoner is gemiddeld continu ongeveer 10.000.000 watt (10 megawatt) aan zonnestraling beschikbaar. Het huidige gemiddelde energiegebruik is 2.000 watt (2 kilowatt) per persoon, alle vormen van gebruik bij elkaar geteld. Per Nederlander is het gebruik 6 kilowatt. Er is wereldwijd dus 5000 maal meer zonne-energie beschikbaar dan we nodig hebben. Dit getal zegt echter nog niet zoveel, want we kunnen onze landen niet

volleggen met zonne-energie installaties en bovendien is het rendement van de omzetting in bruikbare energie veel lager dan 100%. Niettemin is al door velen aannemelijk gemaakt dat zonne-energie een hoofdrol kan spelen in onze mondiale energievoorziening op de lange termijn. De kunst

is om dat voor elkaar te krijgen tegen aanvaardbare kosten en met een hoge betrouwbaarheid. Natuurlijk hoeven landen niet allemaal in hun eigen gebruik te voorzien. Zoals nu wordt gehandeld in fossiele brandstoffen, kan ook een levendige internationale handel ontstaan in zonne-energie.

6 Hoe werkt een zonnecel?

Met behulp van PV wordt zonlicht direct omgezet in elektriciteit, zonder bewegende delen en zonder dat iets heet gemaakt hoeft te worden. Omdat de omzetting nooit met 100% rendement kan verlopen is er altijd afvalwarmte, maar die warmte is niet nodig voor de elektriciteitsproductie. Hoewel dit basisprincipe heel eenvoudig en elegant is, vraagt een goede beschrijving van de bouw en werking van zonnecellen toch wat meer woorden. Op een apart blad ("Hoe werkt een silicium zonnecel eigenlijk?") is een uitgebreide uitleg beschikbaar voor de geïnteresseerden. Op deze plaats wordt een korte samenvatting gegeven.

Zonnecellen worden gemaakt van zogenaamde halfgeleidermaterialen. Het bijzondere van deze materialen is dat daarin onder inwerking van licht negatief geladen **elektronen** worden vrijgemaakt om te bewegen. Deze elektronen laten eveneens beweeglijke, positief geladen **gaten** achter. De werking van de zonnecel berust erop dat elektronen en gaten van elkaar worden gescheiden, zodat de voorzijde een negatieve spanning en de achterzijde een positieve spanning krijgt (of omgekeerd). Wanneer voor- en achterzijde met elkaar worden verbonden, kan een elektrische stroom gaan lopen en kan de cel nuttige energie leveren aan een accu, een pomp of het elektriciteitsnet.

7 Waarom is het rendement van zonnecellen geen 100%?

Zonnecellen zetten zonlicht om in elektriciteit. Het deel van de energie in het zonlicht dat kan worden omgezet in elektriciteit noemen we het rendement (in % uitgedrukt). Zonlicht bestaat uit verschillende kleuren, dat kun je zien wanneer er een regenboog is. Een zonnecel wordt meestal gemaakt van één bepaald (halfgeleider)materiaal, bijvoorbeeld silicium. Zo'n materiaal is niet voor alle kleuren licht even gevoelig en een deel van het zonlicht gaat er zelfs dwars door heen. Anders gezegd: een zonnecel werkt optimaal voor één kleur licht. Licht wat "te rood" is gaat er doorheen (wordt niet geabsorbeerd) en wordt dus helemaal niet benut, licht wat "te blauw" is wordt maar voor een deel benut. Dit is beter te begrijpen wanneer we ons realiseren dat licht bestaat uit energiepakketjes (fotonen). De energie van het pakketje bepaalt de kleur van het licht. Om een elektron in het materiaal los te maken (zie 6.) is het nodig dat het foton een minimale energie heeft. Is de energie te laag, dan wordt geen elektron losgemaakt. Is de energie hoger dan het benodigde minimum, dan wordt een elektron vrijgemaakt en het overschot aan energie afgegeven in de vorm van warmte. Op die manier gaat ongeveer 55% van de energie in het licht verloren, zodat nog 45% resteert. Wanneer een elektron eenmaal is losgemaakt, heeft het de neiging weer terug te vallen naar zijn oude toestand (recombineren). Dit is zelfs in het beste materiaal niet helemaal te voorkomen en zorgt ervoor dat

het rendement van een ideale, enkelvoudige cel niet hoger kan zijn dan ongeveer 30% (voor materiaal met een optimale kleurgevoeligheid). De allerbeste –onbetaalbare– kleine zonnecellen hebben een rendement van 25% in het laboratorium. In commerciële productie wordt 6-16% gehaald. Dit grote verschil is een gevolg van het gebruik van goedkopere materialen (lagere kwaliteit en niet-optimale kleurgevoeligheid), van goedkopere fabricageprocessen en van de grotere oppervlakte van de cellen en de modules.

Er zijn twee methoden om het rendement van zonnecellen ter verhogen boven het genoemde maximum van 30% voor een enkelvoudige cel. In de eerste plaats kan de kleurgevoeligheid worden verbeterd door twee of drie verschillende materialen te stapelen. We spreken in zo'n geval van een **tandem**. De kleurverliezen nemen dan af van 55% naar ongeveer 40-45%, zodat 55-60% van de energie resteert. De gevolgen van recombinatie kunnen worden verminderd door domweg meer elektronen los te maken ("de pomp harder zetten terwijl het lek gelijk blijft"). Dit kan door de cel te belichten met geconcentreerd zonlicht (bijvoorbeeld 100x) onder een soort lens of met spiegels. In combinatie met het gebruik van een drievoudige tandem geeft dit een theoretisch maximum rendement van ongeveer 50%. Ter vergelijking: de allerbeste praktische cel van dit soort heeft een rendement van 33%.

Zie ook de tabel bij vraag 9.

8 Waarom zijn zonnecellen meestal blauw of zwart?

De blauwe kleur van zonnecellen wordt veroorzaakt door de anti-reflectie laag op het silicium. Bij een optimale laagdikte oogt de cel blauw, maar andere kleuren (brons, groen, paars) zijn te bereiken met een andere laagdikte. De prijs die daarvoor moet worden betaald is een verminderde opbrengst (typisch 10-25% lager) door een hogere reflectie.

De werking van de laag is vergelijkbaar met die van de coating op de lens van fototoestellen en het kleureffect is ook zichtbaar bij een laagje olie op water. Donkergekleurde zonnecellen hebben gewoon een lage reflectie voor zichtbaar licht.

9 Welke soorten zonnecellen bestaan er allemaal?

Er bestaan zonnecellen en panelen van verschillende materialen. Het voert te ver om hier de eigenschappen in detail te behandelen, maar het is wel nuttig om een overzicht te geven van de belangrijkste soorten, zoals ze in het lab en de fabriek worden gemaakt. Er wordt

onderscheid gemaakt tussen zonnecellen van plakken kristallijn silicium en dunne film zonnecellen.

De plakken zijn ruwweg 0,3 mm dik, de dunne film cellen tussen de 0,001 en 0,003 mm.

Rendement van de verschillende soorten zonnecellen en modules (situatie najaar 2000).

| Uitvoering | Materiaalsoort | Aanduiding | Maximum rendement laboratoriumcellen (< 4 cm ²) | Typisch rendement commerciële modules (>1000 cm ²) |
|------------|--|---------------------|---|--|
| plakken | monokristallijn silicium | c-Si | 25% | 13-16% |
| plakken | multikristallijn silicium | mc-Si | 20% | 12-14% |
| dunne film | amorf silicium en silicium-germanium | a-Si óf a-(Si,Ge):H | 14% | 6-8% |
| dunne film | koper-indium-diselenide | CIS óf CIGS | 19% | 9-11% |
| dunne film | cadmiumtelluride | CdTe | 16% | 7-9% |
| dunne film | dunne-film kristallijn silicium | f-Si | 10~17% | nog in ontwikkeling |
| dunne film | concentrator tandemcellen | --- | 33% | nog in ontwikkeling |
| dunne film | kleurstof-ge sensibiliseerde zonnecellen | DSC | 11% | nog in ontwikkeling |
| dunne film | organische (polymere) zonnecellen | OZC | 4% | nog in ontwikkeling |

10 Hoe belangrijk is rendement eigenlijk?

Het vermogen van een zonnepaneel wordt meestal uitgedrukt in watt-piek (Wp), dat is het elektrische vermogen dat wordt geleverd bij volle zon. Een paneel met een rendement van 7% en een vermogen van 100 Wp is dus twee maal zo groot als een paneel met een rendement van 14% en hetzelfde vermogen. De prijs van een zonnepaneel wordt vaak berekend per Wp, zodat het rendement daarop niet direct van invloed is. Bij de keuze voor een type paneel spelen dan ook andere factoren een rol: hoeveel ruimte is beschikbaar, welke afmetingen en uitvoering zijn gewenst, welk paneel vindt men mooier? Een ander belangrijk punt is dat bij de bouw van een compleet PV-systeem een deel

van de kosten samenhangt met het oppervlak (draagconstructies, bekabeling, etc.). Die kosten zullen dus hoger zijn wanneer het rendement van de panelen lager en het oppervlak groter is (bij een gegeven vermogen). Daar staat tegenover dat de kosten per Wp voor een paneel met een hoog rendement vaak wat hoger zijn dan die voor een paneel met een laag rendement. Hoe de totaal som uitvalt, is niet te voorspellen en moet van geval tot geval worden bekeken. Tot slot is het belangrijk om op te merken dat het rendement beslist *geen* maat is voor de kwaliteit of de betrouwbaarheid van zonnepanelen!

11 Waaruit bestaat een compleet PV-systeem?

Om te beginnen moet onderscheid worden gemaakt tussen autonome systemen en netgekoppelde systemen. De eerste leveren hun elektriciteit aan een accu of direct aan de gebruiker. De tweede leveren wisselstroom aan het openbare elektriciteitsnet.

Zonnecellen en panelen leveren van zichzelf gelijkstroom. In een zonnepaneel worden zonnecellen in serie geschakeld omdat de spanning van een enkele cel slechts ongeveer 0,5 volt bedraagt. Panelen die worden gebruikt in autonome systemen hebben meestal een uitgangsspanning die is afgestemd op het laden van een 12 volt accu. Daartoe worden veelal 36 cellen in serie gezet (dan werkt het laden ook onder ongunstige omstandigheden naar behoren). Om

de accu op een goede manier te laden en te ontladen wordt een laadregelaar gebruikt, die voorkomt dat de accu vroegtijdig aan zijn einde komt vanwege over- of onderladen. Bij netgekoppelde systemen wordt de gelijkstroom uit het paneel met een *inverter* omgezet in 230 volt wisselstroom. Er komen tegenwoordig steeds meer panelen op de markt met een uitgangsspanning die hoger is dan de standaard 12 volt. Soms zit de inverter gemonteerd op de achterzijde het zonnepaneel, zodat dit type paneel direct op het elektriciteitsnet kan worden aangesloten. Dan spreken we van een AC-module (AC staat voor wisselstroom).

12 Hoeveel energie levert een PV-systeem?

Het *gemiddelde vermogen* van een zonne-energiesysteem is altijd veel kleiner dan het *piekvermogen* dat bij volle zon wordt geleverd. Op zijn best is de verhouding ongeveer 23% (in zonnige woestijngebieden), voor Nederland is de verhouding ongeveer 10%. Met andere woorden: een systeem met een piekvermogen van 3000 Wp (een dak vol panelen) levert bij een gunstige oriëntatie een gemiddeld vermogen van 300 W. Omdat een jaar 8760 uren heeft, komt dat overeen met ruim 2600 kWh ($300 \text{ W} \times 8760 \text{ uur} = 0,3 \text{ kW} \times 8760 \text{ uur} = 2600 \text{ kWh}$). Een energiebewust gezin kan hiermee toe, al zijn de tijdstippen van opwekking en gebruik natuurlijk niet gelijk. Om dat probleem te ondervangen wordt de elektriciteit aan het net geleverd als er overschot is en worden tekorten uit het net betrokken. Opbrengst en gebruik zijn dan dus *gemiddeld* in balans.

Als vuistregel kan worden aangehouden dat 1 Wp aan goedgerichte panelen in een netgekoppeld systeem globaal

0,75-0,95 kWh per jaar aan elektriciteit levert. Bij autonome systemen is de zaak gecompliceerder, omdat daar meestal een opslagstap tussen opwekking en gebruik ligt. Het aantal nuttig bruikbare kWh is daardoor vrijwel altijd lager. Een zeer grove indicatie is 0,5 kWh per Wp op jaarbasis, maar dit is sterk afhankelijk van het soort autonome systeem.

De optimale richting van een PV-systeem is in Nederland ongeveer een zuid-oriëntatie en een hellingshoek van 35-40°. “Optimaal” betekent hier een maximale jaaropbrengst. Wanneer men bijvoorbeeld in de winter een hogere opbrengst wil hebben, moeten de panelen onder een grotere hellingshoek worden geplaatst. Overigens is de opbrengst niet sterk afhankelijk van de oriëntatie en de hoek: tussen zuid-oost en zuid-west en tussen 20 en 60° zijn de verschillen niet groter dan ongeveer 10%. Op een zuidgevel wordt ongeveer 75% van het maximum geoogst.

13 Hoeveel energie kost het om een zonnepaneel te maken?

De allereerste zonnepanelen waren eerder energiegebruikers dan energieleveranciers, met andere woorden: het kostte meer energie om ze te maken dan ze tijdens hun werkzame leven opleverden. Gelukkig is dat allang niet meer zo, ook al hoor je het nog wel eens beweren. Complete PV-systemen leveren op dit moment in

Nederland in een periode van 3 tot 6 jaar de energie die het heeft gekost om ze te maken. Dit moet worden vergeleken met een levensduur van ongeveer 30 jaar. Het is de verwachting dat deze zogenaamde energierugverdientijd in de loop van de komende jaren zal afnemen tot 1 jaar.

14 Wat kost een PV-systeem?

ECN is geen leverancier van PV-systemen en geeft dus ook geen prijsinformatie. In het kader van het nationale programma zijn echter doelstellingen geformuleerd die een indicatie geven van de prijzen voor grotere aantallen gestandaardiseerde (netgekoppelde) systemen. Het gaat daarbij om systemen op daken van huizen. In de markt zal

men zowel hogere als lagere prijzen tegenkomen. Het referentieniveau in het jaar 2000 is hfl. 12/Wp excl. BTW voor dergelijke kant-en-klaar systemen (zogenaamde turn-key systeemprijs). Het is de bedoeling dat die prijs in de komende 5-7 jaar minimaal gehalveerd wordt, door opschaling en technologische verbeteringen.

15 Wat kost elektriciteit uit PV?

Een PV-systeem gebruikt geen brandstof. Toch is de elektriciteit natuurlijk niet gratis. De kosten van elektriciteit uit een netgekoppeld PV-systeem worden bepaald door de volgende factoren:

- turn-key systeemkosten (de investeringskosten);
- de kosten van onderhoud, beheer en verzekering (de bedrijfskosten);
- de energieopbrengst;
- de afschrijvingstermijn;
- het reële rentepercentage.

Om de elektriciteitskosten te berekenen worden de jaarlijkse lasten gekapitaliseerd. Bij een redelijke combinatie van waarden (bedrijfskosten 1 % van de

investering per jaar, 850 kWh per jaar voor een 1 kWp systeem, afschrijvingstermijn 20 jaar en rentepercentage 5%) is een vuistregel dat de elektriciteitskosten per kWh gelijk zijn aan de investeringskosten per Wp gedeeld door 10. Met andere woorden: bij systeemkosten van hfl. 12/Wp zijn de elektriciteitskosten hfl. 1,20/kWh. Dit betekent dat elektriciteit uit PV nog aanzienlijk duurder is dan elektriciteit uit het net. Voor de elektriciteit die aan het net wordt geleverd krijgt u op dit moment maximaal hetzelfde als wat u betaalt voor elektriciteit die u betreft uit het net ("de meter loopt terug"). Het is nog onzeker hoe zich dit in de komende jaren zal ontwikkelen.

16 Waar kan ik zonnepanelen of PV-systemen kopen?

Er zijn vele fabrikanten van zonnepanelen. De meeste daarvan leveren ook complete netgekoppelde of autonome PV-systemen, vaak met een inverter, accu of laadregelaar van een ander fabrikaat. Daarnaast zijn er de zogenaamde systeemhuizen, die systemen samenstellen uit ingekochte componenten en die vervolgens turn-key opleveren. Een

kleine zoektocht op internet is meestal voldoende om de gewenste informatie te krijgen (bijvoorbeeld via het uitstekende www.pvportal.com). Om een juiste keuze te maken uit de vele mogelijkheden is zelfstudie of specialistisch advies meestal noodzakelijk.

17 Kan ik subsidie krijgen bij de aanschaf van een PV-systeem?

Subsidie en andere financiële stimuleringsmaatregelen zijn op dit moment onderwerp van discussie. Via de website

van het Projectbureau Duurzame Energie (www.pde.nl) kunt u actuele informatie opvragen.

18 Komt er een doorbraak op het gebied van PV?

Goede vraag! Doorbraken en revoluties vind je meestal in het laboratorium, niet in de markt. Het is de combinatie van

alle doorbraken en –braakjes in de laboratoria die ervoor zorgt dat er in de commerciële markt een continue

verbetering in termen van rendement en kosten merkbaar is. Voorbeelden zijn de recente ontwikkelingen van organische zonnecellen. Het is maar zelden zo dat er in de markt plotselinge en dramatische wijzigingen voorkomen. Dat hoeft ook niet, want PV vertoont al jaren een mooie, continue vooruitgang. Die vooruitgang is echter mede het gevolg van het feit dat er ook nu al mensen zijn die bereid zijn systemen te kopen. Zonder markt geen technologische ontwikkeling, want dan blijven de laboratoriumvondsten op

de plank liggen. De commercieel verkrijgbare PV maakt dus eerder een evolutie dan een revolutie door. Die evolutie zal naar verwachting op lange termijn leiden tot panelen met een rendement van meer dan 30% en systeemkosten van hfl. 2/Wp (misschien is het goedkoopste systeem niet samengesteld uit panelen met het hoogste rendement). De komende 10 jaar zal het rendement waarschijnlijk tussen de 10 en 20% blijven, wat overigens een prima bruikbare waarde is.

19 Ik wil een spreekbeurt houden/werkstuk maken over zonne-energie. Hoe kom ik aan informatie?

Met deze brochure heb je al een heleboel informatie in handen. Via internet (kijk zeker bij www.pvportal.com) kun je nog veel meer informatie vinden. Heel veel mooie foto's zijn onder meer te vinden bij www.nrel.gov en www.zon-pv.nl. Een aardige inleidende cursus (leeftijd

ongeveer 11-16 jaar) is te vinden op www.solarpartners.org. Verder kun je natuurlijk altijd de telefoon pakken en een van de vele enthousiaste mensen bellen die zich inzetten voor de ontwikkeling of toepassing van PV.

20 Mijn vraag staat er niet bij. Wat nu?

Surf eens naar de ECN-site (www.ecn.nl) of stuur een e-mailtje naar solar@ecn.nl.

Wat doet ECN Zonne-energie?

ECN Zonne-energie wil door zijn werk de grootschalige introductie van PV mogelijk maken, de kostprijs van zonnestroom verlagen en ertoe bijdragen dat PV-systemen betrouwbaar, milieuvriendelijk en gemakkelijk toepasbaar zijn. Daartoe houdt de afdeling zich bezig met:

- het ontwikkelen en introduceren van nieuwe productiemethoden voor zonnecellen en -panelen;
- het verhogen van het rendement van zonnecellen en -panelen;
- ontwikkelen van nieuwe typen zonnecellen;
- het onderzoeken en beproeven van elektronische PV-systeem componenten;
- het toepassen en bemeten van complete PV-systemen.



De brochure "20 veelgestelde vragen over zonne-energie"® is een uitgave van ECN Zonne-energie

Naar een idee van: R. Kinderman
Tekst: Prof. dr. W.C. Sinke
Bewerking: L.J. Laas

ECN-P - 00-001
oktober 2000

ECN Zonne-energie
Postbus 1
1755 ZG Petten.
tel: 0224-564761
fax: 0224-563214

e-mail: solar@ecn.nl
internet: www.ecn.nl