

STRALENDE TOEKOMST VOOR ZONNESTROOM



COLOFON

© 2010 KNCV Chemie en Maatschappij Groep

Eindredactie: Dr. Bastienne Wentzel (www.bmedia.nl)

Vormgeving: Dr. Frans Koeman

Basisontwerp: Menno Landstra



Deze uitgave is een initiatief van de Chemie en Maatschappij Groep (CMG) van de KNCV.

MET DANK AAN

Alle betrokkenen bij de Ronde Tafelconferentie,
de discussies en voorbereiding op het rapport:

Ir. J. J.M. (Jan) Mulderink
Prof.dr.ir. (Paul) W.M. Blom
Dr.ir. M. (Marko) Sturm
Dr. G (Gosse) Boxhoorn
Dr. C.A.M. (Kees) van den Ende
Dr. G.J. (Gert Jan) Jongerden
Dipl.Ing. V. (Volker) Geyer
B. (Bert) Janson
Ing. H. Besseling
E. (Epko) Horstman
Dr. R.J.L. (Rob) Zsom
Ir. R. (Rob) Kirschbaum
Drs.ing. A. (Arno) van 't Hoog
Mw. Dr. G.M. (Gabriëlle) Donné-Op den Kelder
Mw. M. (Monique) Kooij-Alphenaar (verslag)
Prof.dr. W.C. (Wim) Sinke

KNCV – CMG-groep
Holst Centre
FOM Instituut voor Plasmafysica Rijnhuizen
TSM
Kema
NUON Helianthos BV
Scheuten Solar Systems
SenterNovem
Royal Haskoning TVVL-TR
Uneto VNI
UvA/CMG
DSM/CMG
Bèta Publishers
KNCV
KNCV
ECN en UU

5 VOORWOORD**6 INLEIDING****Onuitputtelijke bron van energie**

De zon is een belangrijke bron van duurzame energie. De kunst is om die energie te winnen. Zonnecellen spelen daarin een grote rol.

8 ONDERZOEK**Efficiënter en goedkoper**

Rendementen van zonnepanelen stijgen en de kosten voor zonnestroom dalen snel. Nederlandse onderzoeksinstituten moeten samen zorgen niet achterop te raken.

10 TECHNOLOGIE**Opwekken en opslaan**

Betrouwbare stroomvoorziening is belangrijk. Naast slim gebruik van het smart grid zijn opslag en buffering van elektriciteit van belang. Er zijn vele mogelijkheden.

12 TOEPASSINGEN**Zonnestroom in de maatschappij**

Duurzame energie is populair en het imago van zonnestroom kan daarvan profiteren. Daarvoor moet het de consument wel gemakkelijk worden gemaakt.

14 OVERHEID**Stimuleren of dwingen?**

Nederland raakt achterop wat betreft de hoeveelheid zonne-energie die we kunnen opwekken. Stimulering met subsidies en regelgeving is nodig.

16 CONCLUSIE**Samen werken aan een zonnige toekomst**

PV-technologie is volwassen. Een goede samenwerking binnen de PV-gemeenschap zorgt ervoor dat zonnestroom in Nederland snel kan worden gelanceerd.

19 LITERATUUR



Jan Mulderink



Rob Zsom



Rob Kirschbaum

Het is de laatste jaren tot de Nederlandse samenleving doorgedrongen dat we wel erg afhankelijk zijn geworden van de energie die van buiten naar ons land komt. Tegelijkertijd moeten we onze invloed op de klimaatverandering zoveel mogelijk beperken door de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

De economie en de huishoudens zijn volledig afhankelijk geworden van de levering van aardolie, aardgas en steenkool voor warmte, motorbrandstof en elektriciteit. Dit zijn allemaal grondstoffen die langzamerhand uitgeput raken en door de steeds hogere kosten van winning duurder worden. Ook de politiek van de leverende landen kan daarnaast een belemmerende rol gaan spelen. Onderbrekingen in levering van deze energie zijn bovendien in onze huidige samenleving direct maatschappij-ontwrichtend.

Voor alle vormen van energie: warmte, elektriciteit en vervoer, zijn alternatieven voorhanden. Zonnecellen bijvoorbeeld, die direct zonlicht omzetten in elektriciteit (zogenoemde PV- of fotovoltatische cellen), kunnen voor de consument bijdragen aan de zekerheid van levering van elektriciteit. Een extra motivator is dat PV een bijdrage kan leveren aan het verminderen van de uitstoot van CO₂. De voordelen van de benutting van zonne-energie zijn dus veelvoudig. Het is dan ook geen wonder dat menige Nederlander de mogelijkheden van aanschaf van een PV-installatie onderzoekt. De vraag is: waarom gaat het allemaal zo langzaam?

RONDE TAFELCONFERENTIE

Binnen de Stichting Duurzame Chemie Ontwikkeling, een samenwerkingsverband van industrie, universiteiten en technologische instituten, werd al vóór het jaar 2000 geprobeerd hierop een antwoord te formuleren. Duidelijk was dat de prijs per kilowattuur elektriciteit uit een zonnecel toen veel te hoog was. Er was echter op goede gronden veel vertrouwen dat gericht fundamenteel- en toegepast onderzoek samen met marktpartijen tot doorbraken kon leiden. Maar een uitgebreid onderzoeksprogramma met een omvang van vele tientallen miljoenen euro's werd helaas afgewezen.

De KNCV-CMG heeft het initiatief genomen om een Ronde Tafelconferentie bij elkaar te roepen waarin vertegenwoordigers uit de gehele keten van fundamenteel onderzoek tot aan de installateurs van modules de stand van zaken ten aanzien van PV konden bespreken. Het CMG heeft getracht de ontwikkelingen waar mogelijk te voorzien van commentaar en handreikingen vanuit hun professionele chemische expertise. Het bijgaande rapport is een overzicht van de overwegingen en adviezen zoals die bij de Ronde Tafelconferentie op 8 april 2009 in de kantoren van de KNCV in Den Haag naar voren werden gebracht.

Ir. J. J.M. (Jan) Mulderink

Dr. R.J.L. (Rob) Zsom

Ir. R. (Rob) Kirschbaum

Onuitputtelijke bron van energie

De zon is een belangrijke bron van duurzame energie. De kunst is om die energie te winnen. **Zonnecellen** spelen daarin een grote rol.

Zonlicht is er in overvloed. De zon straalt zo'n achtduizend keer meer energie op de aarde dan er wereldwijd nodig is. Zelfs bij het toenemend energiegebruik van een groeiende wereldbevolking is er dus voldoende tot in de eeuwigheid. De kunst is om die energie nuttig te gebruiken door het zonlicht om te zetten in bruikbare energie. De twee belangrijkste manieren daarvoor zijn het omzetten van zonnestraling in warmte of in elektriciteit.

Een fotovoltaïsche cel ofwel PV-cel zet licht direct om in elektriciteit. Meerdere van deze zonnecellen aan elkaar gekoppeld en van elektrische contacten voorzien vormen samen een paneel of PV-systeem. Een dak bedekt met

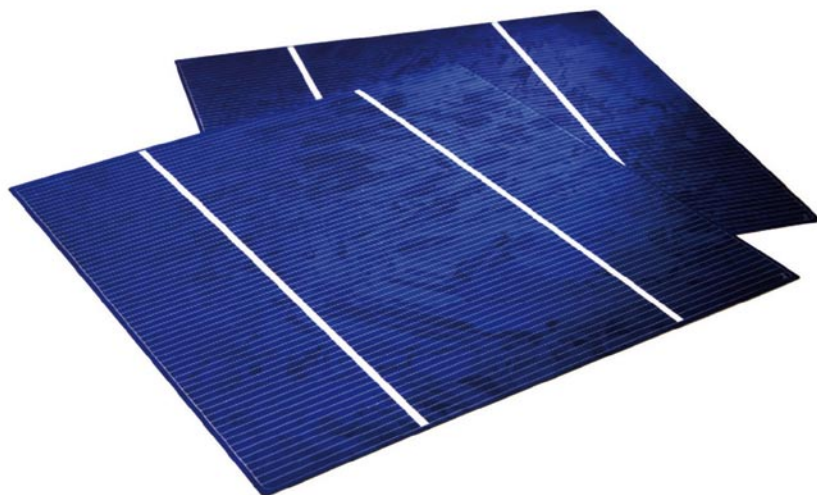
ongeveer 25 m² van de huidige generatie zonnepanelen levert voldoende stroom om een gemiddeld huishouden te voorzien van elektriciteit.

DUURZAAM

Zonnestroom is vooral in een dichtbevolkt land als Nederland een belangrijke duurzame bron van energie. PV-systemen kunnen makkelijk worden geïntegreerd in gebouwen of objecten zoals geluidswallen. Daardoor nemen ze geen ruimte in beslag. De Nederlandse burger heeft dan ook veel interesse in zonnestroom. Velen zouden graag eigen cellen op het dak zien omdat hen dat onafhankelijk maakt van de steeds duurder wordende leveringen door elektriciteitsbedrijven. Menigeen is bereid zelf te investeren, immers: de zon komt iedere dag op.

Die interesse is terecht. Zonnecellen maken een stormachtige ontwikkeling door. Door de continue prijsdaling van systemen wordt de concurrentiepositie van zonnestroom steeds beter. In zonnige Zuid-Europese landen zijn de opwekkosten van zonnestroom al gelijk aan de consumentenprijs van 'grijze' stroom. Binnen vijf tot tien jaar wordt deze zogenaamde netpariteit ook in Nederland verwacht. Toch schiet het vooralsnog niet op met de installatie van PV-systemen in ons land.





GROEI

Eén van de oorzaken is dat de huidige PV-systemen in Nederland stroom leveren met een kostprijs van circa € 0,50 per kWh. Die kostprijs kan dalen door onder andere efficiëntere zonnepanelen en grotere productievolumes. Wereldwijd worden er al veel PV-panelen geplaatst. Met de groeiende bewustwording dat fossiele grondstoffen uitgeput gaan raken en steeds meer politieke aandacht krijgen, zou men eigenlijk een veel sterkere toename verwachten. In Nederland is de installatie van zonnestroomsystemen nog beperkt, met name vanwege de afwezigheid van goede mogelijkheden voor financiering en stroomteruglevering. Tevens zou met meer inspanning Nederland ook een graantje kunnen meepikken bij het ontwikkelen van grotere zonnestroominstallaties.

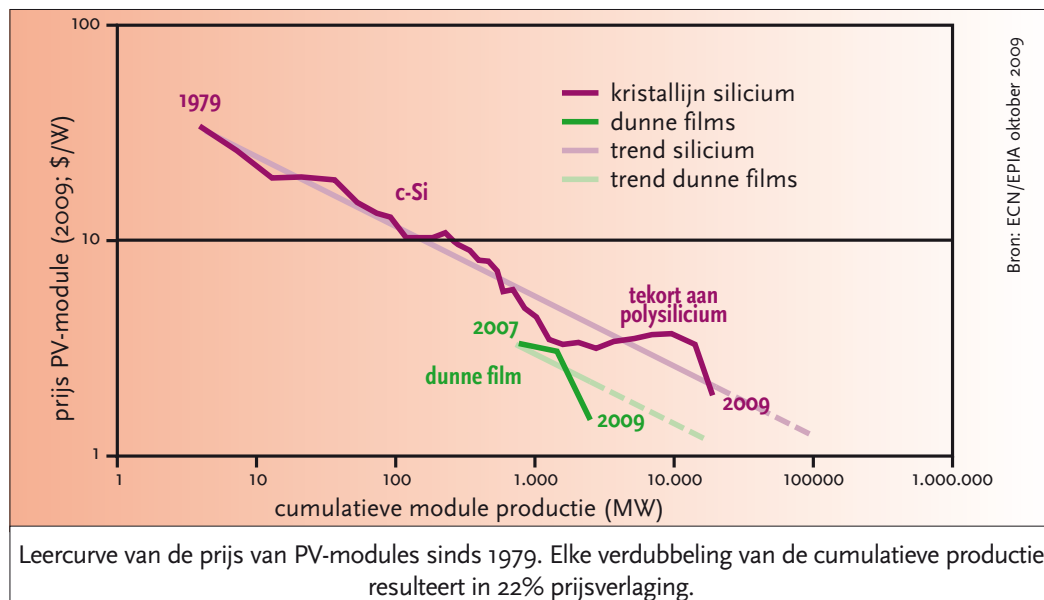
Dit rapport, een resultaat van discussies met vertegenwoordigers van alle segmenten van de PV-sector, signaleert aan de hand van vier vragen (zie kader) de

VIER VRAGEN

1. Wat ontbreekt er aan onderzoek?
2. Zijn opslagmogelijkheden van elektriciteit, bijvoorbeeld in batterijen, essentieel voor succesvolle introductie?
3. Waar wordt het snelst toepassing van omvang verwacht? In kleinschalige projecten (huizen, boerderijen) of in grootschalige plannen (energieparken)?
4. Is overheidssubsidie of regelgeving nodig voor snelle invoering?

belangrijkste obstakels voor grootschalige toepassing van zonnestroom in Nederland.

Diverse oplossingen worden aangedragen en aanbevelingen gedaan waarmee een goede introductie van PV kan worden gerealiseerd. Want zonnestroom is onmisbaar voor het realiseren van de duurzame energiedoelstellingen van 2020 en daarna. Een toekomst zonder zonne-energie is ondenkbaar!



Efficiënter en goedkoper

Rendementen van zonnepanelen stijgen en de kosten voor zonnestroom dalen snel. Nederlandse onderzoeksinstituten moeten **samen** zorgen niet achterop te raken.

Het succes van zonnestroom als bron van duurzame energie is in belangrijke mate afhankelijk van de prijs ervan. De prijs van een kilowattuur stroom uit de zon wordt met name bepaald door kosten van het maken van cellen en panelen en de kosten een compleet systeem te maken (de zogeheten Balance of System).

Veel onderzoek is de afgelopen jaren gedaan met goede resultaten. Had een zonnepaneel van kristallijn silicium tien jaar geleden nog een rendement van minder dan twaalf procent, nu is dat gestegen tot zestien procent met uitschieters tot twintig procent. Nieuwe technologie

zoals het stapelen van cellen kan het rendement van zonnecellen nog verder verhogen.

KOSTEN VERLAGEN

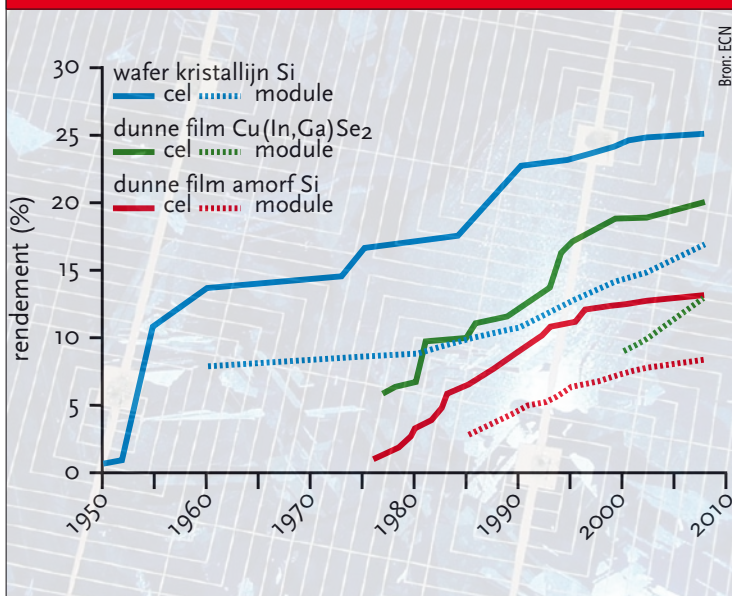
Maar rendement is slechts een zijde van de medaille. De kosten van de productie van de panelen - van de prijs van het halfgeleidermateriaal tot de fabricage van een paneel - is net zo belangrijk. Om de kosten te drukken is onderzoek gedaan naar andere halfgeleiders waarvan veel minder materiaal nodig is per zonnecel. Voorbeelden zijn amorf silicium, cadmiumtelluride en koper-indiumverbindingen. Panelen met zonnecellen van deze materialen hebben de potentie net zo goedkoop of goedkoper stroom te leveren dan panelen van kristallijn silicium. Een andere ontwikkeling betreft de organische ofwel 'plastic' zonnecellen.

Ten slotte zijn er voor andere toepassingen dan de bekende, vlakke panelen al zonnecellen ontwikkeld die extreem hoge rendementen geven. Het gaat dan om de zogeheten concentrator technologie. Deze duurder en grotere systemen kunnen celrendementen tot 42 procent genereren. Voor Nederland zijn deze concentratorsystemen minder relevant omdat er hier te weinig direct zonlicht is om deze hoge rendementen gemiddeld te halen.

FUNDAMENTEEL ONDERZOEK

Al deze technieken zijn in laboratoria bewezen. De uitdaging van de conversie naar de praktijk is in volle gang. Maar de ontwikkelingen staan niet stil. Voor de verdere toekomst is nu al fundamenteel onderzoek gaande gericht op het omzetten van zoveel mogelijk zonlicht in elektriciteit. Typisch fundamenteel is bijvoorbeeld het onderzoek naar het gedrag van elektronen in een halfgeleider. Er zijn ontwikkelingen waarbij organische nanolagen gestapeld worden. Een energieconversie van

TOENEMENDE RENDEMENTEN



Silicium zonnecellen worden steeds beter en het rendement benadert al het theoretisch haalbare. In het lab worden rendementen van zo'n 25 procent (cel) en 20 procent (paneel) gehaald. Er worden inmiddels vele materialen onderzocht waarbij het rendement gestaag stijgt.

RONDE TAFELCONFERENTIE

Wat ontbreekt er aan onderzoek?

- De kosten voor zonnestroom moeten omlaag, door betere rendementen én door kostenverlaging van de productie van zonnecellen en -panelen.
- De ontwikkelingen gaan snel, Nederland moet zorgen niet de boot te missen.
- De financiering van fundamenteel onderzoek moet structureler worden geregeld.
- Nederlandse universiteiten en instellingen moeten optimaal samenwerken zodat met één stem naar buiten kan worden getreden.
- De kloof tussen onderzoek en praktijk moet snel worden overbrugd.

68 procent zou daarmee in het laboratorium al gehaald zijn. Verder is er aandacht voor het gebruik van zonlicht voor chemische reacties. Daarmee kan bijvoorbeeld water direct worden omgezet in waterstof dat als schone brandstof kan dienen. Het enige bijproduct is zuurstof. Van deze technologie wordt verwacht dat ze pas na 2020 een bijdrage zal kunnen leveren.

SAMENWERKEN

De ontwikkelingen wereldwijd gaan snel, dat is duidelijk. Ook Nederlandse universiteiten en instellingen spreken hun woordje mee. Nu komt het aan op het marktrijp maken van de interessante concepten. Belangrijk is het creëren van samenwerking tussen de instellingen.

Een voorbeeld biedt de bundeling van de wetenschap rond katalyse. Dat heeft zich in de afgelopen twintig jaar georganiseerd in de onderzoeksschool NIOK met VIRAN

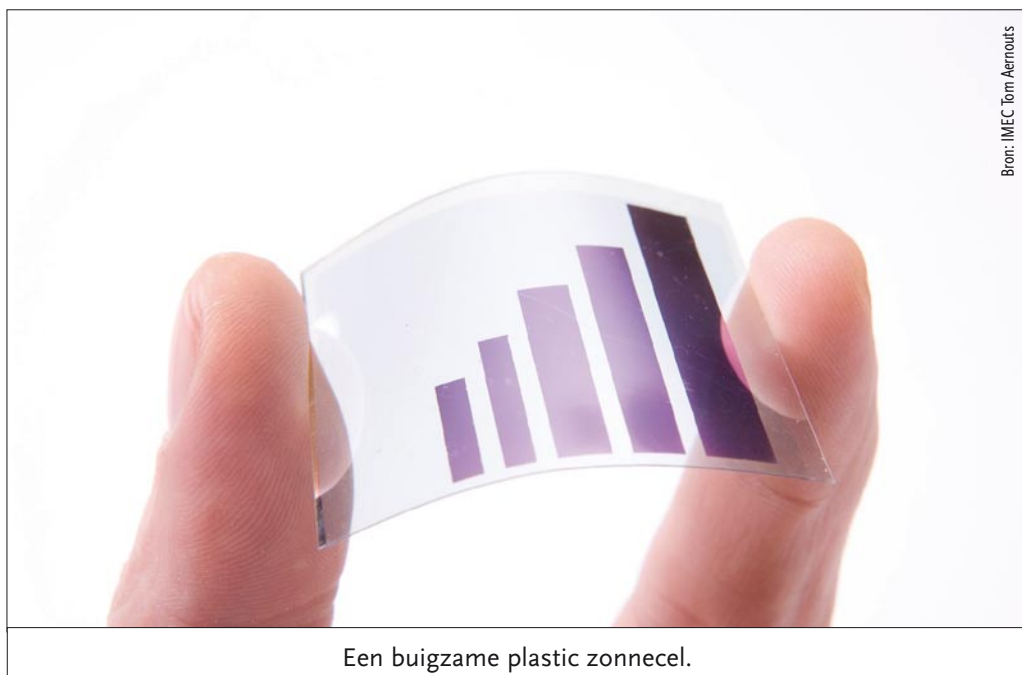
als industriële adviesraad en de toponderzoeksschool NRSC-Catalysis. Voor het onderzoek rond zonnecellen bestaat een dergelijke organisatie helaas nog niet. Wel zijn vanaf 1990 zijn talloze projecten uitgevoerd, onder meer binnen het EOS programma (Energie Onderzoek Subsidie), de EC en diverse EET (Energie, Ecologie, Technologie) consortium-projecten. Een andere mogelijkheid is publiek-private-samenwerking naar het voorbeeld van de waterstof-samenwerking rondom Arnhem (onder anderen met de provincie Gelderland).

FINANCIERING

Nederland investeert aanzienlijk in PV, maar de financiering van het onderzoek en de infrastructuur is nog weinig structureel ingebed in het Nederlandse systeem. Dat kan ons naar achteren zetten in vergelijking met andere landen. De chemische vereniging KNCV zou hier een rol

als initiator, ondersteuner en communicator kunnen spelen. ECN als onderzoeksinstelling heeft een coördinerende taak en ook het Centraal Planbureau als raadgever van de overheid zou moeten bijdragen aan de stimulering van fundamenteel onderzoek.

Meer innovatie is hard nodig. Een betere samenwerking, het overbruggen van de kloof tussen onderzoek en de praktijk en de directe financiering van noodzakelijk fundamenteel onderzoek zullen bijdragen aan de ontwikkeling van PV-technologie in Nederland, zodat we tot de top kunnen behoren.



Bron: IMEC Tom Aernouts

Een buigzame plastic zonnecel.

Opwekken en opslaan

Betrouwbare stroomvoorziening is belangrijk. Naast slim gebruik van het **smart grid zijn opslag en buffering van elektriciteit van belang. Er zijn vele mogelijkheden.**

De zon schijnt alleen overdag. Voor een betrouwbare stroomvoorziening op basis van zonne-energie levert dat een uitdaging op: stroom wordt niet altijd opgewekt wanneer die gebruikt wordt. Er zijn mogelijkheden om het aanbod en de vraag op elkaar af te stemmen met behulp van bijvoorbeeld *smart grid*-technologie. Daarnaast kan opslaan of bufferen van de opgewekte stroom bijdragen aan een betrouwbare stroomvoorziening.

DUURZAAM SCENARIO

De keuze voor opslag van stroom hangt van vele factoren af, zoals de opwekmix ter plekke en de schaalgrootte. Om optimaal gebruik te maken van de mogelijkheden die de zon ons biedt lijkt opslag van elektriciteit wense-

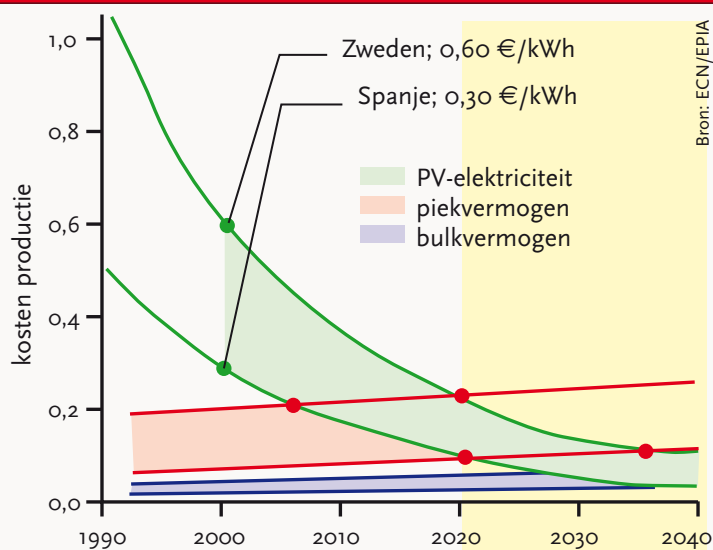
lijk. In december 2008 is de 20-20-20 richtlijn aangenomen door de Europese Unie onder leiding van Barosso. Deze richtlijn heeft tot doel dat in 2020 20 procent minder energieverbruik plaatsvindt, 20 procent minder CO₂ uitgestoten wordt en dat 20 procent van de energievraag geleverd wordt door duurzame energiebronnen. In het meest ambitieuze scenario van de EPIA studie 'SET for 2020' wordt 12 procent van de totale elektriciteitsvraag in 2020 geleverd door zonne-energie. Voor dit laatste scenario zijn aanpassingen in de elektriciteitsinfrastructuur en elektriciteitsopslagsystemen zeker nodig.

Daarnaast is 'de Nederlander' individualistisch; hij wil graag zelfvoorzienend en onafhankelijk zijn, ook op het gebied van elektriciteit. Het is voorsnóg vrij duur en omslachtig voor de consument om zonnestroom thuis op te slaan in een eenvoudig batterijsysteem. Maar opslag kan ook de waarde van de opgewekte stroom verhogen indien het de consument een financieel voordeel levert om stroom op te slaan en terug te leveren aan het elektriciteitsnet. Een simpele vergoedingsregeling voor de consument is hiervoor essentieel. Op deze manier kan opslag een bijdrage leveren aan een succesvolle introductie van PV. Verbeterde meet- en regelsystemen zijn daarbij noodzakelijk.

CAPACITEIT REGELEN

Twee opties voor het 'bewaren' van stroom zijn opslag in accu's en buffering in het elektriciteitsnet. Het elektriciteitsnet bestaat uit een landelijk transportnet en een lokaal distributienet. Het transportnet kan een aanbod van vijftien tot twintig procent van het piekvermogen afkomstig van duurzame energiebronnen opvangen dankzij een dynamisch regelvermogen. Dit betekent dat de conventionele elektriciteitscentrales meer of minder vermogen kunnen leveren afhankelijk van het aanbod aan duurzame energiebronnen. Dit regelvermogen gaat

PRIJSONTWIKKELING ZONNESTROOM



PrijsonTWikkeling van zonnestroom en conventionele elektriciteit op de langere termijn.

RONDE TAFELCONFERENTIE

Zijn opslagmogelijkheden van elektriciteit essentieel voor succesvolle introductie?

- De mogelijkheid voor opslag van elektriciteit is niet onmisbaar maar wel belangrijk voor PV.
- Opslag is nodig om de ambitie waar te maken dat zonne-energie in 2020 12 procent van de totale energievraag levert in Europa.
- Bewaren van stroom in accu's zorgt ervoor dat de consument zelfvoorzienend is.
- Opslag kan zorgen voor waardevermeerdering van de opgewekte stroom.
- Buffering in het landelijke transportnet is tot 20 procent van het piekvermogen mogelijk met enig verlies aan efficiëntie.
- Opslag van elektriciteit in accu's is mogelijk, maar voor verbetering vatbaar.
- Alternatieve opslagmethoden zijn in ontwikkeling.

mogelijk wel ten koste van de energie-efficiëntie van deze centrales.

Verder wordt de capaciteit van het lokale distributienet bepaald door de kabeldikte. Op sommige plekken is de kabeldikte niet voldoende om het extra aanbod op te vangen. In dat geval is netverzwaring nodig met dikkere kabels, een aanzienlijke investering.

BATTERIJ

De opslag van elektriciteit in accu's kan zowel voor het transportnet als voor het distributienet een oplossing bieden bij opname van duurzame energiebronnen. Daarvoor zijn diverse technologieën voorhanden. Een eerste mogelijkheid is het gebruik van de reeds aanwezige accu's. Gezien de benodigde capaciteit komen met name accu-systemen zoals van elektrische auto's in aanmerking. Bovendien wordt de opgewekte stroom hiermee een transportbrandstof wat voor de consument een waardevermeerdering kan opleveren.

Ook de bekende loodaccu komt in aanmerking. Deze heeft het voordeel dat de technologie ervan ver ontwikkeld is, zij het niet voor PV maar voor auto's. Via supercondensatoren op een van de polen kan het aantal cycli van opladen en ontladen sterk verhoogd worden en gaat de accu dus steeds langer mee. Voor de consument is het een bekend product en daarom aantrekkelijk.

Andere accu's bestaan al of zijn in ontwikkeling. Voorbeelden zijn de lithiumionaccu, nikkel-cadmium, vanadiumoxideaccu's en natriumzwavelaccu's. Wanneer de elektrische auto echt zijn intrede maakt kunnen ook die autobatte-

rijen als buffer gebruikt gaan worden. Er lopen momenteel diverse onderzoeksprogramma's bij onder andere Senter Novem voor batterijontwikkeling. Een belangrijke ontwikkeling daarbij is het inbouwen van een dunne filmbatterij in PV-folies.

VOLUME

Een nadeel van opslag in accu's is hun grote volume. Eén liter benzine staat gelijk met 10 kWh. Maar een batterij met een lading van 10 kWh is vele malen groter! Daarom zijn er alternatieve systemen in ontwikkeling om elektriciteit op te slaan. Voorbeelden zijn compressed airsyste menen, vliegwielen, gemolten zout en omzetting via elektrolyse van water tot waterstof. Interessant is in dit verband het OPAC project dat in Limburg tot ontwikkeling wordt gebracht. Hierbij wordt water opgepompt in een meer. Vervolgens laat men het water via mijngangen naar een turbine op grote diepte stromen. |



Zonnestroom in de maatschappij

Duurzame energie is populair en het imago van zonnestroom kan daarvan profiteren. Daarvoor moet het de **consument wel gemakkelijk worden gemaakt.**

Zeventig procent van de Nederlandse consumenten staat positief tegenover zonnecellen en zou graag thuis een PV-systeem hebben. Men voelt haarfijn aan dat PV een systeem is waar je nauwelijks omkijken naar hebt. Bovendien zijn steeds meer mensen begaan met het milieu en wensen zij hun CO₂-uitstoot te verminderen.

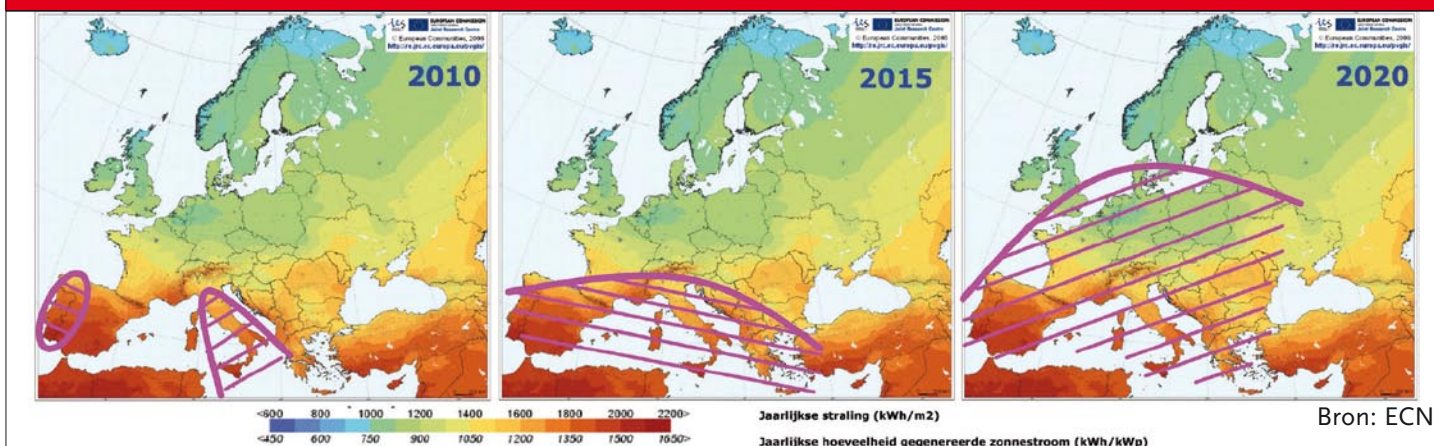
KLEINSCHALIG

Hoewel niet uitgesloten is dat er grote systemen komen in Nederland, kunnen kleinschalige installaties op meer enthousiasme rekenen van de consument dan weiland vol panelen. Grotere, in de infrastructuur geïntegreerde systemen zoals velden van PV-panelen op grote parkeergarages zijn eveneens welkom. De verwachting is dat kleinschalige toepassing op daken van huizen, boerderijen en kleinere industriebedrijven de komende jaren het beeld gaan bepalen. Ook de kapitaalvoorziening is dan veel overzichtelijker. Bij kleine bedrijven speelt het imago ook een rol. Men wil daarbij graag duurzaamheid uitstralen.

Niettemin is er wel enige kritiek van de consument. Die moet een grote investering doen en hoopt daar later de vruchten van te plukken. De regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) zorgt ervoor dat de consument die investering kan terugverdienen via een terugleververgoeding. Zonder SDE is terugverdienen van de investering nog niet mogelijk. De regeling kent echter een vrij laag plafond en is voor de consument administratief complex. Bovendien is de subsidiepot regelmatig leeg. Vereenvoudiging van het systeem of overheveling van de administratie naar energieleveranciers kan de consument verlichting brengen. Vergelijken we dit met de regeling van onze oosterburen dan is de situatie daar veel duidelijker. Dat vertaalt zich in een veel grotere populariteit van particuliere PV-systemen. Een goede ontwikkeling is de aanpassing komend jaar van de SDE-regeling waardoor de terugleververgoeding ook in ons land via de elektriciteitsrekening zal lopen.

Spaarzaam omgaan met elektriciteit zet natuurlijk ook

ONTWIKKELING VAN NETPARITEIT IN EUROPA



In Zuid-Europese landen zoals Italië is het opwekken van zonnestroom nu al goedkoper dan de stroom uit een kolen-

centrale. Uiterlijk in 2020 geldt deze netpariteit naar verwachting ook voor Nederlandse consumenten.

RONDE TAFELCONFERENTIE

Waar wordt het snelst toepassing van omvang verwacht?

- Kleinschalige installaties zoals op daken van huizen gaan de komende jaren het beeld bepalen.
- Veel kleine installaties hebben samen een groot vermogen!
- Om de consument te stimuleren zouden administratieve lasten van de vergunning en subsidieaanvraag verlicht moeten worden.
- Diverse andere maatregelen zijn mogelijk om het de consument zo gemakkelijk mogelijk te maken om voor zonnestroom te kiezen, zoals een plug&play-systeem.
- Elektriciteitsbedrijven moeten worden aangemoedigd in hun nieuwe rol als energieadviseur. Ze worden naast hun leveranciersrol tevens verantwoordelijk voor buffering en opslag van stroom.

veel zoden aan de dijk. Met LED-lampen en stand-by kilers kan ook de consument zelf al veel doen om zijn elektriciteitsverbruik terug te dringen. Maar daarnaast is een PV-installatie op je eigen dak een aantrekkelijk idee voor veel mensen. Om het de consument nog makkelijker te maken kan de projectontwikkelaar bij nieuwbouw al rekening houden met de latere installatie van zonnepanelen. Bijvoorbeeld door daken op het zuiden te richten en het aanleggen van een leidingsysteem dat is voorbereid op PV. Daardoor worden de kosten voor aanleg van een PV-systeem later aanzienlijk lager. Al deze maatregelen helpen om het voor de consument goedkoper en eenvoudiger te maken om voor zonnestroom te kiezen.

NIEUWE ROL

Elektriciteitsfirma's geven veelal de voorkeur aan een grootschalige opzet van energielevering. Deze bedrijven zouden ervan overtuigd moeten worden dat er in de toekomst een belangrijke rol als energieadviseur en een verantwoordelijkheid voor buffering en opslag bij komt.

Het nieuwe *smart grid* verandert het elektriciteitsnet verandert van een star, 'dom' netwerk naar een slim netwerk [Van der Bruggen 2009]. Investerings van de Amerikaanse federale overheid en van durfinvesteers dragen hier in belangrijke mate aan bij. Californië en Silicon Valley lopen voorop in de ontwikkeling en toepassing van smart grids. Slimme meters maken diverse nieuwe smart grid-technieken mogelijk, zoals *demand respons*, *real time monitoring*, complexe en gedifferentieerde facturering, webpresentatie en *home area networks*.

Het zou een goede ontwikkeling zijn als de elektriciteitleveranciers een compleet systeem gaan leveren aan mogelijke klanten naar analogie met het internet. Het internet is gebaseerd op uitwisseling van gegevens tussen de consument en de providers (via fotonen). Het smart grid is gebaseerd op uitwisseling van elektriciteit

(via elektronen). De kwaliteit van de teruggeleverde elektriciteit moet daarbij uiteraard goed gecontroleerd worden.

Niet alleen voor de consument en voor bedrijven maar voor de maatschappij als geheel heeft zonnestroom veel te bieden. Zo is er potentieel veel werkgelegenheid in de productie en inbouw van PV-systemen. PV kan de vergelijking met windturbines goed doorstaan. Er is bijvoorbeeld geen levertijd van enkele jaren op een installatie en de investeringen zijn per kilowatt nog wel hoog maar per installatie laag. Vele kleine investeerders kunnen samen een groot kapitaal opbrengen. Een kapitaal van een omvang dat door overheid en het grote bedrijfsleven nauwelijks opgebracht kan worden.



Een *smart meter* ofwel slimme meter is een digitale elektriciteitsmeter die de analoge draaistroommeter vervangt. Hij kan op afstand worden uitgelezen en bediend.

Stimuleren of dwingen?

Nederland raakt **achterop** wat betreft de hoeveelheid zonne-energie die we kunnen opwekken. Stimulering met subsidies en regelgeving is nodig.

Ondanks de interesse van Nederlandse consumenten in zonnestroom groeit de hoeveelheid geïnstalleerde capaciteit in Nederland erg langzaam. Zo langzaam dat we van een goede positie op dit vlak in Europa inmiddels zijn afgezakkt naar de onderste regio's. In Duitsland, koploper op dit gebied, staat inmiddels tien gigawatt aan capaciteit, de nummer twee Spanje heeft 3,5 gigawatt aan geïnstalleerde zonnepanelen. In Nederland is slechts 60 megawatt beschikbaar.

STIMULERING WERKT

Waarom gaat de introductie in Nederland zo langzaam in vergelijking met onze oosterburen? In Duitsland betaalt de burger een opslag op zijn totale energierekening. Dat geld wordt gebruikt voor de ontwikkeling en plaatsing van zonnecellen. Ook in België lijkt het Duitse systeem nu een succes te worden. Regelgeving en financiële hulp

van de overheid werken dus echt. Het ligt voor de hand dat Nederland van deze positieve ervaringen leert en ze overneemt. Het verrekenen van de SDE-regeling via de elektriciteitsregeling is daarvoor een goede aanzet.

Maar niet alleen een vergoeding voor teruglevering zoals een feed-insysteem kan helpen. Ook stimulering in de vorm van bijvoorbeeld kapitaalinjecties bij de bouw van PV installaties (pilots) en wetenschappelijke en technologische ondersteuning van PV-onderzoek op universiteiten en ontwikkelingslaboratoria is nodig. Daarbij zouden niet alleen hogere studentenaantallen een basis voor financiering moeten zijn. Ook de maatschappelijke behoefte aan duurzame energiesystemen zou daarbij meegenomen moeten worden. Naast subsidies en opslaggeld zou ook gemakkelijke leningen een stimulerende rol kunnen spelen. Diverse banken geven hiervoor inmiddels aanzetten.

TECHNOLOGISCHE VOORUITGANG

Afgeronde, indicatieve getallen	1980	1995	2009	2020	2030	Lange-termijn potentieel
Typische turn-key systeemprijs (2009 €/Wp)	>30	10	3 ~ 4,5	1,5 ~ 2,3	<1	0,5
Typische Opwekkosten zonnestroom NL (2009 €/kWh)	>3	1,1	0,33 ~ 0,50	0,15 ~ 0,25	<0,11	0,06
Rendement commerciële vlakke-plaat modules	tot 8%	12%	tot 20%	tot 23%	tot 25%	tot 40%
Rendement commerciële concentrator-modules	(~ 10%)	20%	tot 30%	tot 35%	tot 40%	tot 60%
Systeem energie-terugverdientijd NL (jaar)	>20	>7	<2,5	<1,5	<1	0,5

De technologie voor zonnestroom is de afgelopen decennia continu verbeterd. Daardoor zijn PV-systemen veel efficiënter geworden en leveren steeds goedkopere stroom (Bron: ECN/European Photovoltaic Technology Platform).

DUIDELIJKHEID

Ten slotte is het van belang dat de overheid duidelijkheid schept door middel van regels. De complexe administratie voor de aanvraag van vergunningen en subsidie is voor veel consumenten een terugkerend bezwaar. Het is goed dat de aanleg van een PV-systeem in veel gevallen al vergun-

RONDE TAFELCONFERENTIE

Is overheidssubsidie of regelgeving nodig voor snelle invoering?

- Een goede, eenvoudige en betrouwbare terugleververgoeding is essentieel voor het succes van PV in Nederland.
- Regels en subsidie werkt! Nederland moet leren van de positieve ervaringen uit met name Duitsland.
- Regelgeving bijvoorbeeld voor de bouwsector kan de installatie van PV-systemen op nieuwbouw stimuleren
- Omslachtige vergunningen voor particulieren moeten worden afgeschaft, daar waar dat nog niet gebeurd is.

ningsvrij is voor burgers. Ook kan in gemeentelijke of nationale bouwvoorschriften bijvoorbeeld de oriëntatie van daken worden vastgelegd die gunstig is voor de installatie van een PV-systeem.

Opmerkelijk is dat de lobby in de zonnecelsector niet optimaal georganiseerd is. De windenergie-promotors doen het veel beter. Alle deelnemers van de Ronde Tafelconferentie waar dit rapport een uitvloeisel van is, van vertegenwoordigers uit de wetenschapswereld en de industrie tot de vertegenwoordigers van de markt, trekken zich dit feit aan. Interessant is in dit verband dat Google groot heeft ingezet op zonne-energie. Dat verbetert de zichtbaarheid van PV aanzienlijk. Het zoekmachinebedrijf is de grootste initiatiefnemer van het *smart grid*, een digitale technologie die het aanbod en de vraag van elektriciteit in het net regelt. Een goede regeling levert aanzienlijke besparingen en een betrouwbare stroomlevering op. Google investeerde verder in Tesla Motors dat elektrische auto's maakt en plaatste PV-systemen op daken van fietsenstallingen.

INITIATIEVEN

Er zijn meerdere initiatieven voor het organiseren van de zonnecelsector in Nederland. Onder leiding van het Regieorgaan Energietransitie wordt er inmiddels gewerkt aan een nationale agenda voor energieonderzoek. Verschillende instanties, zoals branchevereniging Holland Solar en de Brabantse Ontwikkelings Maatschappij (BOM) hebben hun eigen PV-roadmaps opgesteld. Maar hoewel deze ini-

tiatieven positief ontvangen worden, tonen ze ook de verdeeldheid van de PV-gemeenschap aan. Geen van deze roadmaps zijn namelijk opgesteld door de gehele PV-gemeenschap.

Door de brancheorganisatie Holland Solar en KEMA wordt daarom gewerkt aan een nationale Roadmap Zonnestroom. De kern van deze brede roadmap is het bij elkaar brengen van alle vier O's: Overheid, Onderzoek, Onderwijs en Ondernemers. Het is de bedoeling door combinatie van de netwerken van de vier O's het maatschappelijk draagvlak voor zonne-energie te vergroten. Ook een Taskforce Duurzame Energie kan naar het voorbeeld van de Taskforce Verlichting extra steun creëren voor PV.

Ten slotte is er de noodzaak voor publiciteit en communicatie met één gezicht. De stelling dat PV altijd te duur zal blijven is achterhaald. Nieuwe inzichten moeten voor het voetlicht worden gebracht. De KNCV wil hierin een belangrijke rol spelen.



Samen werken aan een zonnige toekomst

PV-technologie is **volwassen**. Een goede samenwerking binnen de PV-gemeenschap zorgt ervoor dat zonnestroom in Nederland snel kan worden gelanceerd.

Lang is gedacht dat fotonvoltaïsche cellen nooit een belangrijk deel van onze elektriciteitsvoorziening zouden leveren. Ze zouden altijd te duur blijven en alleen geschikt voor grote installaties. De vergelijking met de *mainframe*-computer dringt zich op. Men dacht lange tijd dat de kolos uit de jaren vijftig de enige automatische rekenaar zou zijn. Voor de consument zou zo'n apparaat nooit geschikt worden. Niets is minder waar gebleken. De *personal computer* (pc) is tegenwoordig niet meer weg te denken uit het dagelijks leven.

Zo zal het ook gaan met zonne-energie. Er zijn echter nog diverse hobbels op de weg en een inspanning van alle betrokkenen is nodig om PV op korte termijn suc-

cesvol te introduceren. Dit rapport zet de benodigde acties op een rij.

POSITIEF IMAGO

De gewone burger in Nederland staat erg positief tegenover zonne-energie. Vooral als een PV-systeem op eigen dak geïnstalleerd kan worden en de kosten beperkt blijven. Men verwacht er weinig omkijken naar en hoopt net als bij de pc onafhankelijker te worden. Door plaatsing van PV-systemen kan men onafhankelijk worden van externe stroomlevering.

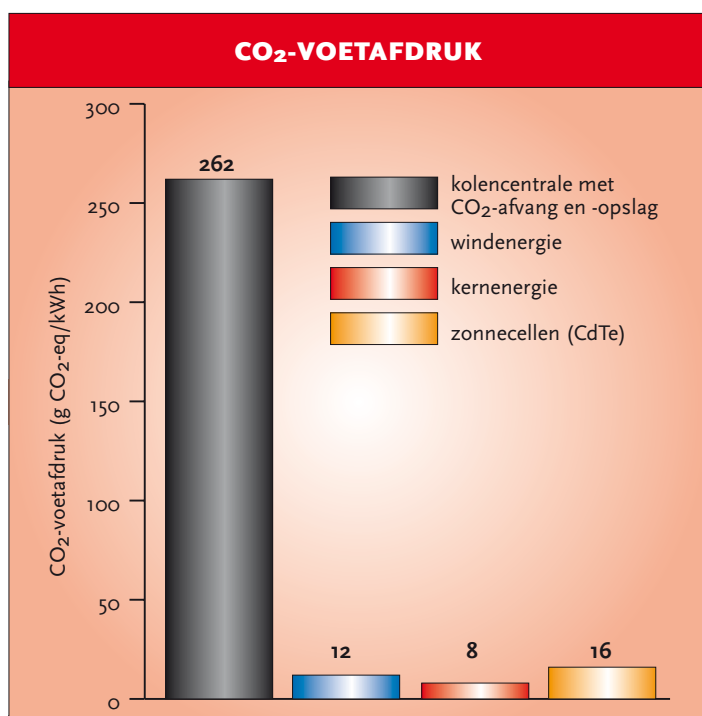
Toch komt de installatie van PV-systemen in Nederland maar mondjesmaat van de grond. De consument klaagt over ingewikkelde subsidieaanvragen en ziet op tegen de rompslomp van vergunningen en administratie rond teruglevering. Bedrijven rekenen niet eens meer op het terugverdienen van hun investering maar gaan vooral voor een duurzaam imago.

Goede stimuleringsregelingen helpen wel degelijk om PV tot een succes te maken. We hoeven enkel naar Duitsland te kijken voor het bewijs. Succesvolle introductie van kleinschalige PV-installaties kan niet meer alleen gestimuleerd worden via een subsidieregeling van de overheid. Met de Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) is een goed begin gemaakt met een terugleveringsregeling per kWh in navolging van Duitsland.

In Nederland zullen we naar verwachting voorlopig vooral inzetten op toepassingen in de gebouwde omgeving en implementatie bij nieuwbouw. De systemen zullen dan 'klein' zijn (minder dan 1 MWp), maar de plannen kunnen evengoed groot zijn door de realisatie van grote aantallen projecten.

KOSTEN

Verder is zonnestroom momenteel nog duurder dan stroom uit het stopcontact. Het verlagen van de kostprijs



In vergelijking met fossiele brandstoffen is de CO₂-voetafdruk van een PV-systeem tien tot twintig keer lager (Bron: M.J. de Wild-Scholten (ECN), 2nd EPIA International Thin Film Conference).



Foto: Solland Solar Energy Holding BV

kan worden versneld door meer geld voor onderzoek en door stimulering van de investeringen. In het onderzoek is het voor de korte termijn belangrijk onderwerpen te stimuleren die dicht bij de toepassing liggen. Er bestaat nog een kloof tussen theorie en praktijk. Die moet overbrugd worden.

Het faciliteren van fundamenteel onderzoek naar nieuwe materialen, cellen en technologieën is van belang voor de ontwikkeling voor de langere termijn. Onderzoeksinitiatieven dienen begeleid te worden vanuit een industrie-expertforum. *Leading edge technology* is nodig om de industrie kansen te geven blijvend te kunnen concurreren tegen met bijvoorbeeld Aziatische firma's. Dan kan de productie en inbouw van PV-systemen ook een aantrekkelijke bijdrage leveren aan de werkgelegenheid.

Opslag van elektriciteit lijkt voorlopig niet essentieel, indien de energiebedrijven een soort *providers* met buffermogelijkheden worden. De kleinschalige PV-installatie genereert extra elektriciteit. De energiebedrijven kunnen via een soort *world wide web* de stroom distribueren. De uitdaging wordt dus om een internet voor elektriciteit (smart grid) te ontwerpen. Hierdoor komt er nog nieuwe rol voor elektriciteitsfirma's bij, namelijk als adviseur. De grootste uitdaging voor de realisatie van het grootschalig gebruik van PV wordt daarbij het meten en afrekenen van de teruggeleverde stroom.

DUURZAME ENERGIE

PV is, zeker in vergelijking met andere duurzame energiebronnen zoals windenergie nog tamelijk onzichtbaar bij de overheid en het publiek. Een gerichte lobby naar de overheid is absoluut noodzakelijk. Een onafhankelijk, samenhangend rapport dat PV, wind, kernenergie en kolencentrales met CO₂-opslag vergelijkt en een nieuwe brede maatschappelijke dis-

cussie over de toekomst van onze energievoorziening zijn daarvoor essentieel.

Dit rapport is onderdeel van een veel groter geheel van mogelijkheden voor duurzame energie die van belang zijn voor Nederland. Een volgende stap van de CMG zou een verdere verkenning kunnen zijn van alle opties. Daarbij zal de economische positionering van PV onderzocht moeten worden ten opzichte van haar alternatieven, inclusief kernenergie. Factoren als de relatieve belasting met broeikasgas (GHG-intensiteit), de effecten van CO₂-opslag en het beslag op landoppervlak moeten worden vergeleken. Tevens is het bij toekomstige belangrijke (politieke) beslissingen over investeringen voor alle duurzaamheidsinitiatieven van cruciaal belang om *cradle-to-cradle*-overwegingen mee te nemen.

EENHEID

Ten slotte moet de PV-wereld zich organiseren met een gezamenlijke visie als doel. Een roadmap kan daarbij helpen. De kern van deze brede roadmap is het bij elkaar brengen van de overheid en maatschappij, de onderzoeksinstituten en onderwijsinstellingen en ondernemingen. Dit worden ook wel eens de vier verschillende O's genoemd: Overheid, Onderzoek, Onderwijs en Ondernemers. KEMA en Holland Solar nemen het voortouw voor een nationale Roadmap Zonnestroom die de hele waardeketen bestrijkt. Andere organisaties en partijen zullen zich hierbij aansluiten en committeren aan de doelstellingen. Binnenkort worden de eerste concrete stappen gezet.

Maar het belangrijkste is het uitstralen van eenheid. De gehele PV-gemeenschap moet spreken met één stem. Pas dan kunnen grote stappen vooruit worden gezet en zal zonnestroom binnen afzienbare tijd een belangrijk aandeel van de Nederlandse energiemix kunnen vormen.

LITERATUUR

Bijgevoegd:

- “Zonnecellen”, Chemische Feitelijkheid editie 60, no. 259, KNCV november 2009

Op verzoek beschikbaar (bij het KNCV bureau):

- “IEA Solar PV roadmap targets”, International Energy Agency (IEA), 2009.
- “Today’s actions for tomorrow’s PV technology - An Implementation Plan for the Strategic Research Agenda of the European Photovoltaic Technology Platform”, Europese Unie, augustus 2009.
- “SET for 2020, Solar Photovoltaic Electricity: A mainstream power source by 2020”, Executive Summary, European Photovoltaic Industry Association (EPIA), 2009.
- Roadmap Holland Solar, 2005.
- Roadmap Brabantse Ontwikkelings Maatschappij, BOM 2009.
- PV Status Report, Joint Research Center, European Commission, 2009.
- Smart Grid in ontwikkeling, Jasper van der Bruggen, www.TWAnetwerk.nl 7-12-2009.
- ECN Factsheet Zonnestroom, 2009.

CONTACT

KNCV-bureau

www.kncv.nl



Foto: Hans Peter van Velthoven, Nuon Solar Team

De zonnewagen Nuna5 van de TU Delft en Nuon rijdt op 6 m² galliumarsenide triple junction zonnecellen met een efficiëntie van 34 procent. De elektriciteit die de panelen opwekken wordt opgeslagen in een lithium-polymeerbatterij van 25 kg waarmee de elektromotor wordt aangedreven.



KNCV