



Energy research Centre of the Netherlands



# De toekomst van zonne-energie

## *fictie en feiten*

Wim C. Sinke

ECN Zonne-energie, Universiteit Utrecht & EU PV Technology Platform



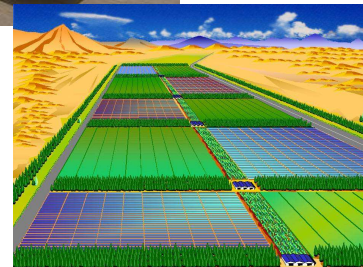
## Inhoud

### **zonne-energie**

- verschillende vormen
- potentieel & initiatieven voor grootschalig gebruik
- **zonnestroom (PV)**
  - technologieën
  - economie
  - milieu-aspecten
  - SWOT
- **positie van Nederland**
- **de toekomst van zonnestroom**

## Belangrijkste vormen van (directe) zonne-energie

- licht  $\Rightarrow$  *lage-temperatuur warmte*
- licht  $\Rightarrow$  *hoge-temperatuur warmte*  $\Rightarrow$  *elektriciteit*  
Concentrating Solar Power, CSP
- licht  $\Rightarrow$  *elektriciteit*  
fotovoltaïsche zonne-energie, PV,  
zonnestroom
- licht  $\Rightarrow$  *brandstof*  
foto(elektro)chemische brandstofproductie,  
kunstmatige fotosynthese
- licht  $\Rightarrow$  *hoge-temperatuur warmte*  $\Rightarrow$  *grondstoffen/brandstoffen*  
thermochemische processen



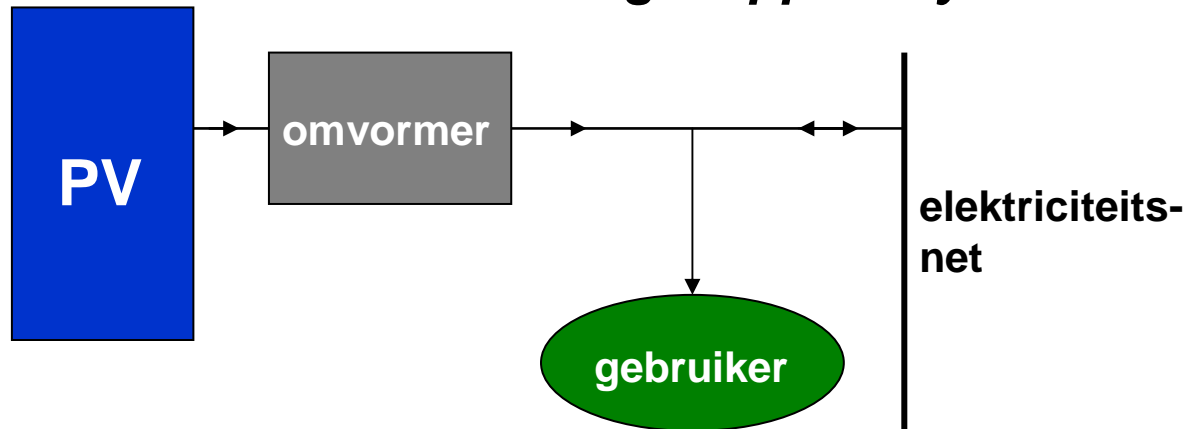
From *The Power of Green* by John Svetlik, ASU Research, artwork by Michael Hegeberg



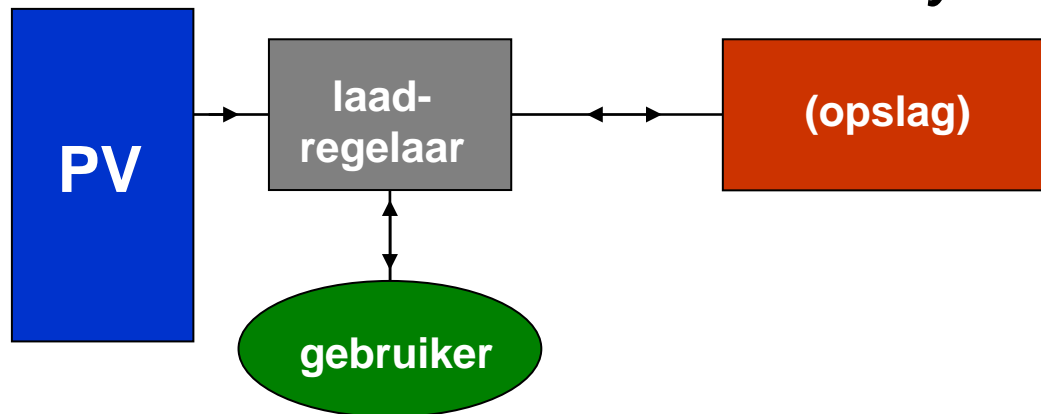


## Zonnestroomsystemen: belangrijkste typen

### *netgekoppeld systeem*



### *autonoom systeem*



## Technisch potentieel van duurzame-energiebronnen

**TABLE 5.26. SUMMARY OF THE RENEWABLE RESOURCE BASE (EXAJOULES A YEAR)**

Resource	Current use <sup>a</sup>	Technical potential	Theoretical potential
Hydropower	9	50	147
Biomass energy	50	> 276	2,900
Solar energy	0.1	> 1,575	3,900,000
Wind energy	0.12	640	6,000
Geothermal energy	0.6	5,000	140,000,000
Ocean energy	n.e.	n.e.	7,400
<b>Total</b>	<b>56</b>	<b>&gt; 7,600</b>	<b>&gt; 144,000,000</b>

1,575 – 50,000

n.e. Not estimated.

Bron: World Energy Assessment, UNDP, 2000



50

**TECHNOLOGY LEADERS: THE SCIAM 50**  
Trends Shaping Tomorrow's Computers, Medicine, Materials and More

# SCIENTIFIC AMERICAN

New Concerns about **FLUORIDE**  
page 74



January 2008

www.SciAm.com

## A GRAND PLAN FOR **SOLAR ENERGY**

By 2050 it could free the U.S. from foreign oil and slash greenhouse emissions. Here's how ...



**NEW ENERGY FOR AMERICA**



\$4.99



### U.S. Plan for 2050

Solar Power Provides ...

**69%**  
of electricity

**35%**  
of total energy

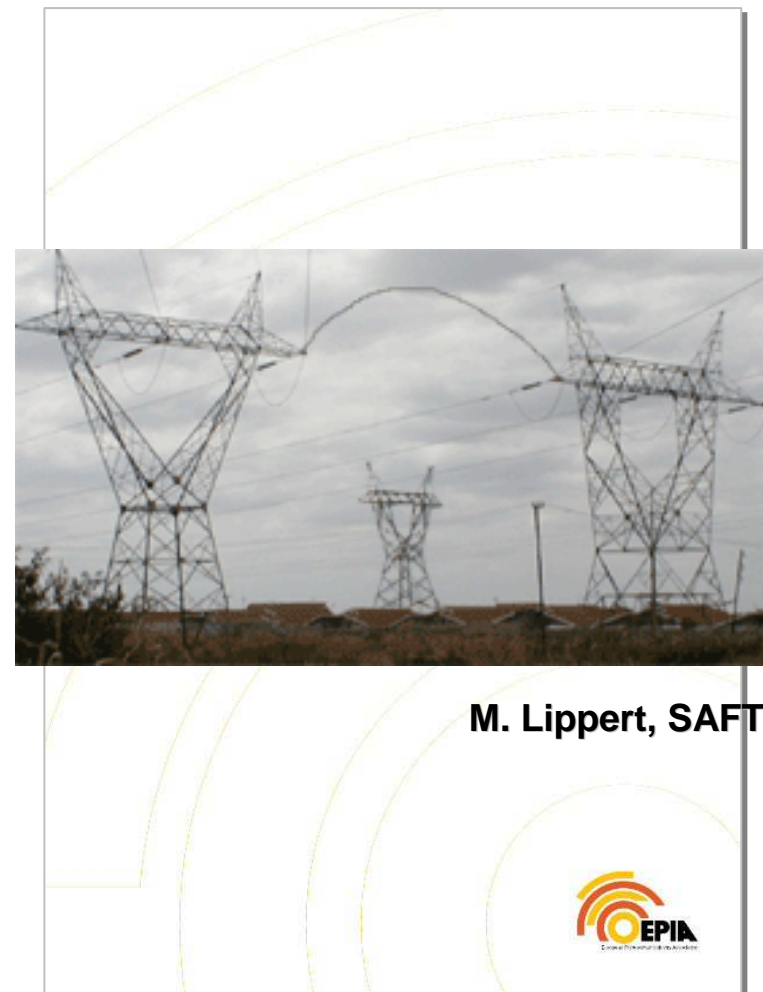


**Ken Zweibel, James Mason  
en Vasilis Fthenakis**

## Solar Europe Initiative / SET for 2020

(ontwikkeld in het kader van het EU Strategic Energy Technology (SET) Plan)

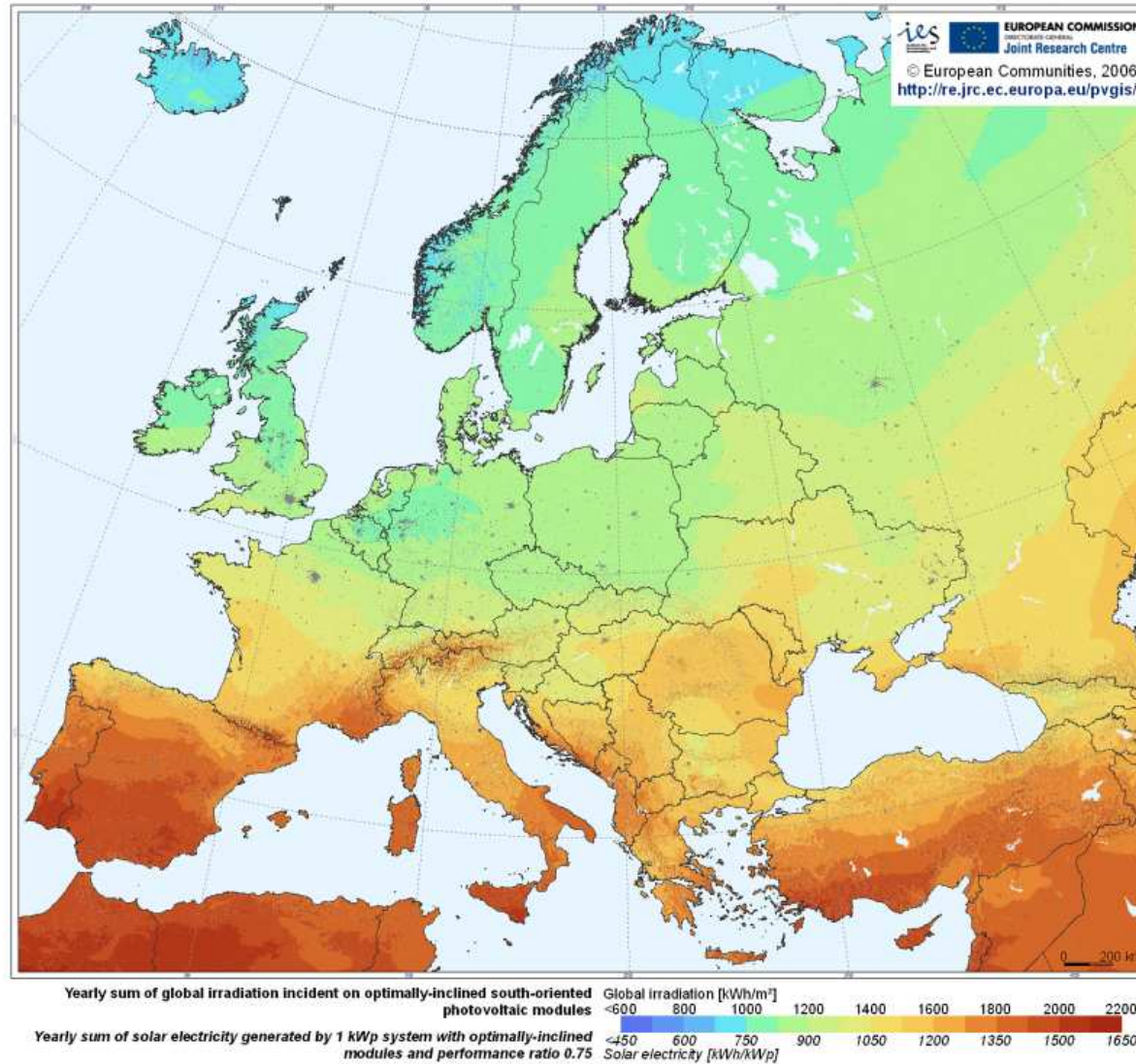
- **PV is niet uitsluitend een lange-termijnoptie**
- **PV kan een significante bijdrage leveren aan de EU 2020 doelen**
- **potentiële bijdrage aan het EU-elektriciteitsgebruik in 2020:**
  - baseline scenario (4%)
  - accelerated scenario (6%)
  - “paradigm shift” scenario (12%)



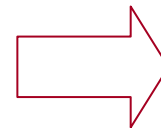
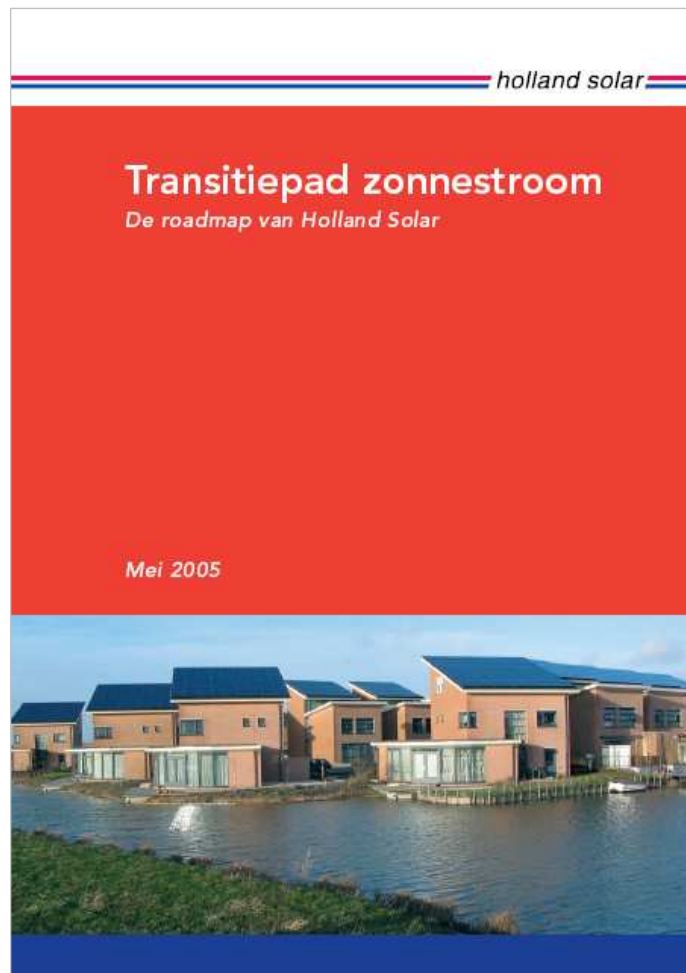


# Aanbod zonne-energie

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



## Transitiepad Zonnestroom (NL) – actualisering 2<sup>de</sup> helft 2009



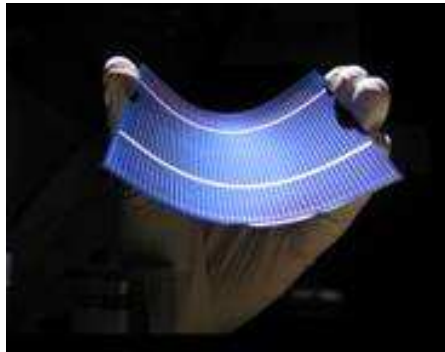
## Zonnestroom: robuuste ontwikkeling door diversiteit



[www.eupvplatform.org](http://www.eupvplatform.org)



## PV cel & module technologieën



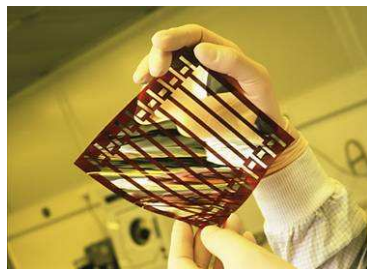
### **Commercieel: wafer kristallijn silicium**

- monokristallijn (sc-Si)
  - multikristallijn (mc-Si)
  - “ribbons”
- (85% van de 2008 mondiale markt)*



### **Commercieel: dunne films**

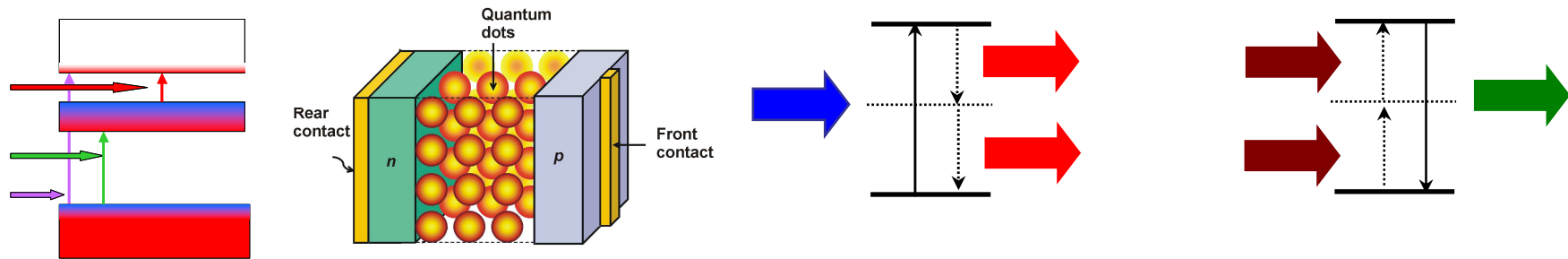
- amorf/microkristallijn silicium
  - koper-indium-diselenide (CIS)
  - cadmiumtelluride (CdTe)
- (15% van de 2008 mondiale markt)*



### **Proefproductie: opkomende technologieën**

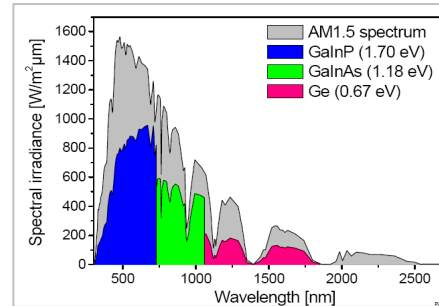
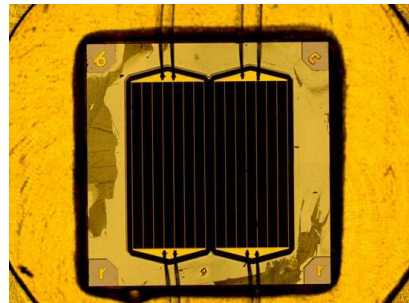
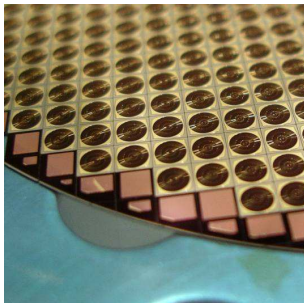
- “organisch” (polymeer and kleurstof)
- gedrukt CIS, etc.

## Mogelijke routes naar een zeer hoog rendement (laboratorium)



- breed scala aan omzettingsprincipes en celontwerpen
- vooral gericht op volledige(re) benutting zonnenspectrum
- belangrijk als modelsystemen en als startpunt voor ontwikkeling nieuwe technologieën

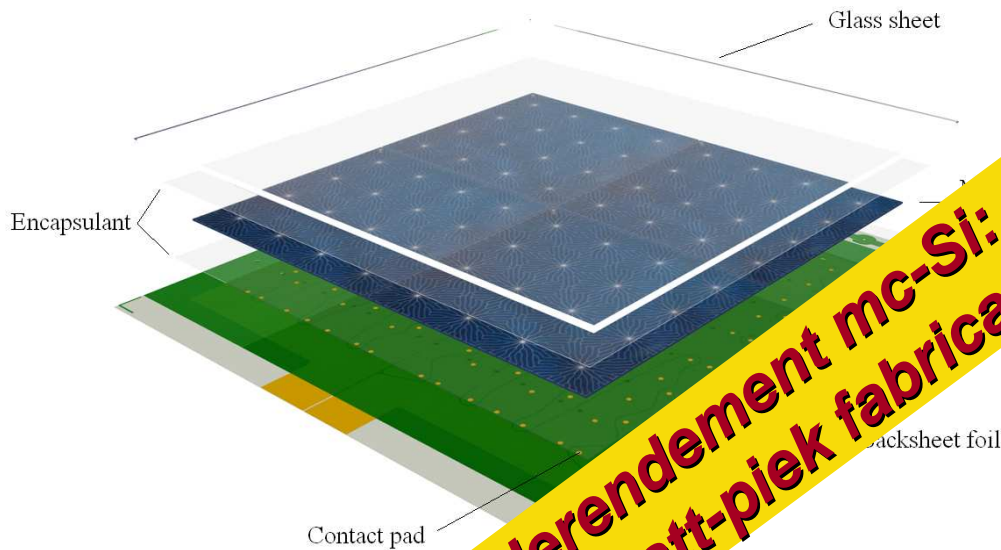
## Concentratortechnologie



- toepassingsvorm voor dure, super-hoog rendementcellen
- wereldrecord zonnecelrendement: 41% (stapeling van 3 cellen, 450 zon; Fraunhofer ISE, DE)
- systeemrendement >20%, potentieel >30%
- vooral geschikt voor gebieden met veel direct zonlicht



# Ontwikkelingen in NL: nieuw, geïntegreerd cel- en moduleontwerp (ECN, Eurotron, Solland Solar)



**wereldrecord modulerendement mc-Si: 16% (0,12 mm cellen)  
1 euro/watt-piek fabricagekosten**



## Ontwikkelingen in NL: dunne-film silicium zonnefolie (Nuon Helianthos)



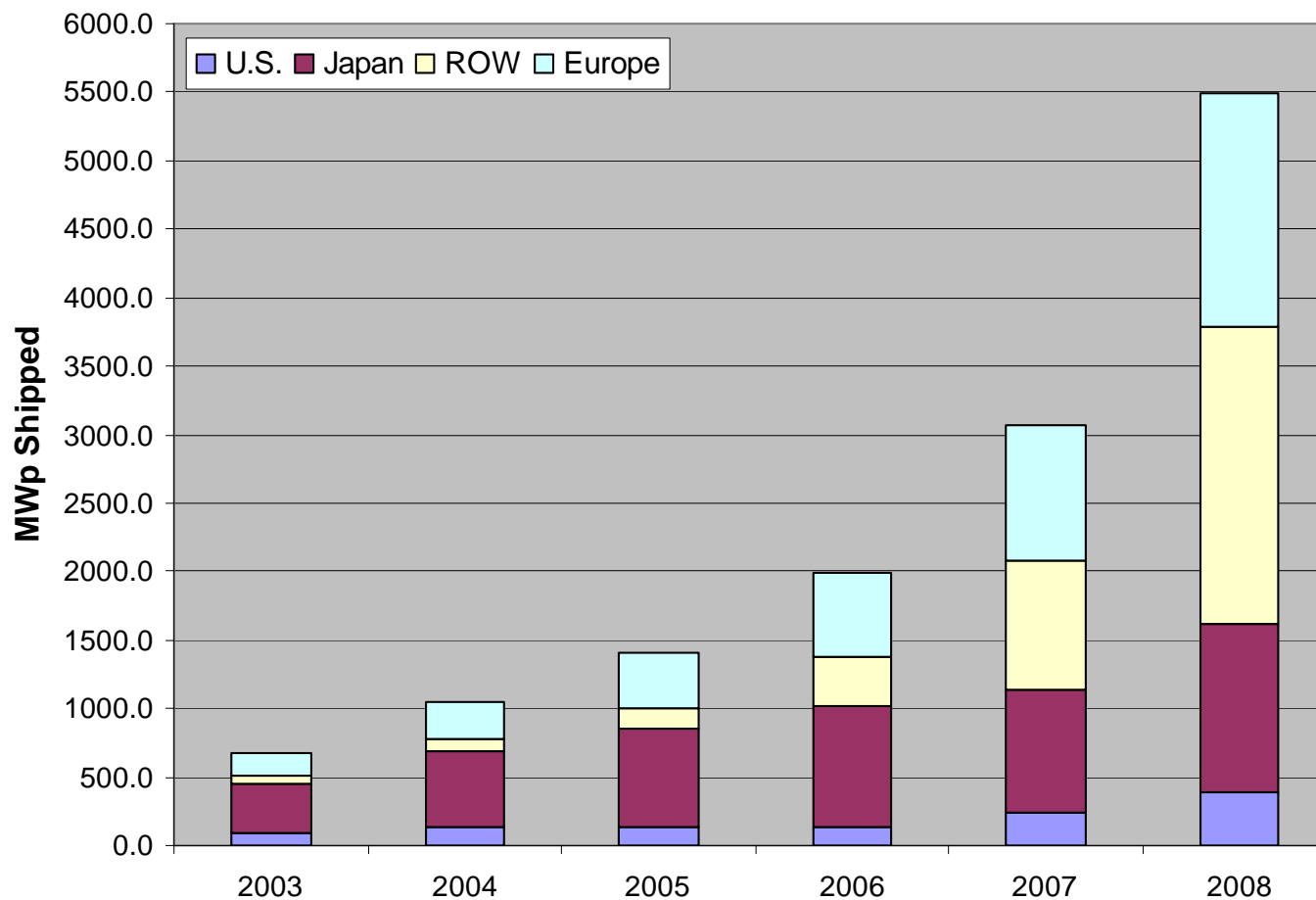
## Ontwikkelingen in NL: onderzoek opkomende en nieuwe technologieën (selectie)

### Onderzoekprogramma's en gezamenlijke initiatieven

- ECN
- Dutch Polymer Institute
- Joint Solar Program (FOM / Nuon / Shell)
- EOS LT (SenterNovem / EZ)
- Advanced Dutch Energy Materials innovation lab (ECN & 3TU / EZ)
- EU-FP7, FOM, STW, en meer

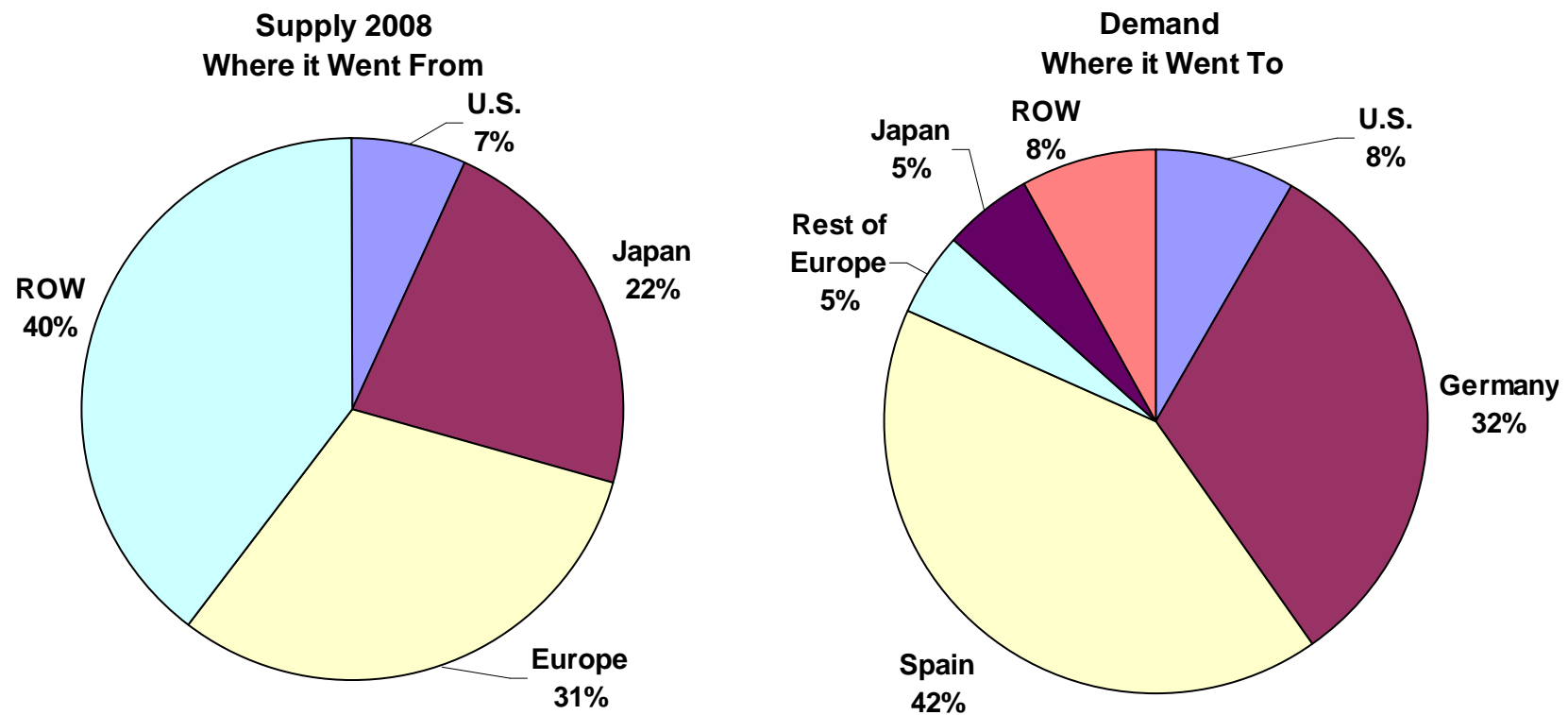


## Mondiale moduleproductie



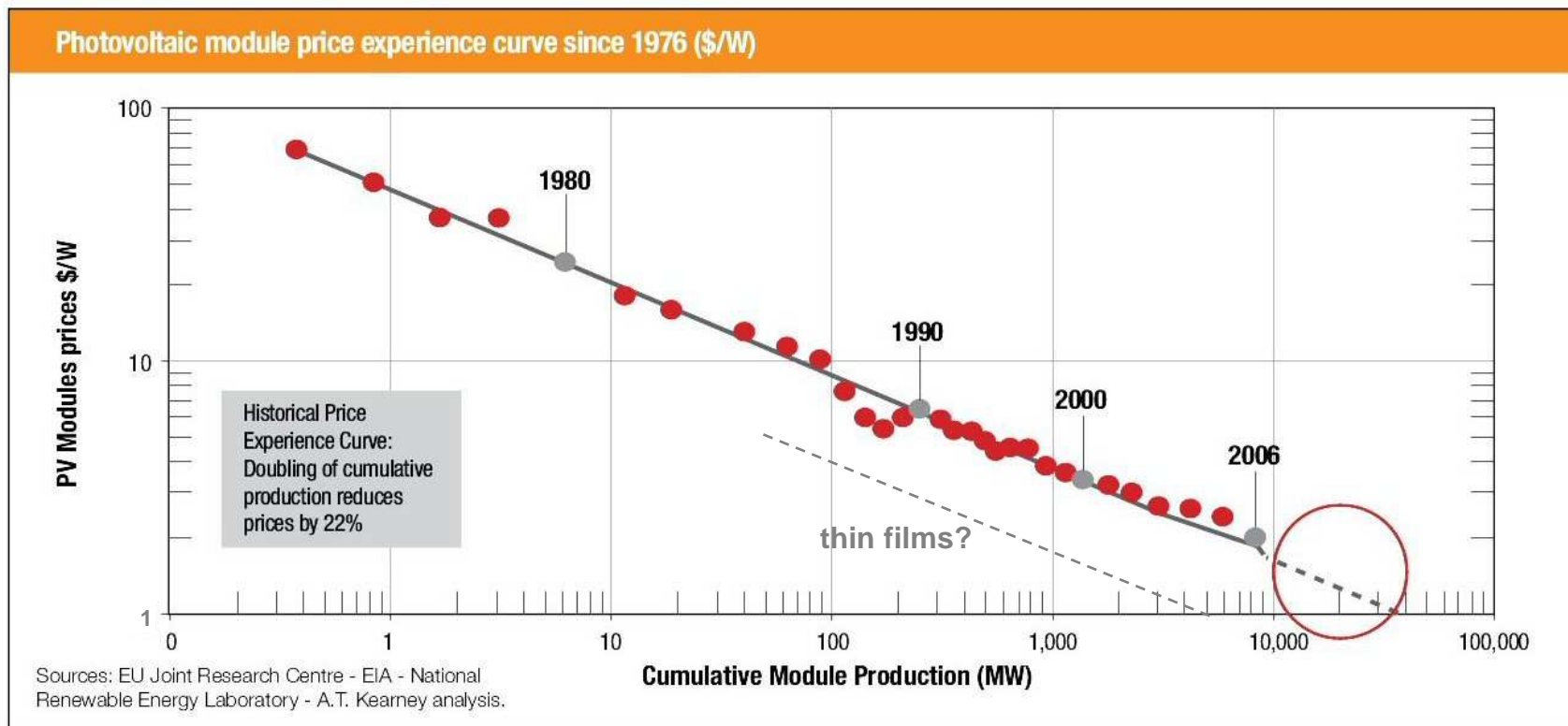
Source: Paula Mints **NAVIGANT**  
CONSULTING

## Mondiale moduleaanbod en –vraag 2008



Source: Paula Mints 

## Leercurve modules (gecombineerd effect op prijsontwikkeling van innovatie en volume)



Source: EPIA (2009), [www.setfor2020.eu](http://www.setfor2020.eu)



<i><b>Afgeronde, indicatieve getallen</b></i>	1980	2009	2020	2030	Long term potential
<b>Typische turn-key systeemprijs (2009 €/Wp)</b>	>30	3 / 3.75 / 4.5 <sup>*)</sup>	1.5 / 1.9 / 2.3	<1	0.5
<b>Typische opwekkosten zonnestroom Zuid-Europa (2009 €/kWh)</b>	>2	0.18 / 0.23 / 0.28	0.09 / 0.12 / 0.14	<0.06	0.03
<b>Rendement commerciële vlakke-plaat modules</b>	up to 8%	up to 20%	up to 23%	up to 25%	up to 40%
<b>Rendement commerciële concentratormodules</b>	(~10%)	up to 30%	up to 35%	up to 40%	up to 60%
<b>Systeem energierugverdiëntijd Zuid-Europa (jaar)</b>	>10	<1.5	<1	<0.5	0.25

\*) 4 / 5 / 6 \$/Wp voor centrales, grote/collectieve en kleine/individuele systemen op gebouwen, respectievelijk.

\*\*\*) 25 jaar afschrijving, 5% kapitaalskosten, 1% O&M&verzekeringskosten (PVTP NPV/FiT model)

<i><b>Afgeronde, indicatieve getallen</b></i>	1980	2009	2020	2030	Long term potential
<b>Typische turn-key systeemprijs</b> (2009 €/Wp)	>30	3 / 3.75 / 4.5 <sup>*)</sup>	1.5 / 1.9 / 2.3	<1	0.5
<b>Typische opwekkosten zonnestroom NL</b> (2009 €/kWh)	>3	0.34 / 0.42 / 0.51	0.17 / 0.21 / 0.26	<0.11	0.06
<b>Rendement commerciële vlakke-plaat modules</b>	up to 8%	up to 20%	up to 23%	up to 25%	up to 40%
<b>Rendement commerciële concentratormodules</b>	(~10%)	up to 30%	up to 35%	up to 40%	up to 60%
<b>Systeem energierugverdiertijd NL</b> (jaar)	>20	<2.5	<1.5	<1	0.5

\*) 4 / 5 / 6 \$/Wp voor centrales, grote/collectieve en kleine/individuele systemen op gebouwen, respectievelijk.

\*\*\*) 25 jaar afschrijving, 5% kapitaalskosten, 1% O&M&verzekeringskosten (PVTP NPV/FiT model)

## SWOT zonnestroom

### *Sterktes*

- hernieuwbaar / zeer lage equivalente CO<sub>2</sub>-emissies
- groot potentieel
- breed scala aan toepassingsvormen
- toepasbaar in dichtbevolkte gebieden / gebouwde omgeving
- breed maatschappelijk draagvlak

### *Zwaktes*

- prijsniveau nog te hoog
- aanbodvolgend



## SWOT zonnestroom

### *Kansen*

- gebruikmaken van “stapstenen” (grid parity points of investment parity points) op weg naar zelfdragende markt
- opbouw kennis- en bedrijfssector t.b.v. mondiaal groeiende markt
- combinatie met CSP en andere opties voor maximale bijdrage

### *Bedreigingen / ontwikkelingsrisico's*

- onbalans en/of discontinuïteit in marktontwikkeling EU-lidstaten
- aanpassingen aan netinfrastructuur te langzaam of onvoldoende
- beschikbaarheid essentiële elementen en materialen onvoldoende (of te duur) voor snelle expansie

## **Positie van NL**

- **Pionier op het gebied van zonnestroom in de gebouwde omgeving**
- **Op dit moment klein programma voor marktwikkeling via SDE**
- **Sterke internationale positie op het gebied van kennis en technologie**
- **Internationaal opererend bedrijfsleven (cellen, modules, systeemcomponenten, apparatueurbouwers, etc.)**
- **Diverse regionale initiatieven voor ontwikkeling van het bedrijfsleven: Brabant, Limburg, Friesland, en meer**

## De toekomst

- **robuste daling opwekkosten door technologieontwikkeling en schaalvergroting tot niveau consumentenprijzen vóór 2020 in grote delen van de EU (de VS, en meer)**
- **verdere daling tot het niveau van groothandelsprijzen en daar voorbij op langere termijn**
- **zonnestroom kan op termijn een substantiële rol spelen bij de verduurzaming van de (modiale, EU en NL) energieuishouding**
- **grootschalige fabricage en implementatie biedt aantrekkelijke economische kansen voor NL bedrijven**



THUNDERBOLT

THERE MUST BE  
A SOURCE OF ENERGY  
DOWN THERE

bedankt voor uw aandacht!

©Greenpeace