



Luxe die we ons kunnen en moeten veroorloven: zonne-energie van laagste kosten naar hoogste waarde

Wim Sinke

ECN Solar Energy en Universiteit van Amsterdam

Jan Wilslezing

MOOI Noord-Holland, Villa Holland, Alkmaar

16 januari 2018



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

nieuwe fysische processen
voor silicium zonnecellen

wim sinke



1981-1985

De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*

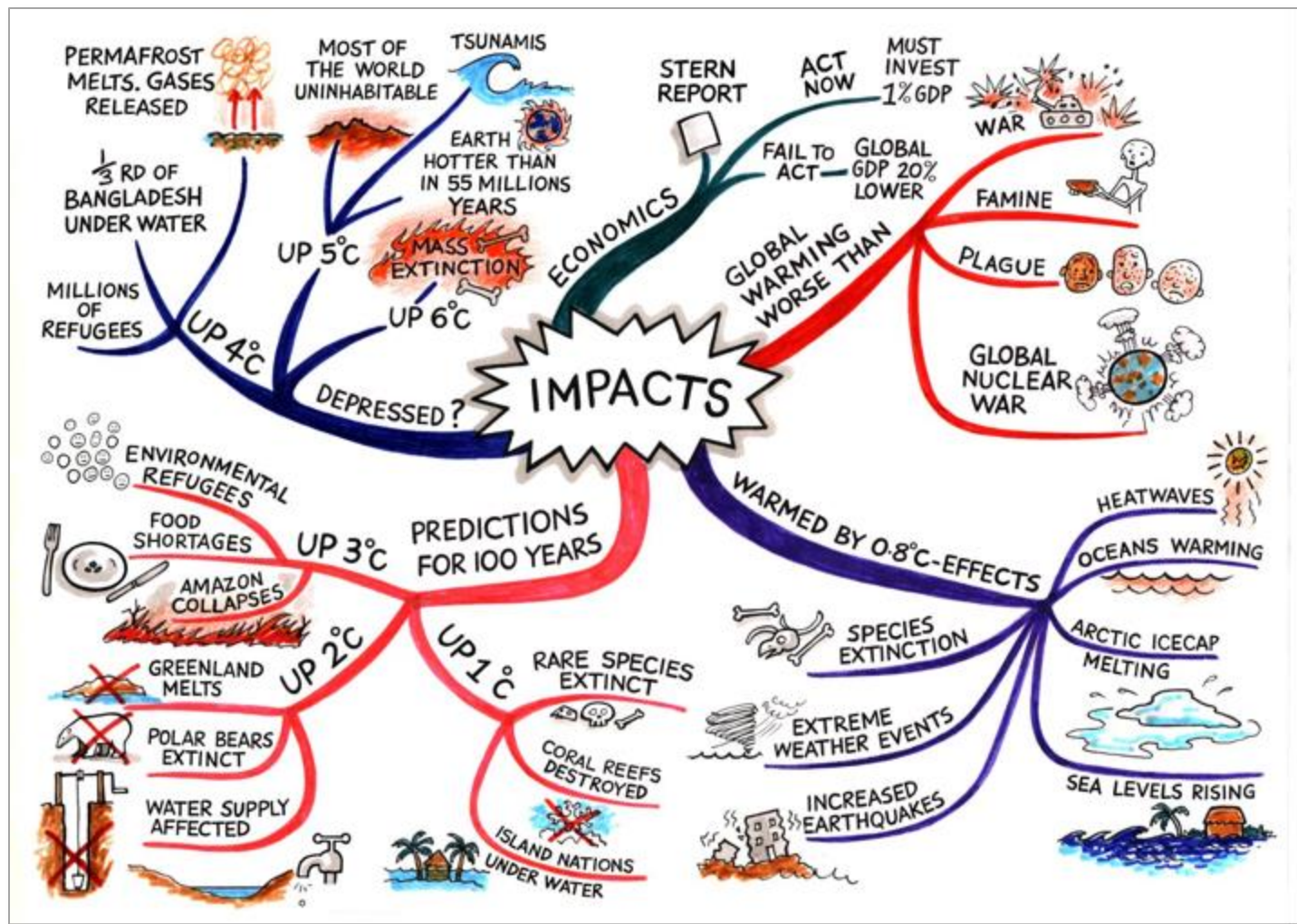
De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*



<http://climate-kic.de/tag/cop21/>







Donald J. Trump ✓

@realDonaldTrump



Follow

The concept of global warming was created by and for the Chinese in order to make U.S. manufacturing non-competitive.

RETWEETS

55,604

LIKES

30,835



12:15 PM - 6 Nov 2012

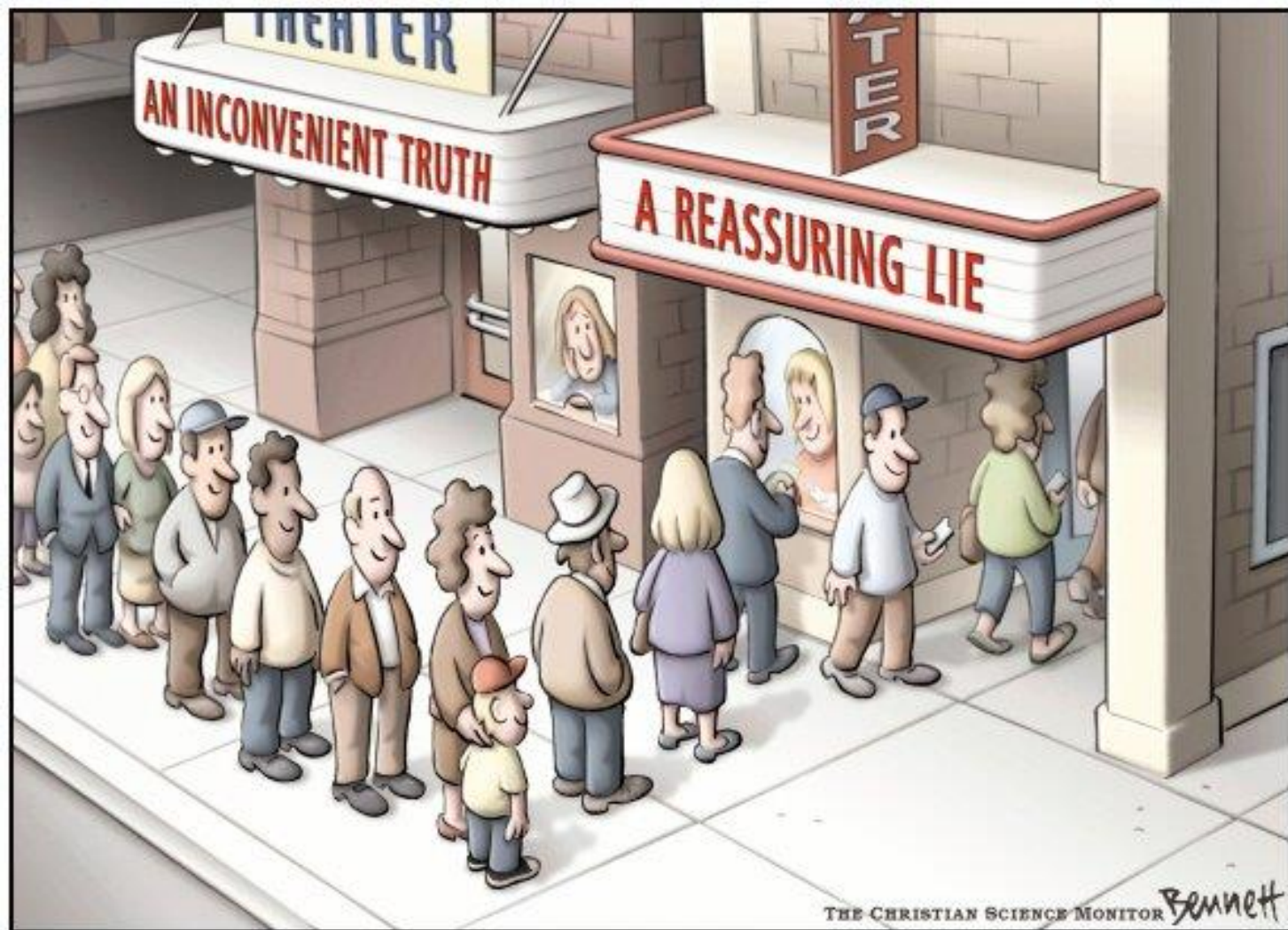


56K



31K





THE CHRISTIAN SCIENCE MONITOR *Bennett*



Barack Obama ✓
@BarackObama

Dad, husband, President, citizen.



Barack Obama ✓
@BarackObama

Volgen

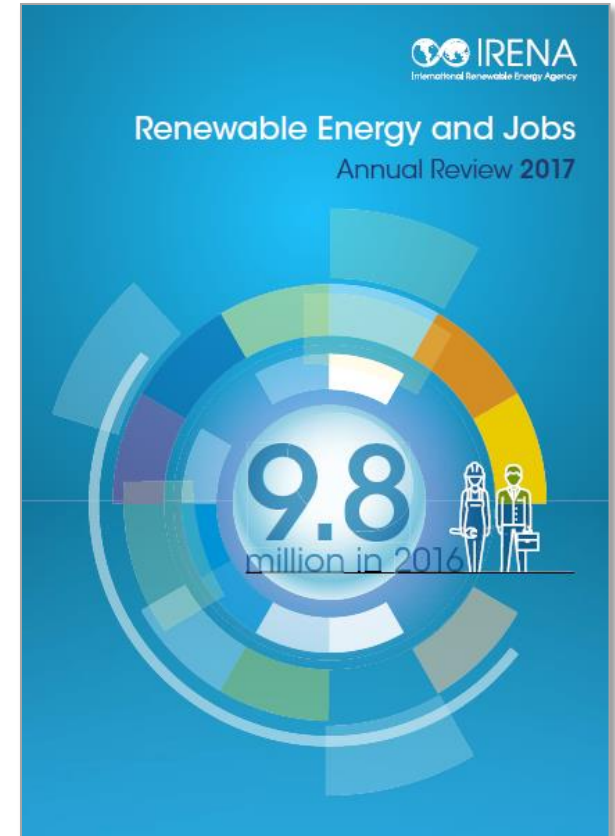
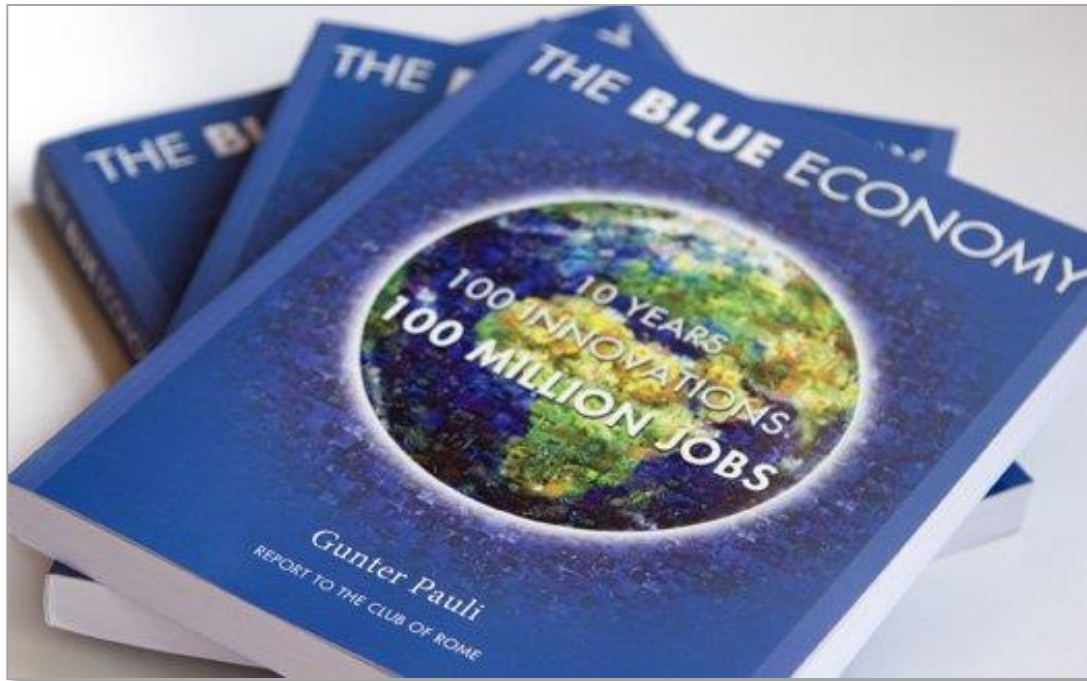
Tackling [#climate](#) change is one of our greatest economic opportunities.

— more than —
500
BUSINESSES
HAVE CALLED TACKLING
CLIMATE CHANGE
one of the greatest
economic
opportunities
of the 21st century.

14:57 - 13 aug. 2013



Duurzame energie en economie



Klimaatambities Regeerakkoord

Vertrouwen in de toekomst

Regeerakkoord 2017 – 2021

VVD, CDA, D66 en ChristenUnie

10 oktober 2017

3. Nederland wordt duurzaam

3.1 Klimaat en energie

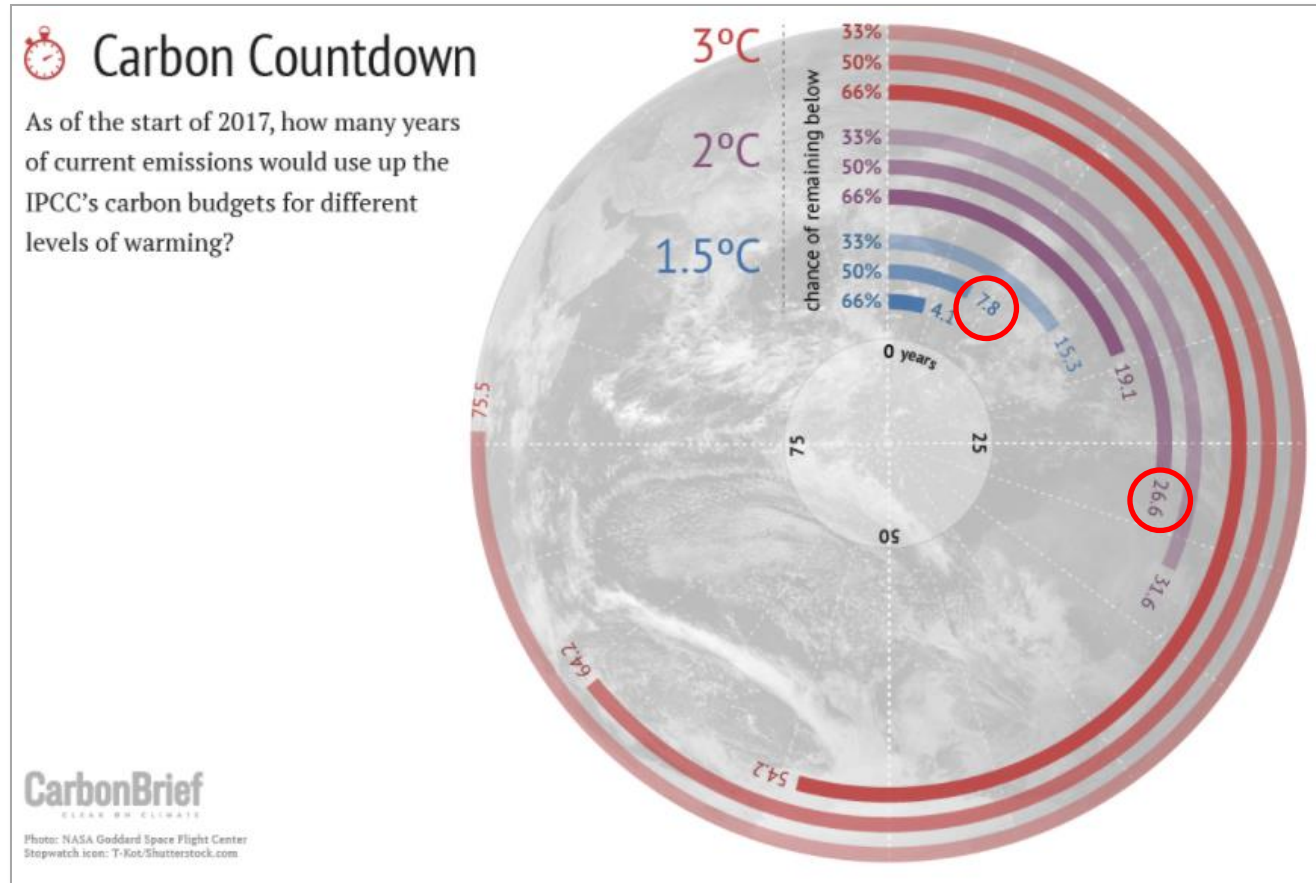
Het klimaatverdrag van Parijs is een doorbraak. 195 landen hebben ervoor getekend de mondiale temperatuurstijging tot ruim onder 2 graden Celsius te beperken, en daarbij te streven naar een verdere beperking van de opwarming tot maximaal 1,5 graad Celsius. Het is onze plicht er alles aan te doen die doelstelling te halen. Daarmee worden we ook minder afhankelijk van olie uit het Midden Oosten en gas uit Rusland. De Europese Unie heeft namens alle lidstaten harde toezeggingen gedaan om de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met minstens 40 procent te verminderen ten opzichte van 1990. Die toezegging is winst, maar onvoldoende om de doelstellingen van 2 graden Celsius te halen, laat staan de ambitie van 1,5 graad Celsius. Daar is meer voor nodig.

We leggen daarom de lat hoger dan de toezegging die de EU gedaan heeft. In Nederland nemen we maatregelen die ons voorbereiden op een reductie van 49 procent in 2030. We maken een nationaal klimaat-

Verminderde afhankelijkheid



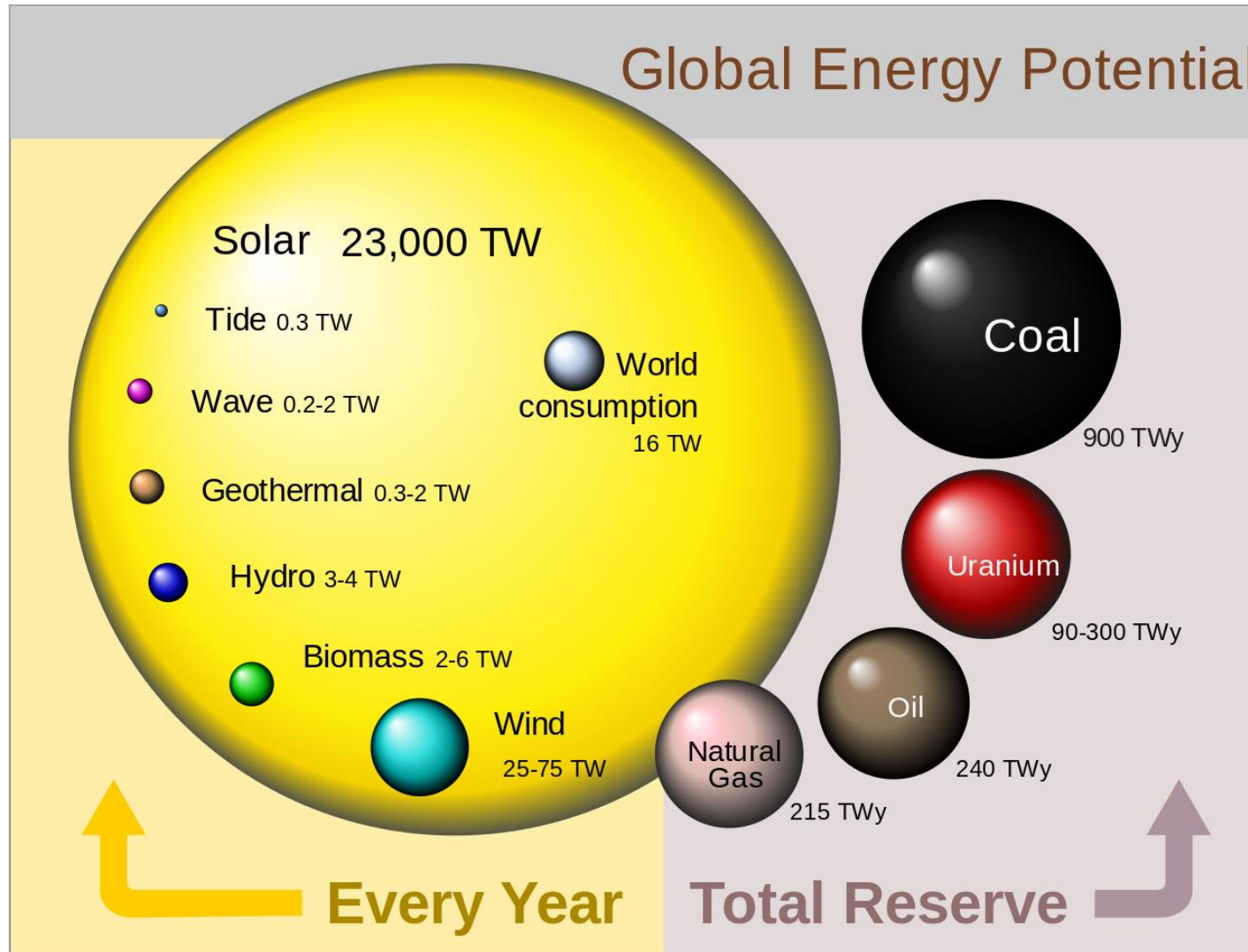
Urgentie



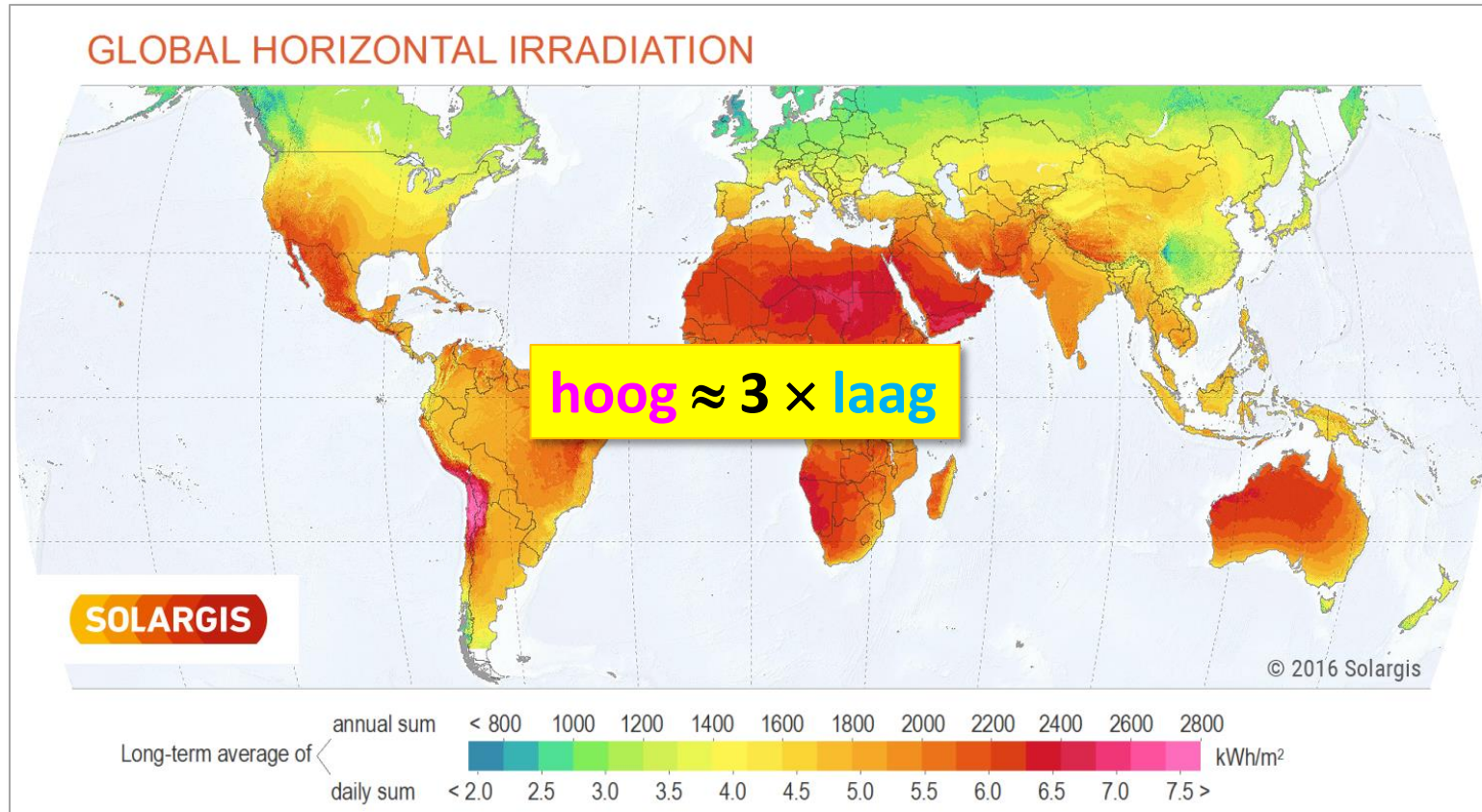
De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*

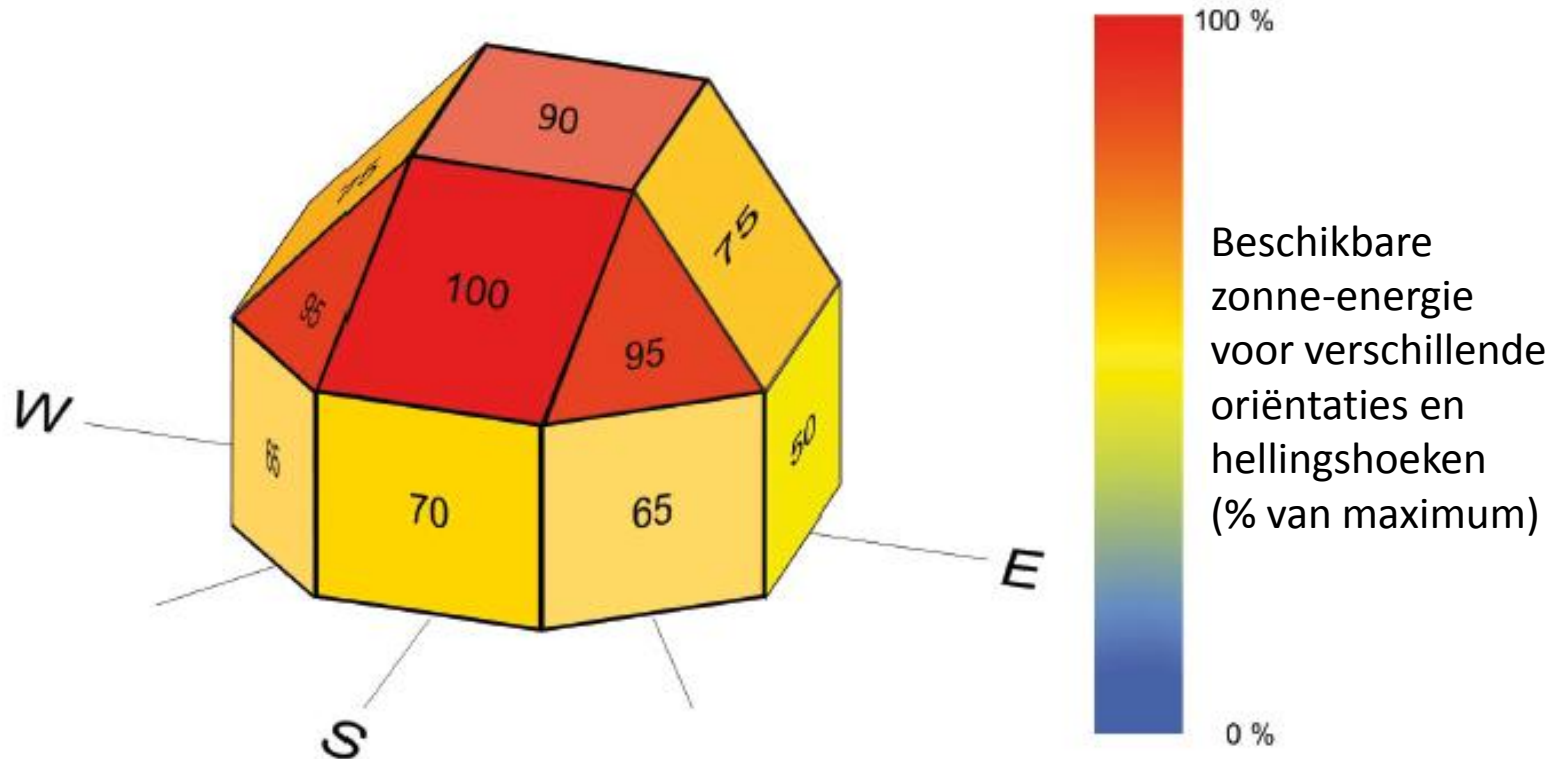
Global Energy Potential



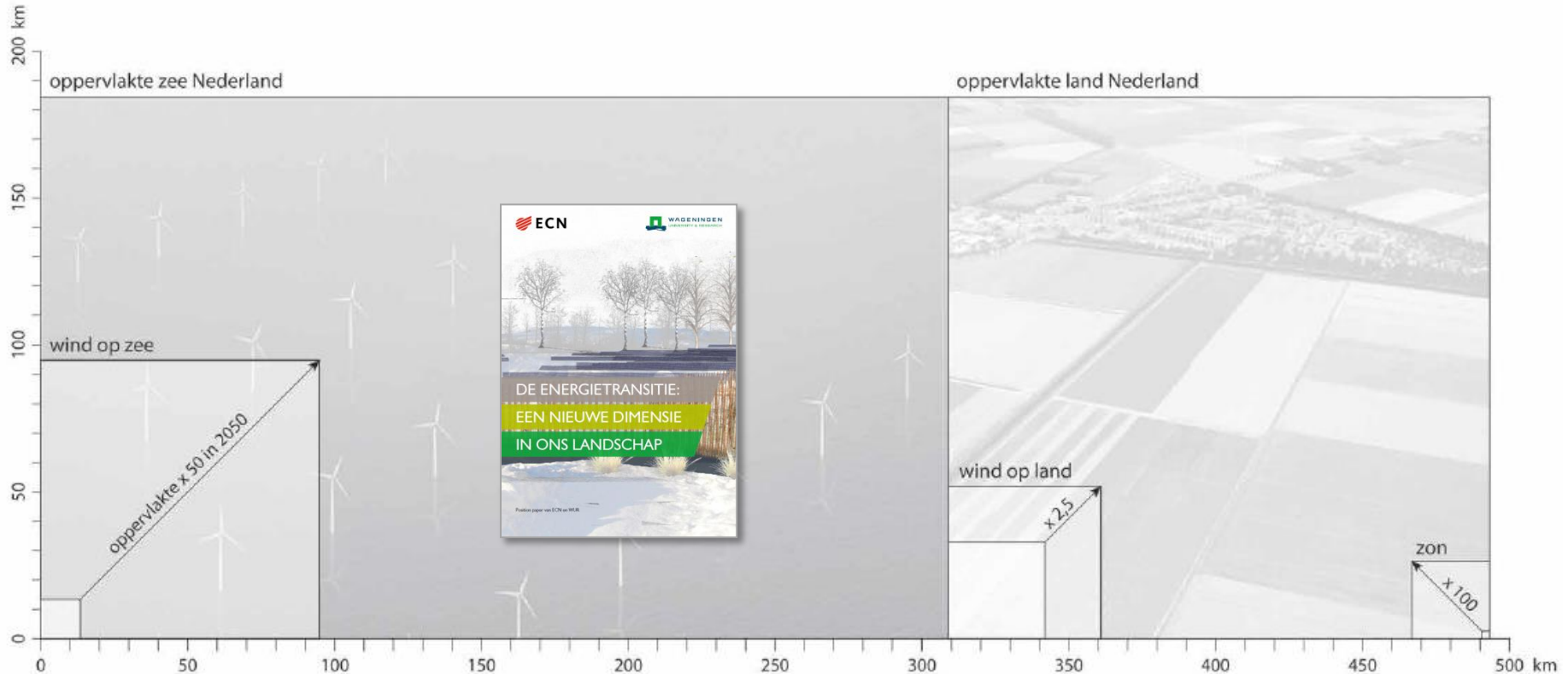
De zon: de best verdeelde energiebron



De zon is vergevend voor ontwerpers



Wat is er nodig voor impact? Nu → 2050



10 Uitdagingen voor de energietransitie

NWA Route Energietransitie

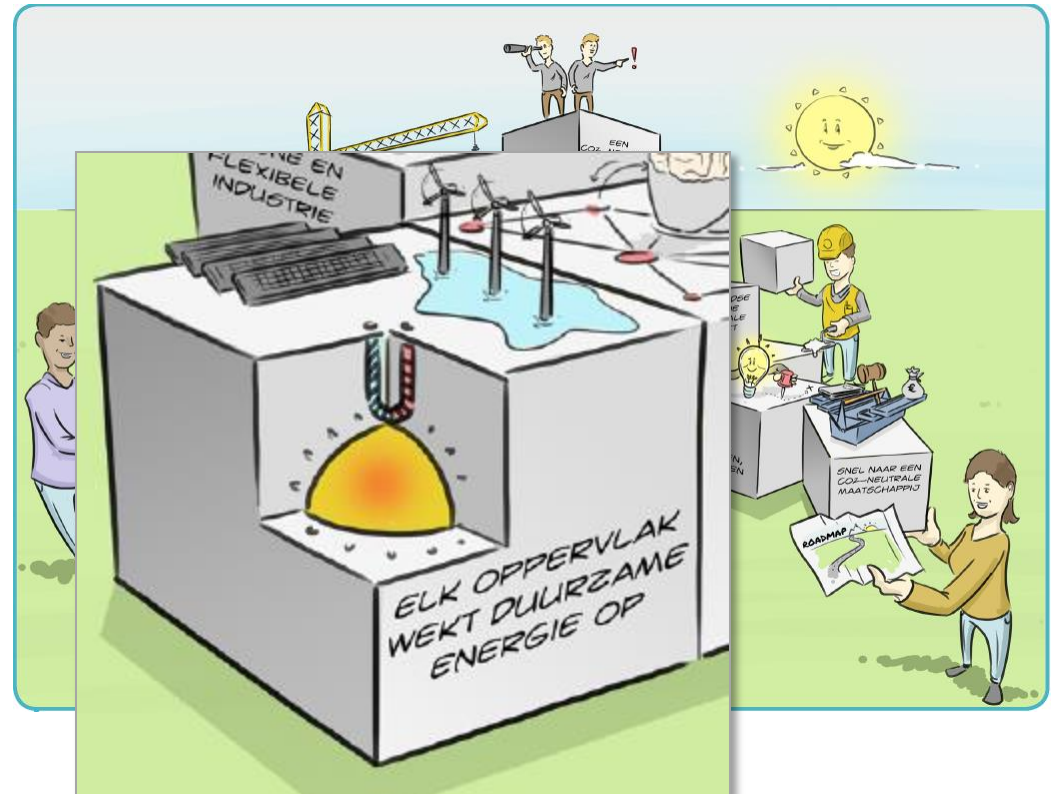


Bouwen aan een duurzame en zekere energievoorziening
en een sterke, groene kenniseconomie

NERA Netherlands Energy
Research Alliance

© Mei 2016
Wim Sinke, Kornelis Blok, Richard van de Sanden, Erik Langerijs, Ruud van den Brink,
Remco Addink, Jacqueline Mout, Robbert-Jan Slobben en Arjan Heeres

Wij danken de klankbordgroep en de circa 170 deelnemers aan de workshop
op 5 en 26 april voor hun bijdrage aan deze routebeschrijving



Energietransitie



https://dailypost.files.wordpress.com/2015/11/20151127_jenhooks.jpg?w=640&h=427

Energietransformatie



Oh Heer, help alstublieft ons land en stuur een
verschrikkelijke en vernietigende hagelstorm!

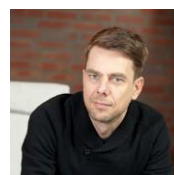


Cartoon
Michael Marčák
(CZ, 2010)

Ontwerpen met duurzame energie



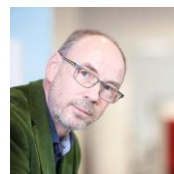
Martine Uyterlinde/ECN



Sven Stremke/WUR



John van Roosmalen/ECN



Wim Sinke/ECN



Adri van den Brink/WUR



Marc Londo/ECN



Renée de Waal/WUR



Peter Eecen/ECN



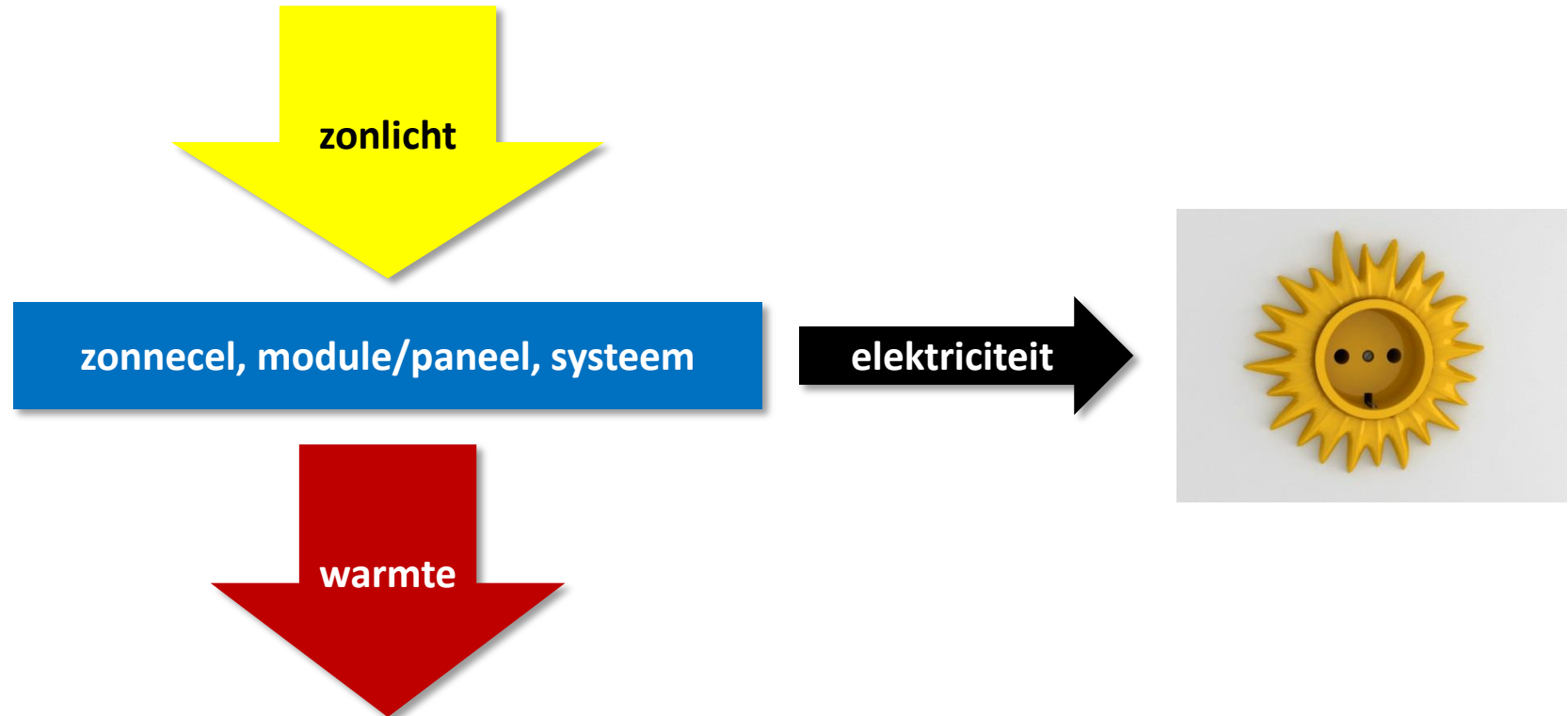
Ruud van den Brink/ECN

De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*

Technologie

Zonnestroom, ofwel fotovoltaïsche conversie van zonne-energie (PV)



Wat is er te koop?



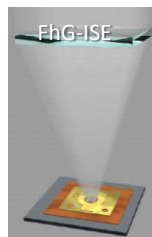
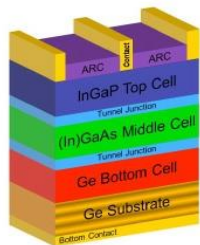
Standaardgebruik: silicium
(mondiaal marktaandeel >90%)

Paneelrendementen 16 ~ 22%



Standaardgebruik: dunne films
(mondiaal marktaandeel <10%)

Paneelrendementen 8 ~ 17%



Concentratorgebruik (zonvolgend)
(mondiaal marktaandeel <1%)

Paneelrendementen 25 ~ 35%

Wat is er te koop?



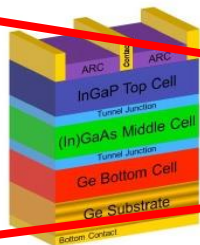
Standaardgebruik: silicium
(mondiaal marktaandeel >90%)

Paneelrendementen 16 ~ 22%



Standaardgebruik: dunne films
(mondiaal marktaandeel <10%)

Paneelrendementen 8 ~ 17%



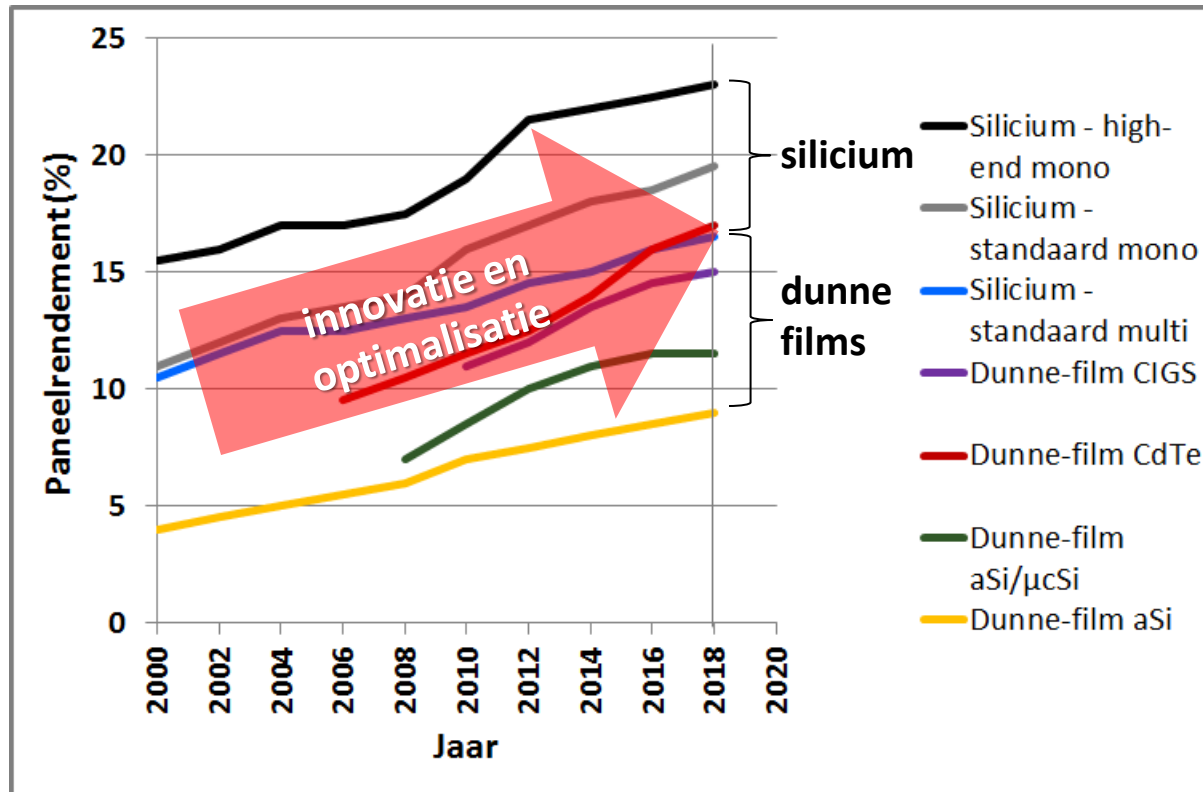
Concentratorgebruik (zonvolgend)
(mondiaal marktaandeel <1%)

Paneelrendementen 25 ~ 35%

(niet voor NL)

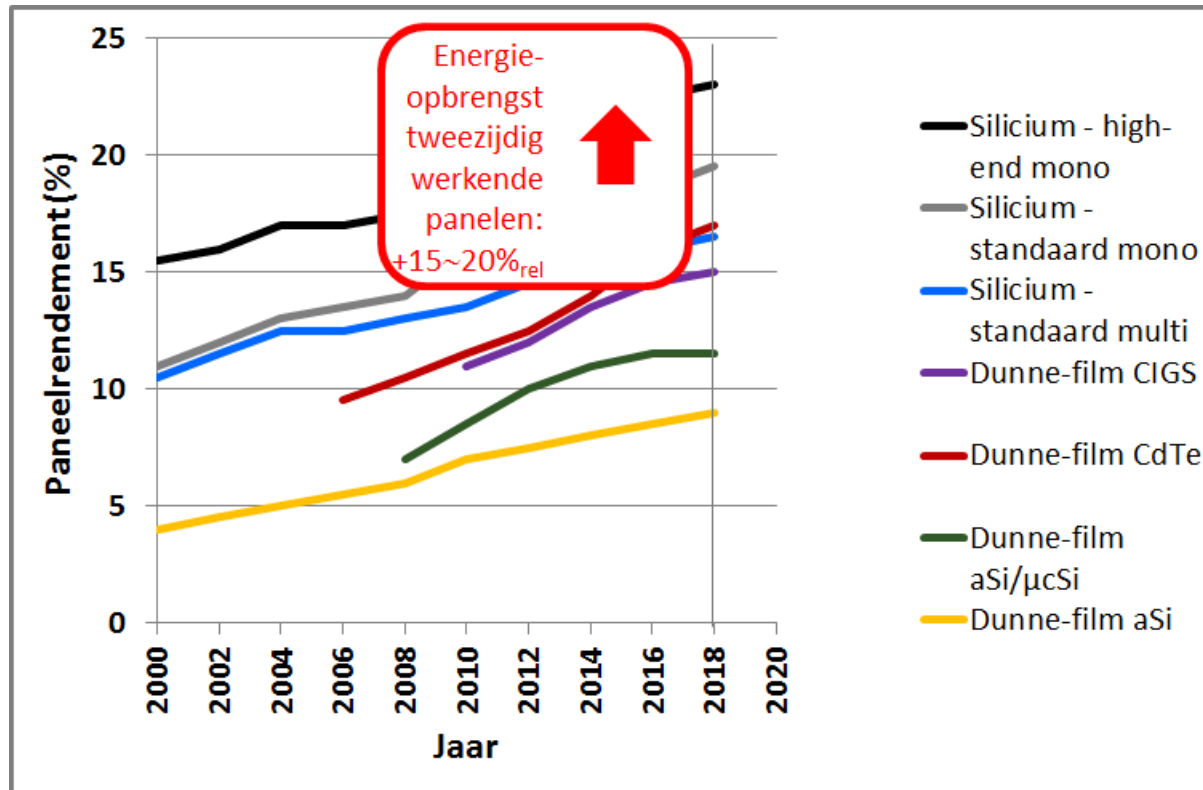
Rendement commerciële panelen

Robuuste toename tot nu toe



Introductie tweezijdige werking

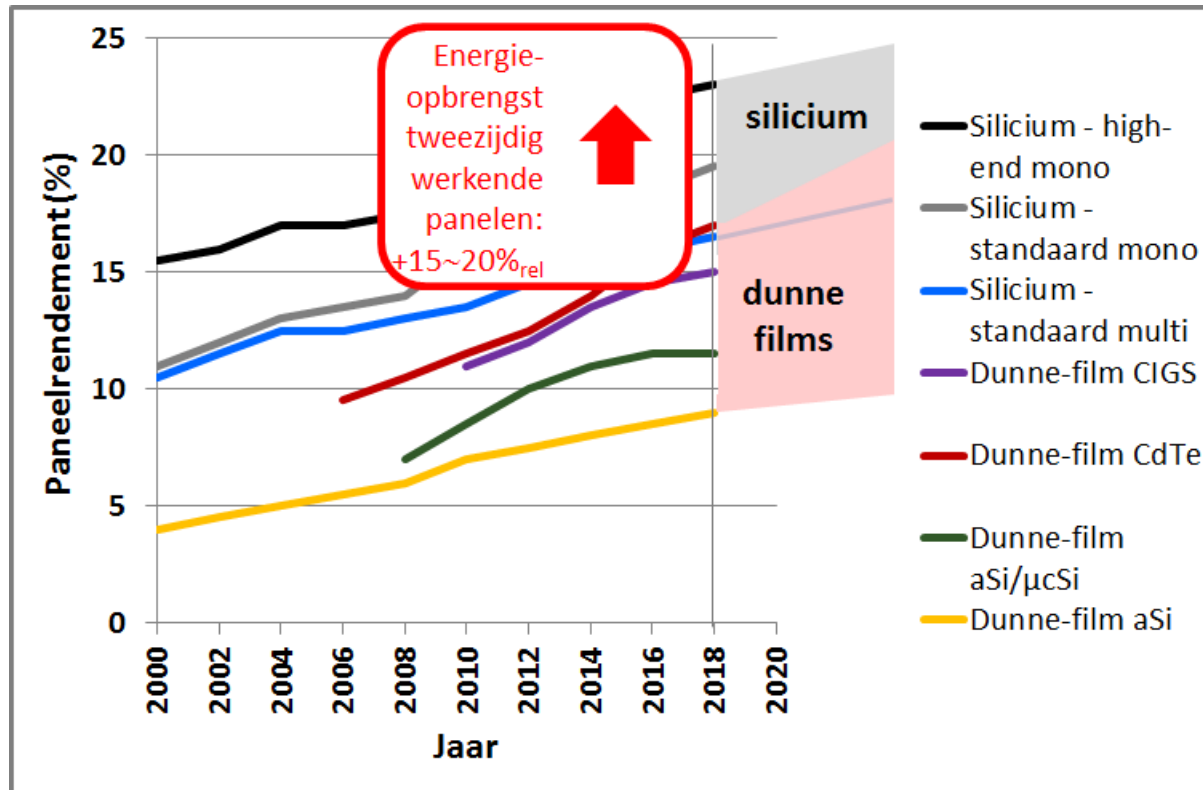
Extra energieopbrengst bij gelijk rendement



Tweezijdig werkende panelen bij Tempres (Vaassen, NL).
Technologie: ECN, Tempres en Yingli.

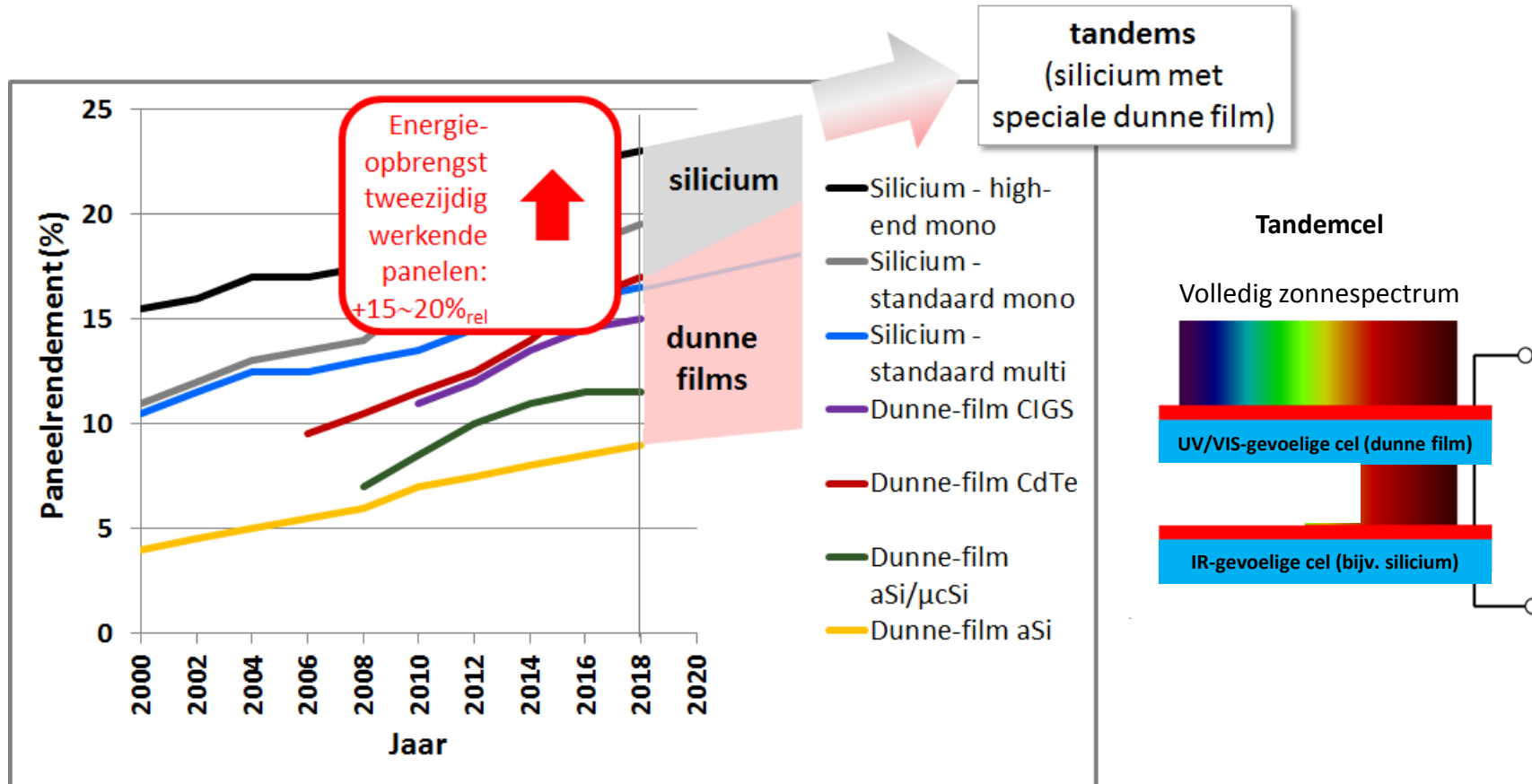
Rendement commerciële panelen

De volgende stap: perfectioneren



Rendement commerciële panelen

Daarna: tandems?

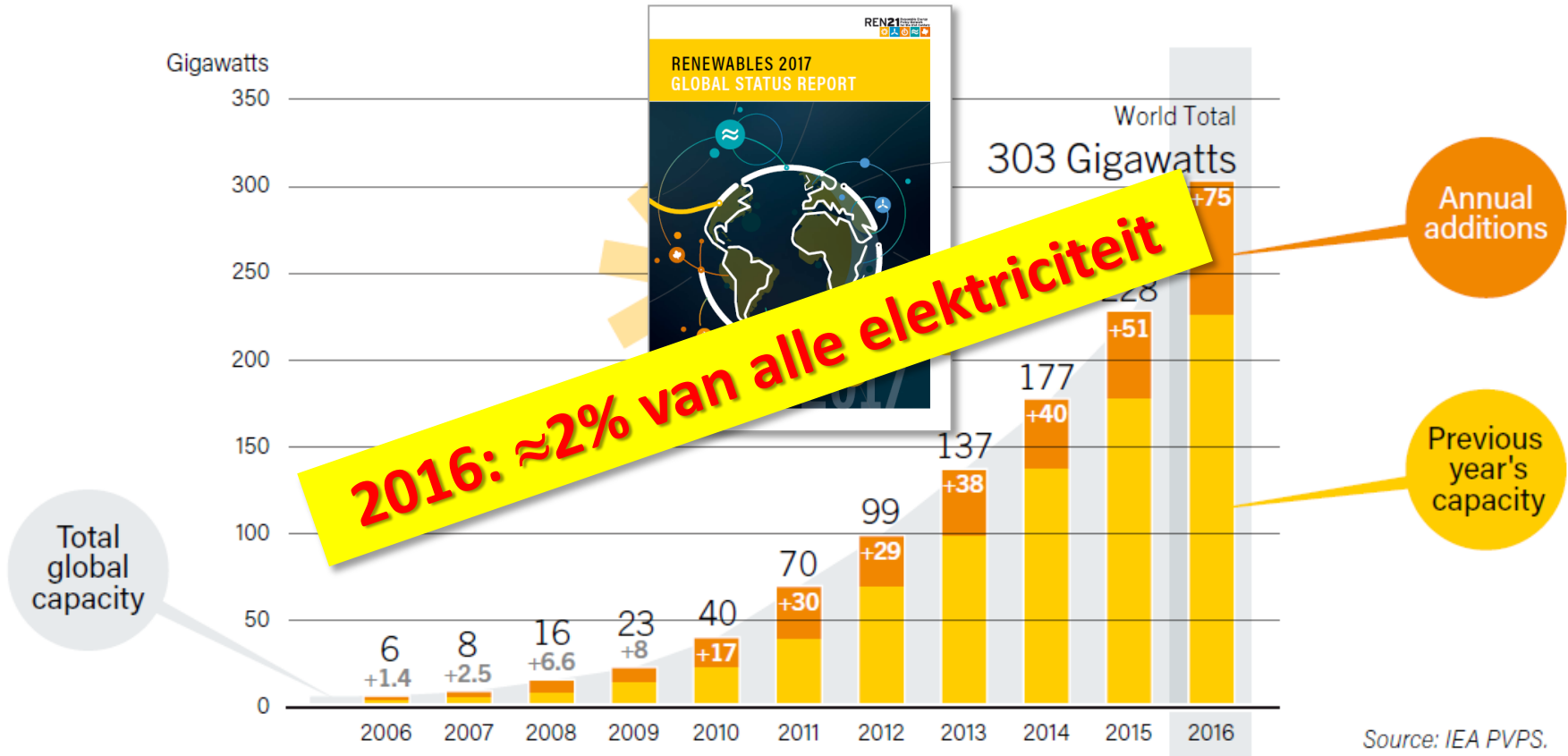


Markt

Mondiaal geïnstalleerd vermogen



Gemiddelde groei $\approx 50\%/jaar$ ($10.000\times$ sinds 1980)



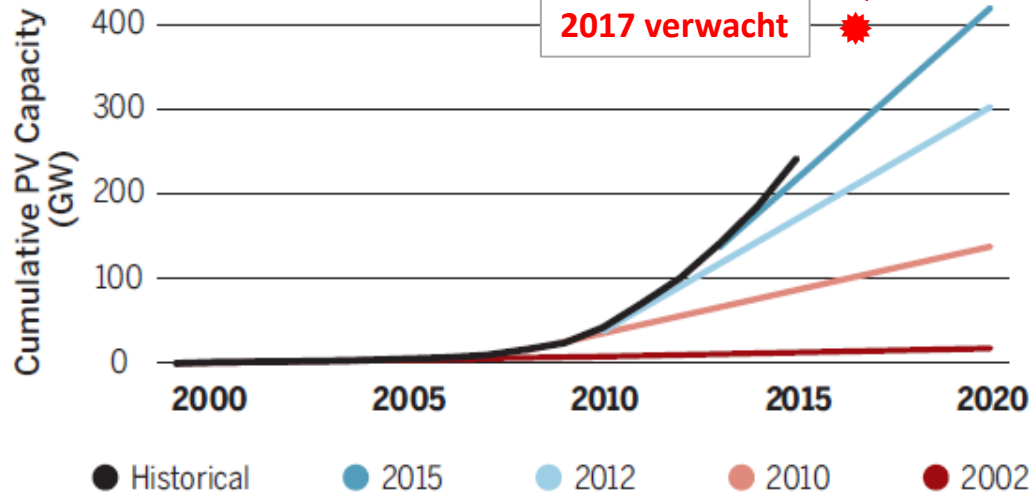
2021 verwacht: >1 TWp
(projectie Solar Power Europe)



Systematische onderschatting van de groei

Cumulative PV installations

Projected (labeled by year of IEA publication) versus actual (labeled as "historical"). See supplementary materials for data sources and discussion.



Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges

Coordinating technology, policy, and business innovations

By Nancy M. Haegel, Robert Margolis, Tonio Buonassisi, David Feldman, Armin Froitzheim, Raffi Garabedian, Martin Green, Stefan Glunz, Hans-Martin Henning, Burkhard Holder, Izumi Kaizuka, Benjamin Kroposki, Koji Matsubara, Shigeru Niki, Keiichiro Sakurai, Roland A. Schindler, William Tumas, Eicke R. Weber, Gregory Wilson, Michael Woodhouse, Sarah Kurtz

N.M. Haegel et al., Science, Vol. 356, Issue 6334, 141-143 (2017)

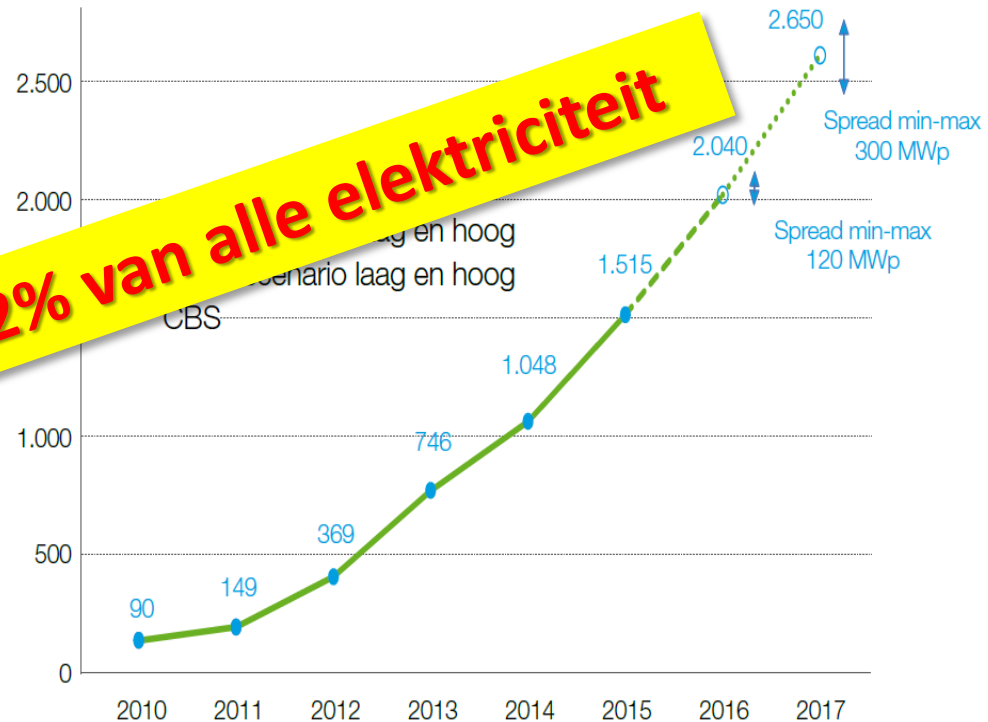
Geïnstalleerd vermogen NL

Gemiddelde groei >50%/jaar

Figuur 4 | Geïnstalleerd vermogen zonnepanelen in Nederland (in megawattpiek, MWp) (bron: Polder PV / CBS)



2016: ≈2% van alle elektriciteit



Kosten

Game-changing kostenverlaging



Bloomberg

Markets

Tech

Pursuits

Politics

Opinion

Businessweek

Sign In
Subscribe

and Wind Have Beaten **Solar ~~Could Beat~~ Coal to Become the Cheapest Power on Earth**

by **Jessica Shankleman** and **Chris Martin**

January 3, 2017, 1:00 AM GMT+1 *Updated on* January 3, 2017, 1:16 PM GMT+1

- Global average solar cost may fall below coal within 10 years
- Countries from Saudi Arabia to Mexico planning auctions

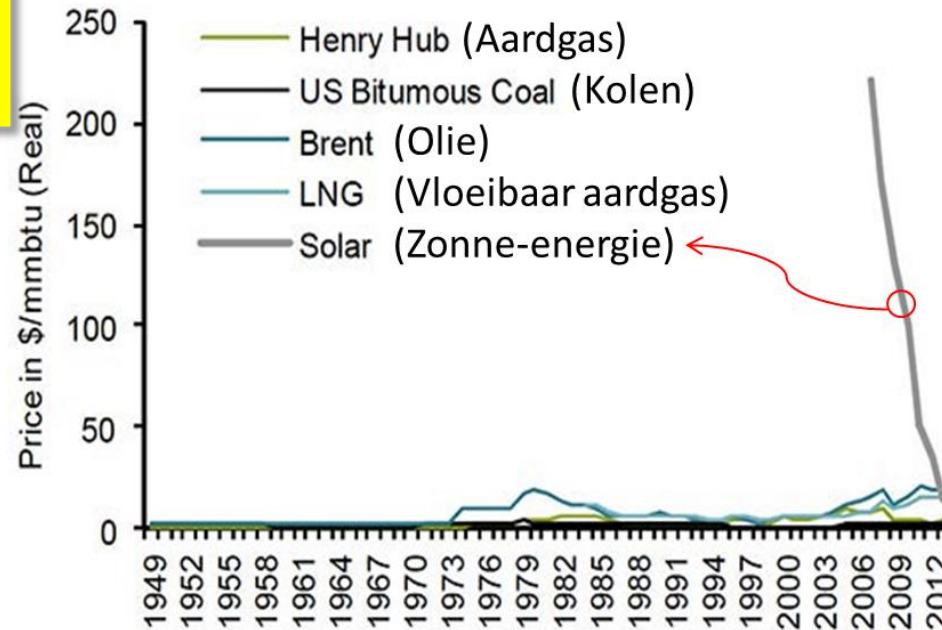
**FINANCE 101
FROM
BLOOMBERG.**

Game-changing kostenverlaging

Laagste offerte zonnestroom
wereldwijd tot nu toe:
2 ¢/kWh

Welcome to the Terrordome...

www.bloomberg.com/news
(29 oktober 2014)



1 mmbtu $\approx$ 300 kWh

G

[Home](#) [About](#) [Contact](#) [Advertise](#) [Donate/Subscribe](#) [Jobs Board](#) [Governments & Companies](#) [Glossary](#)

[Solar](#) [Storage](#) [Renewables](#) [Energy Markets](#) [Climate](#) [Community](#) [Interviews](#) [Press Releases](#)

Laagste offert
wereldwijd
2 ¢/



Solar heads to 1c/kWh before 2020 after Mexico sets record low 18

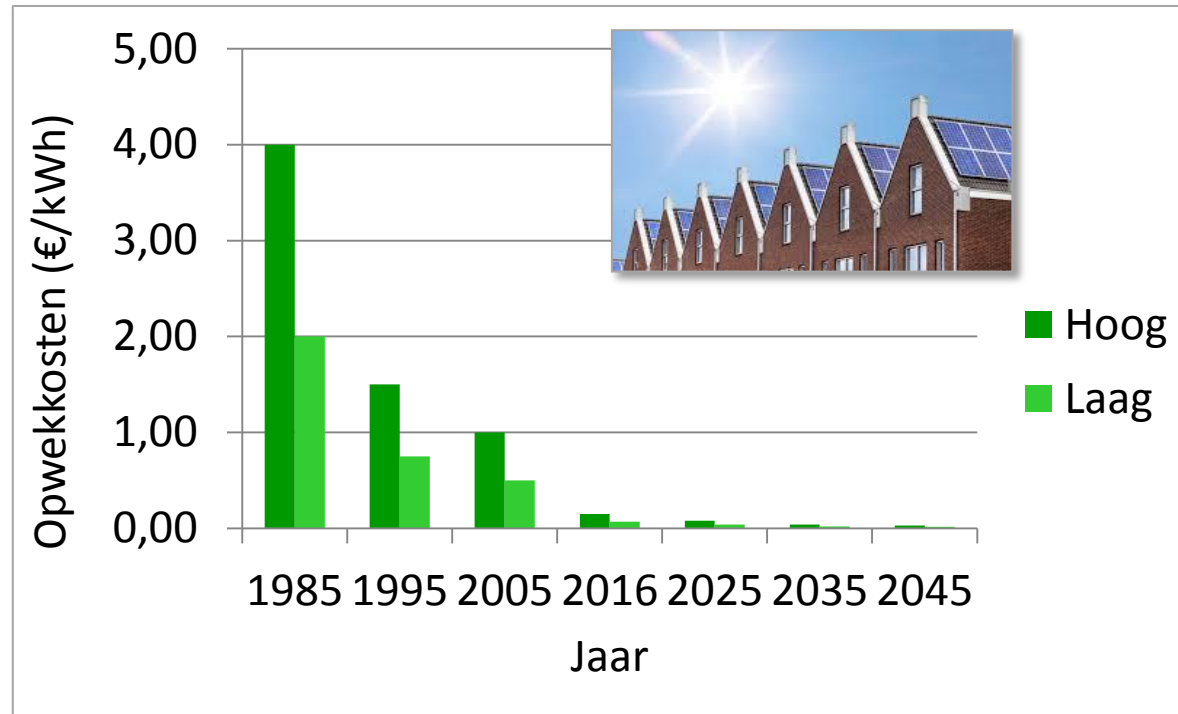
By Giles Parkinson on 20 November 2017

Australia's leading solar researcher Dr Martin Green predicted just a few months ago that the cost of solar would fall to around 1c/kwh by the mid 2020s. He now expects he will not have to wait that long.



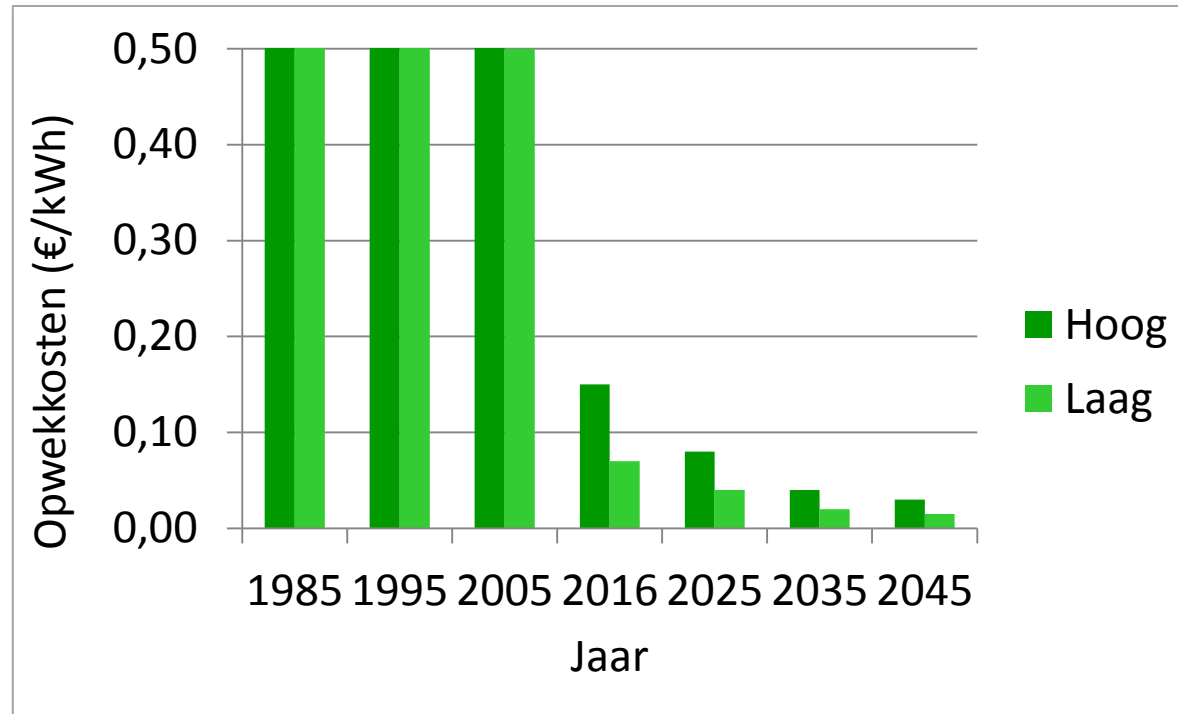


Ontwikkeling opwekkosten zonnestroom^{*)} (NL)



^{*)} Indicatief, voor diverse systeemgroottes en -typen en financieringsmodellen

Ontwikkeling opwekkosten zonnestroom^{*)} (NL)



^{*)} Indicatief, voor diverse systeemgroottes en -typen en financieringsmodellen

De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*

Naar aantrekkelijke oplossingen voor elk gebruik: keuze creëren en benutten



De bouwstenen

Vorm
Maat
Kleur/patroon
Textuur
Flexibiliteit
Gewicht

De systemen

Grondgebonden
Op water
Geïntegreerd
Ontwerp/lay-out
Monofunctioneel
Multifunctioneel
Draagconstructie

Flexibiliteit in vorm



Julianadorp, NL
Photo Paul Pex



<http://energieanders.nl/trienergia-driehoek-paneel-100wp-detail>

Kleur: een nieuwe dimensie in zonnestroom



Kromatrix - Kameleon Solar)

Zonne-energie ontmoet Dutch Design

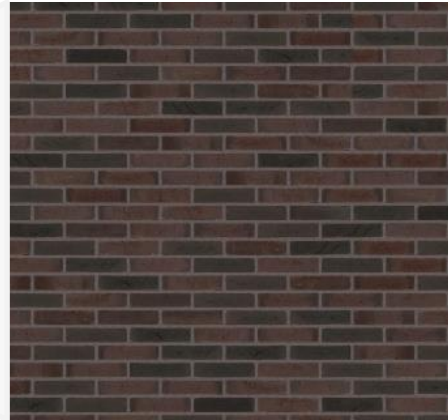


TKI Urban Energy
project ***Dutch Solar***
Design: ECN, UNStudio,
TS Visuals, Aldowa,
Design Innovation Group
Group en Hogeschool
van Amsterdam.

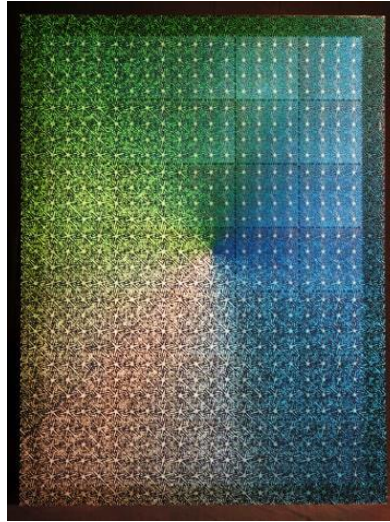
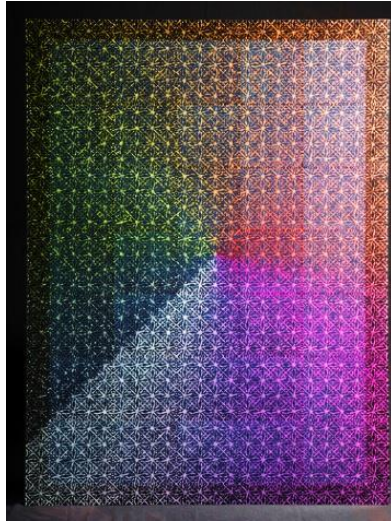
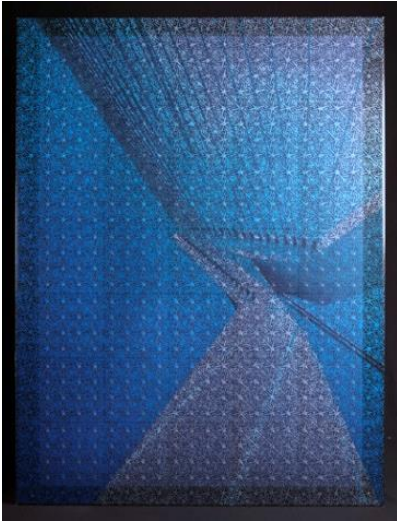
<http://www.dsd-pv.nl/>



Modules met elk gewenst uiterlijk



Modules met elk gewenst uiterlijk



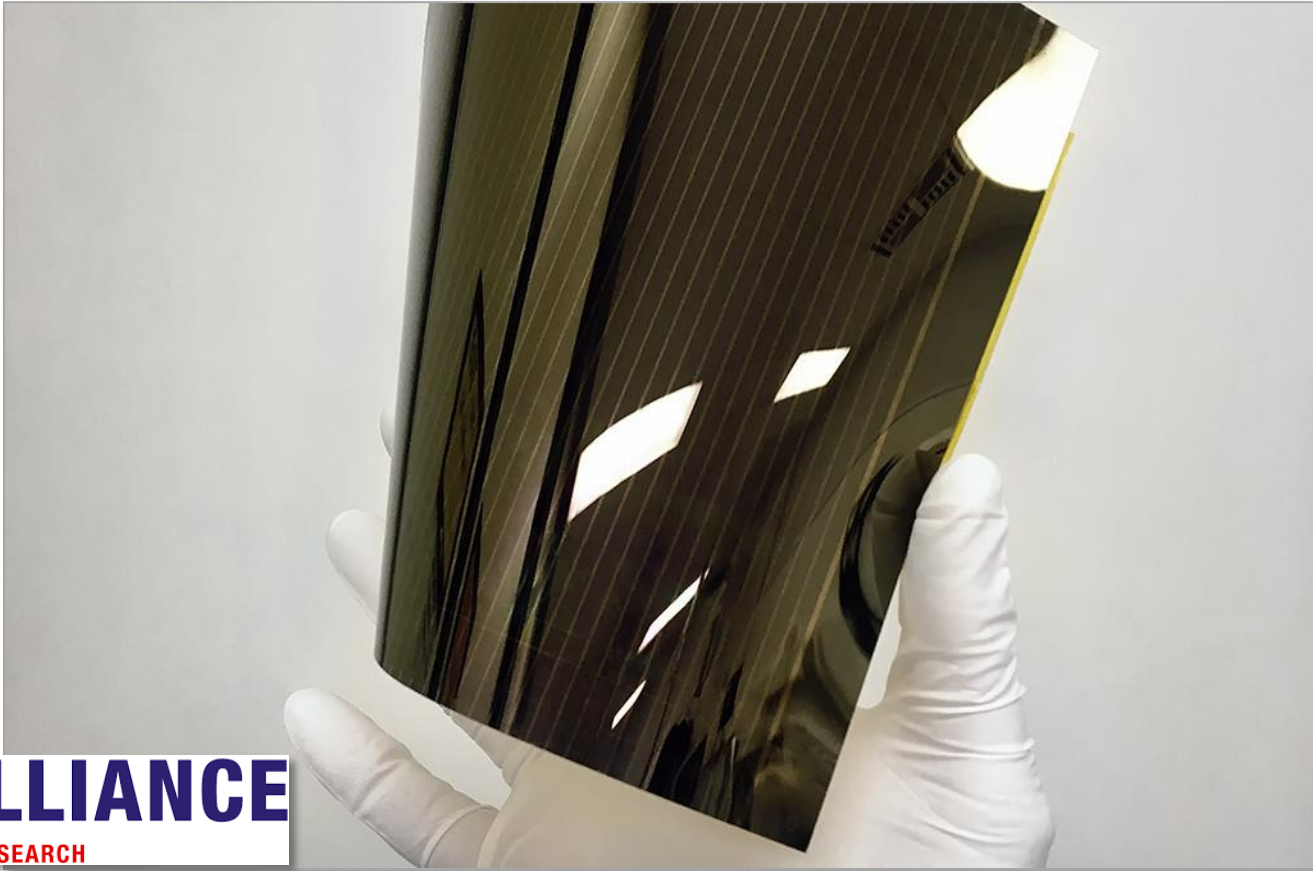
Opbrengstverlies veelal 10~30%_{rel}

Flexibiliteit letterlijk genomen



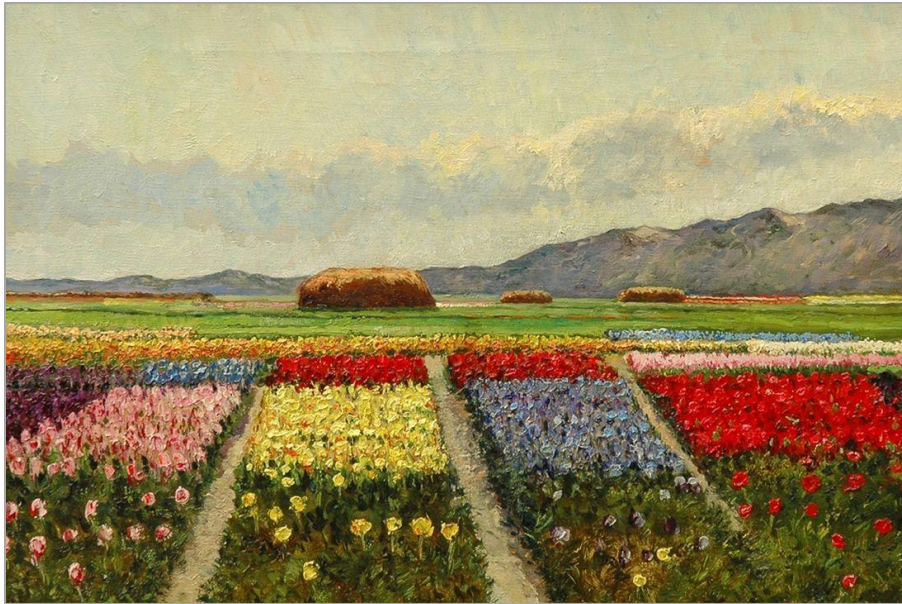
HyET Solar (NL) / BrummenEnergie

Flexibiliteit letterlijk genomen



SOLLIANCE

SOLAR RESEARCH

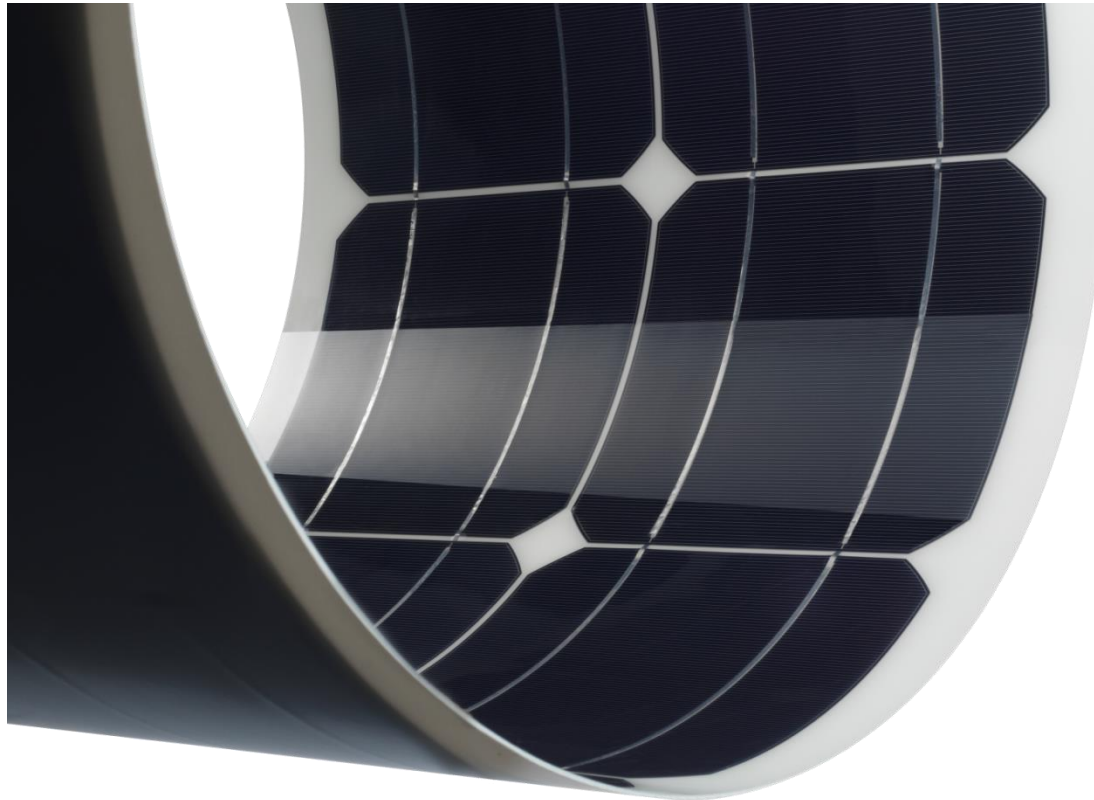


Leo Grijseels, Bollenvelden achter de duinen
(<http://www.simonis-buunk.nl/>)

Artist impression Posad (posad.nl)



Flexibiliteit letterlijk genomen



Kameleon Solar

Dit is goed voor het klimaat,
maar kan (en voor de toekomst: moet) mooier

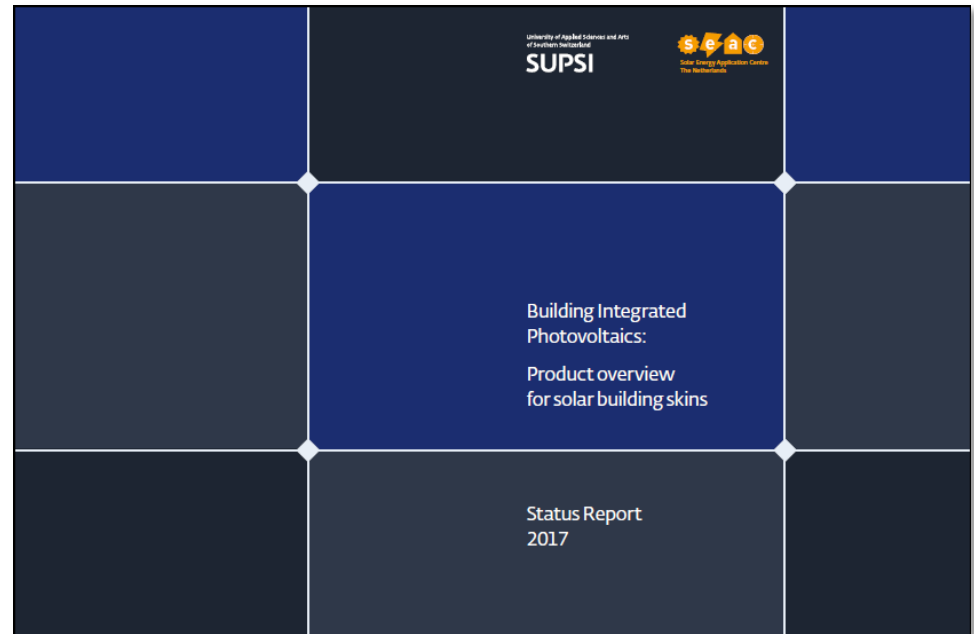


Schoon & schoon

Heijmans/AERspire



ZEP BV

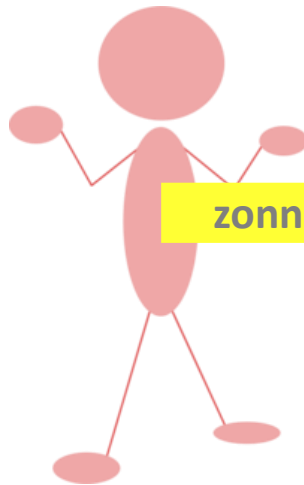


https://www.seac.cc/wp-content/uploads/2017/11/171102_SUPSI_BIPV.pdf

Design en kosten van zonnestroom

Vergelijking met de modewereld

Haute couture



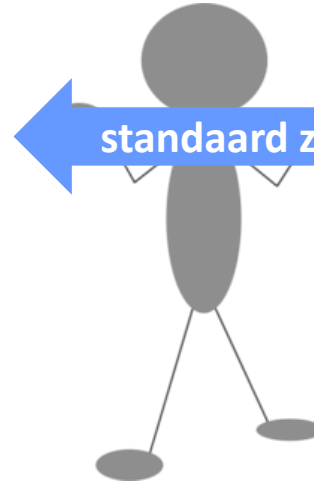
Merk

Prêt-à-porter



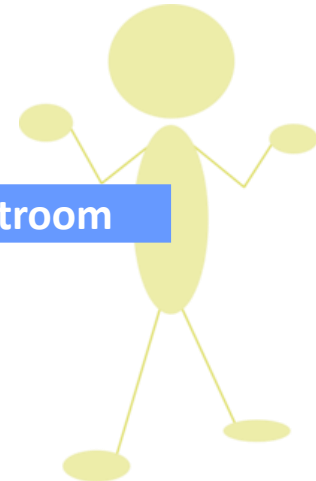
Merk & kosten

Confectie



Kosten & gemak

Bulk

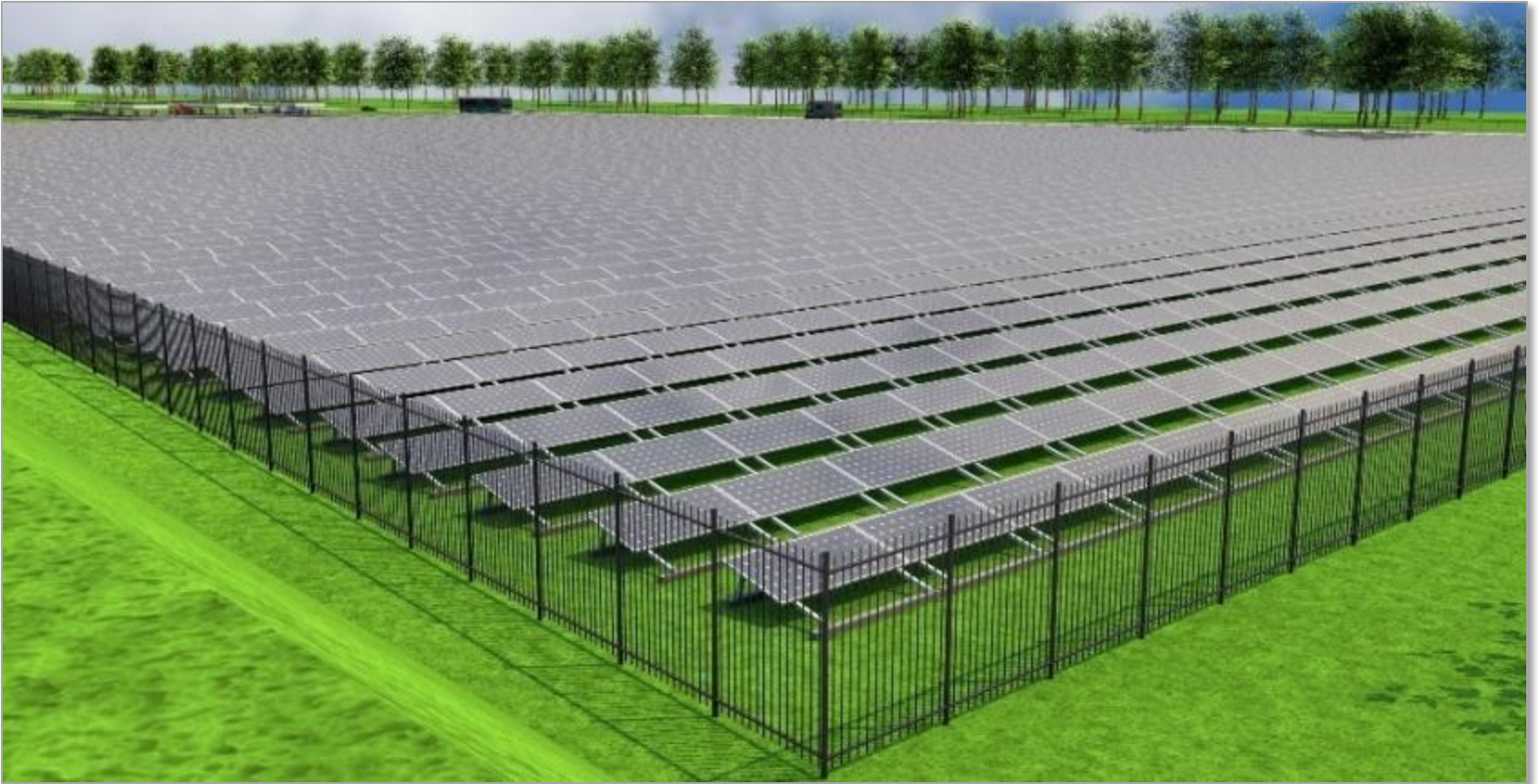


Kosten

zonnestroom "op maat"

standaard zonnestroom

Dit is goed voor het klimaat,
maar kan (en voor de toekomst: moet) mooier



Pionieren met (meer) integraal ontwerp en meerdere functies: De Kwekerij



<http://nlsolarparkdekwekerij.nl> (Hengelo, Gelderland)



Pionieren met (meer) integraal ontwerp en meerdere functies: The Solar Strand



Concept: Walter Hood, Buffalo University, USA



SolaRoad – Consortium TNO, Provincie Noord-Holland, Dønniq en Strukton (project Krommenie)

Artist impression A37, IAA Architecten



Artist impression A37, IAA Architecten



Artist impression A37, Studio Marco Vermeulen





1 Technischer Eigenverbrauch
zukünftig mit Energiespeicher

2 Direktvermarktung an
naheliegende Wohnsiedlung

3 Energieeinspeisung
ins Strom- und Gasnetz

Fraunhofer ISE (DE)



Solar sharing Power Plant Oo (Tsukuba, Japan)





Eerste geluidswal met tweezijdig
werkende panelen in Münsingen, CH
(TNC, 1997)



Zon op water



Demo op het IJ (Sunfloat, Tempres, ECN)



Testlocatie Nationaal Consortium Zon op Water,
De Slufter, Maasvlakte, Rotterdam
(systemen van Texel4Trading, wattco, SunProjects en
Sunfloat)

Naar aantrekkelijke oplossingen voor elk gebruik: van kosten naar waarde



- Wat hebben we nodig?
 - Aansprekende voorbeelden met draagvlak, ook als ze duurder zijn
 - *Launching customers* voor schaalgrootte bij productie en installatie
 - Monitoring en nazorg

De verhaallijn

- Klimaat, urgentie en ambitie
- De energietransitie
- De spectaculaire ontwikkeling van zonne-energie
- Van *one size fits all* naar flexibel maatwerk
- *The end game*

Lage kosten maken nieuwe toepassingen mogelijk: meer dan elektriciteit alleen

- Solar (of Wind) Power2X:

elektriciteit → licht, kracht, apparatuur, etc.

elektriciteit → warmte (lage en hoge T)

elektriciteit → brandstof

elektriciteit → water (pompen, zuiveren, ontzilten)

Van stroom naar brandstof

De eerste stap: watersplitsing

www.jr.co.il/humor/pass52.jpg (artist unknown)

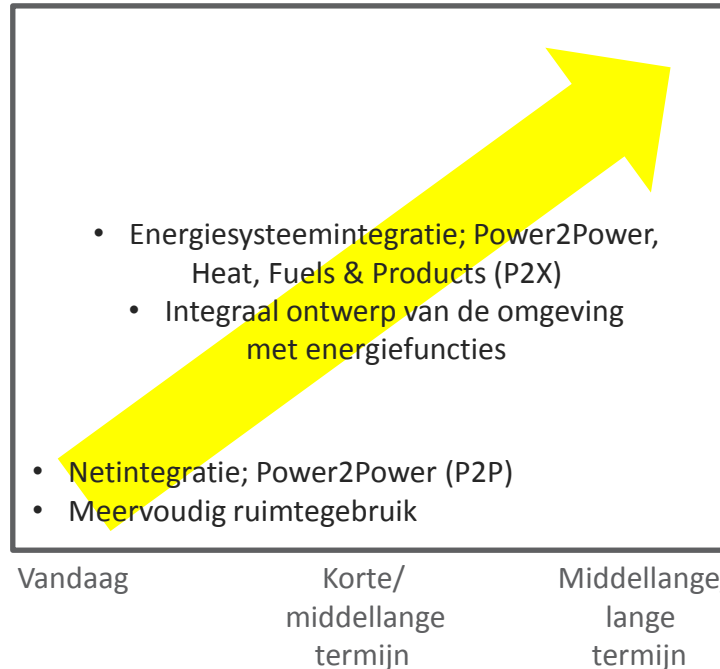


Naar impact met zonnestroom

Zonnestroom voor elektriciteit,
LT warmte, HT warmte, brandstoffen en producten:
Indicatief tot ≈ 200 GWp

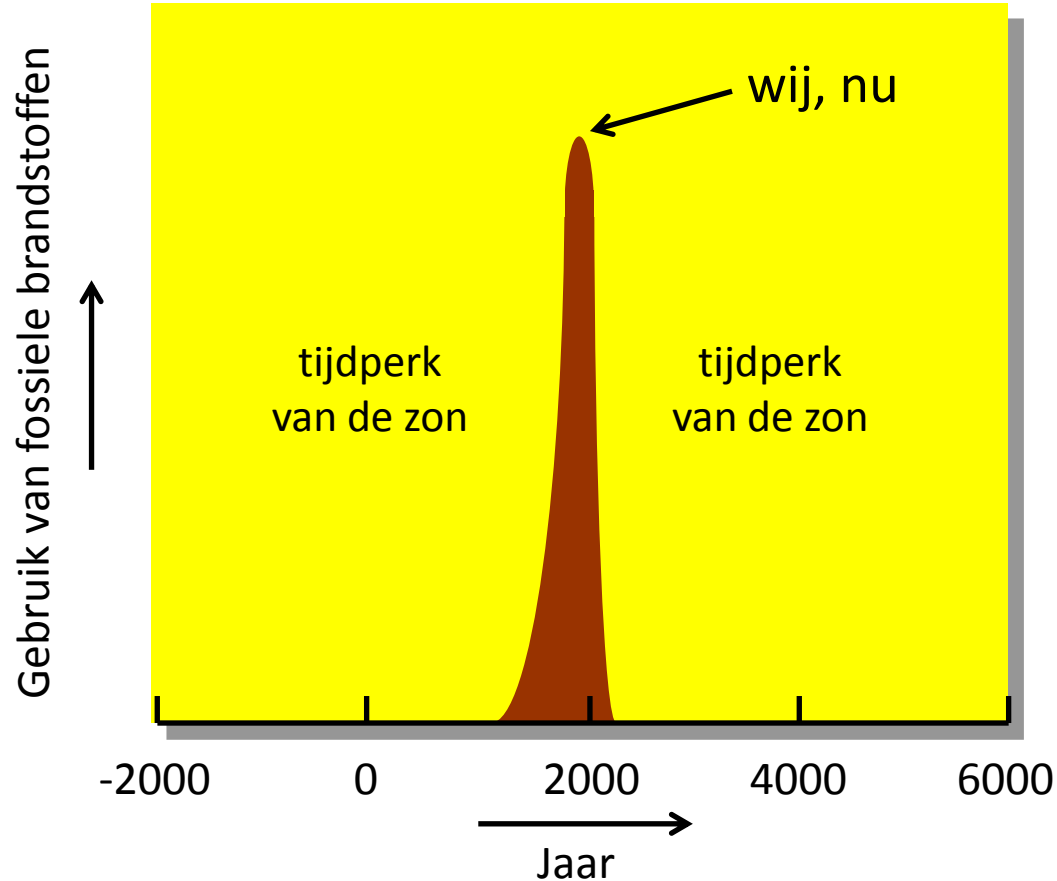
Zonnestroom voor elektriciteit,
LT warmte en HT warmte:
Indicatief tot ≈ 50 GWp

Zonnestroom voor elektriciteit:
Indicatief tot ≈ 20 GWp



Impact: zonnestroom
is een pijler onder de NL
duurzame energiehuishouding

Van zon naar zon



A photograph of two people silhouetted against a bright, low sun on the horizon. The people are in a jumping or dancing pose, with one arm raised. The sky is a gradient of orange and yellow. The text 'Dank voor uw aandacht!' is overlaid in a bold, yellow, sans-serif font, slanted upwards from left to right.

Dank voor uw aandacht!