

WOESTIJNSTROOM DE OPLOSSING!

- × Concentrated Solar Power in de hernieuwbare energiemix

Vereniging voor
ZonneKrachtCentrales

Postbus 562
2800 AN Gouda



www.zonnekrachtcentrales.nl
www.vzkc.nl

WAT KOMT ER AAN DE ORDE

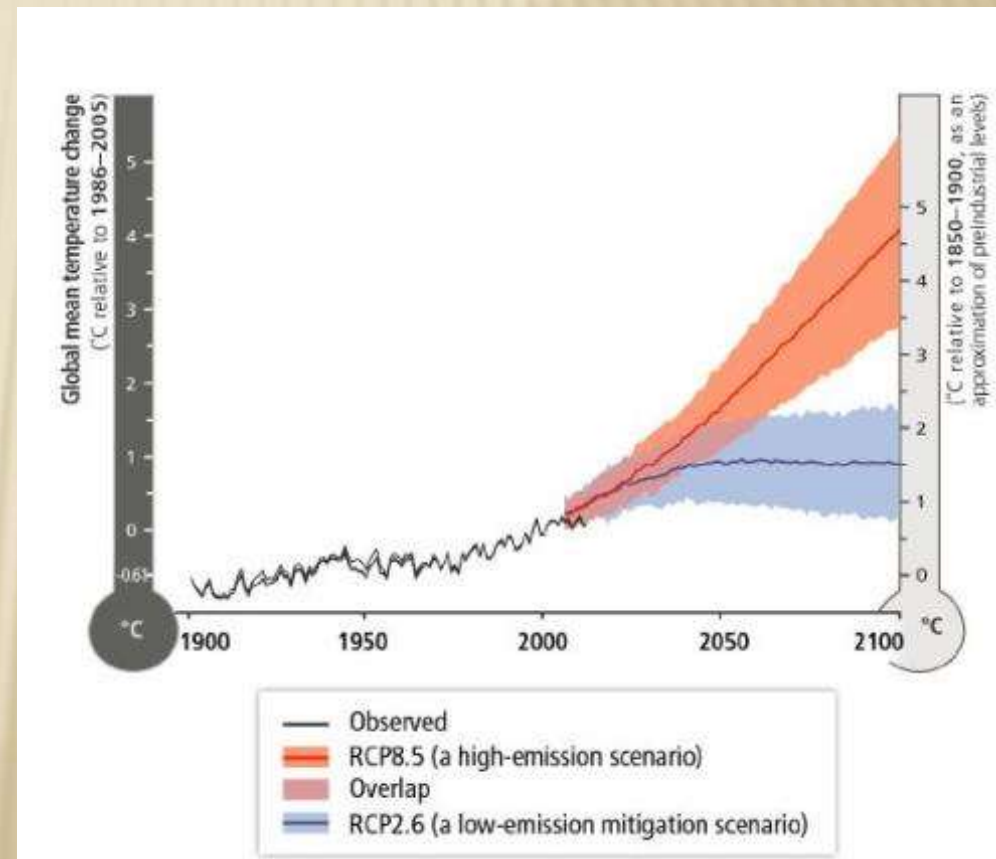
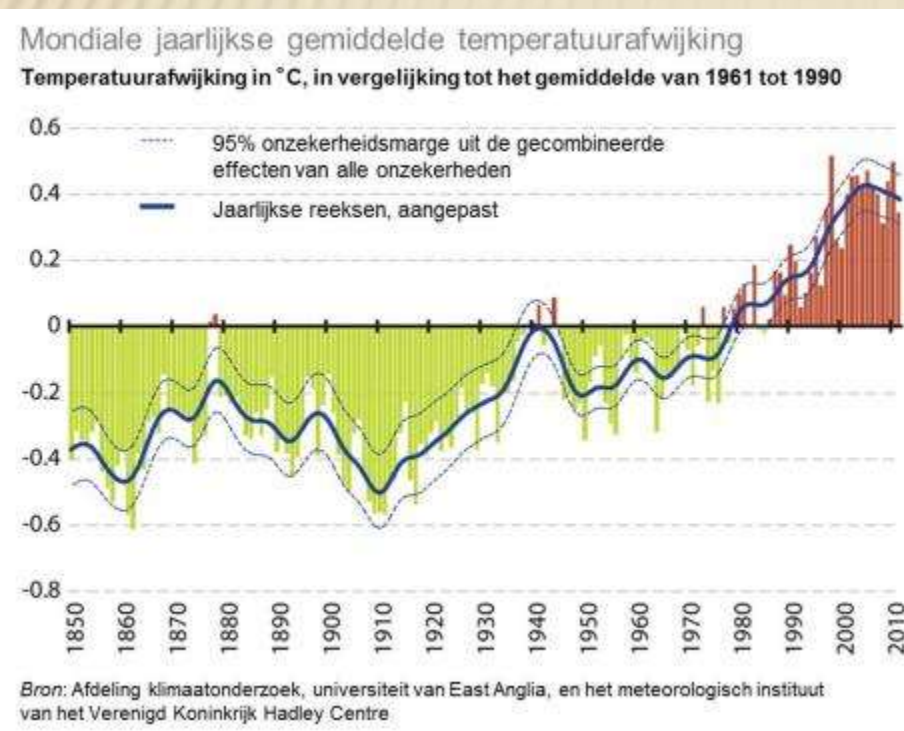
- × **Inleiding: Het probleem**
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

Inleiding: Het probleem, onze motivatie

1. Klimaatverandering
2. Milieuvervuiling
3. Energie steeds duurder
4. Afhankelijkheid

‘UITKOMSTEN KLIMAATRAPPORT DRAMATISCH’ FD

✘ Temperatuurstijging



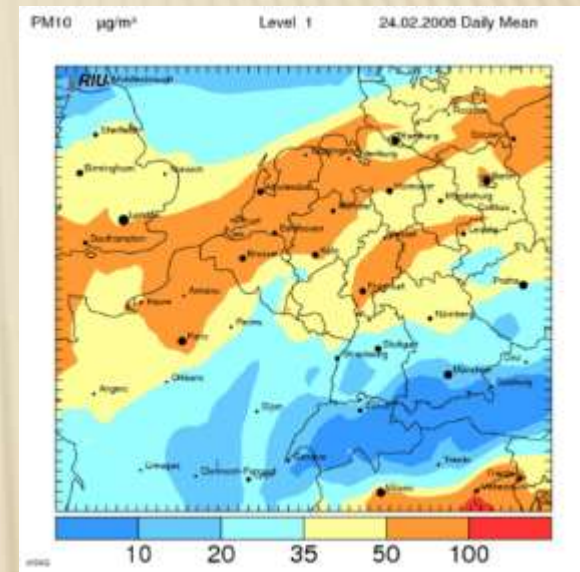




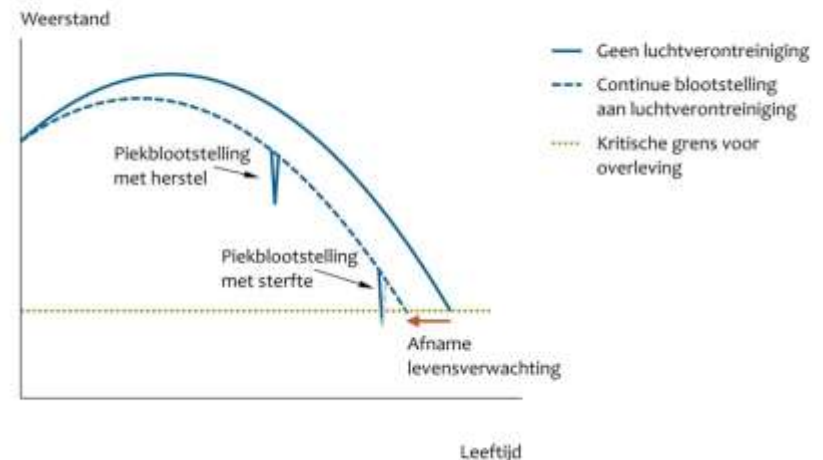


MILIEUVERVUILING: DE SLUIPMOORDENAAR: FIJN-STOF

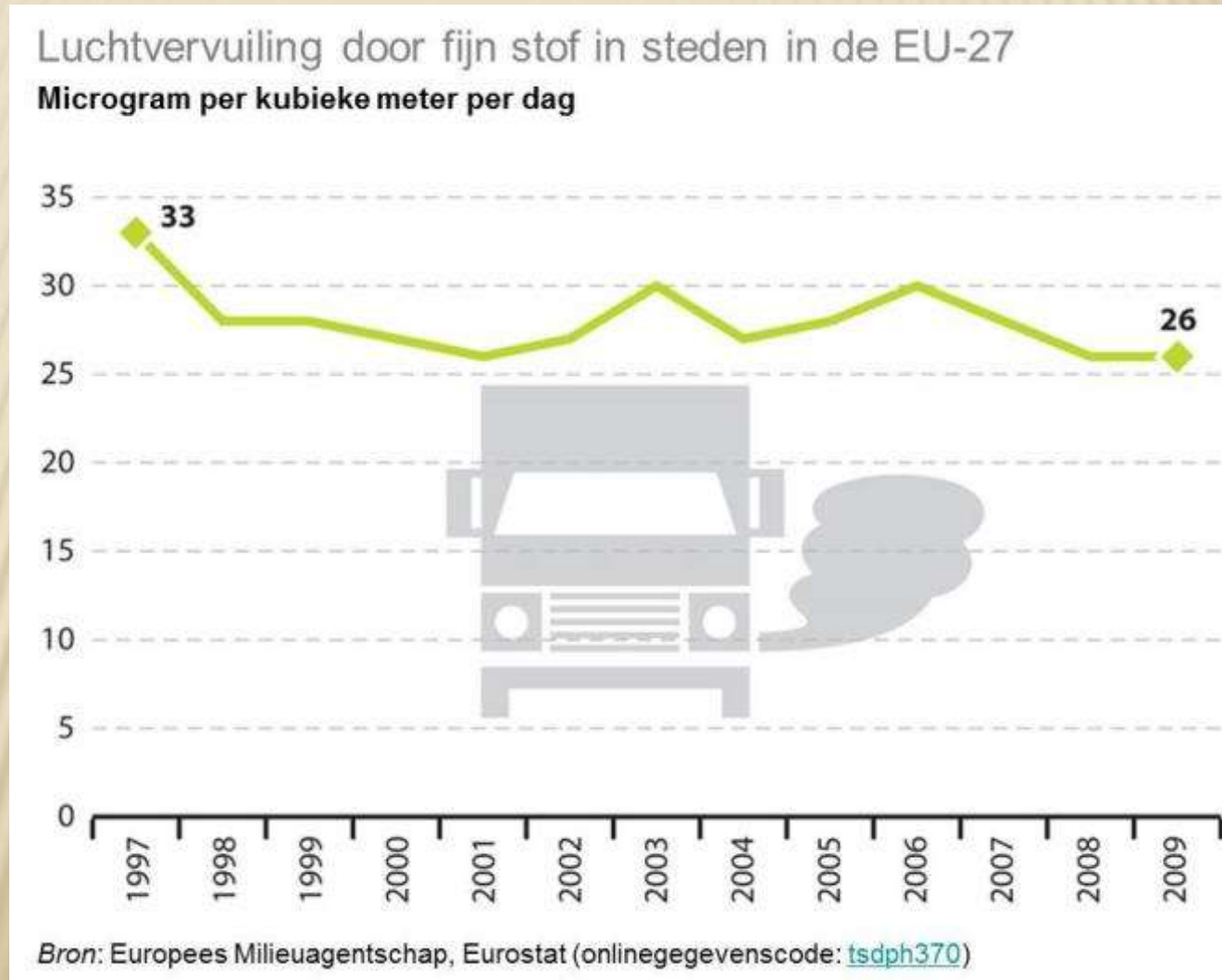
- ✘ Door fijn-stof sterven jaarlijks 20.000 mensen voortijdig. (RIVM)
- ✘ De maatschappelijke kosten zijn zeker 5 miljard per jaar (CE-Delft)
- ✘ De normen voor fijn-stof zijn in Europa 40 μg voor PM_{10} en 25 μg voor $\text{PM}_{2,5}$
- ✘ Volgens de WHO zouden ze 20 μg resp. 10 μg moeten zijn.



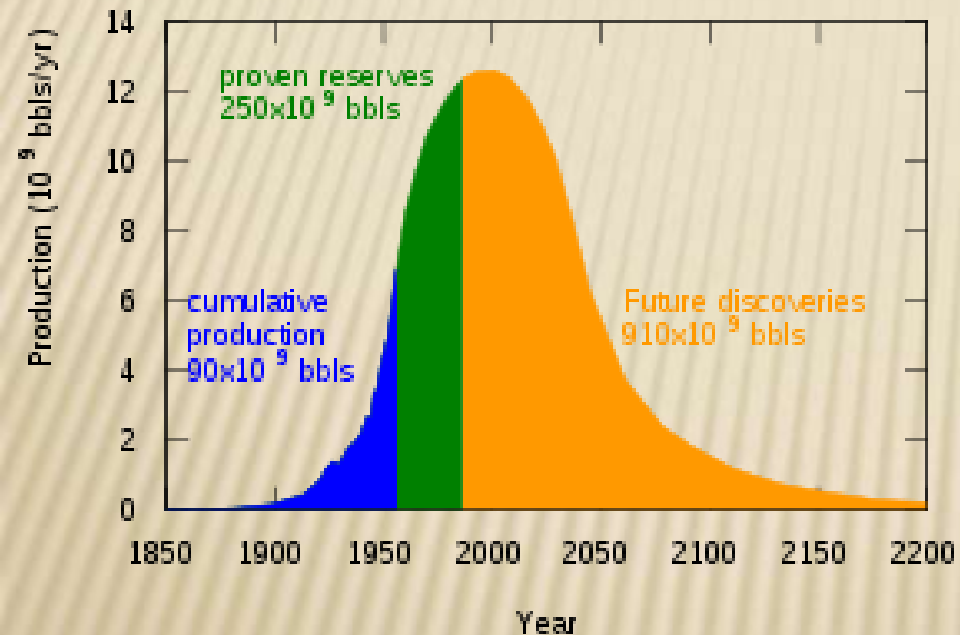
Gezondheidsconditie als functie van leeftijd



MILIEUVERVUILING: LUCHTVERONTREINIGING DOOR FIJN STOF



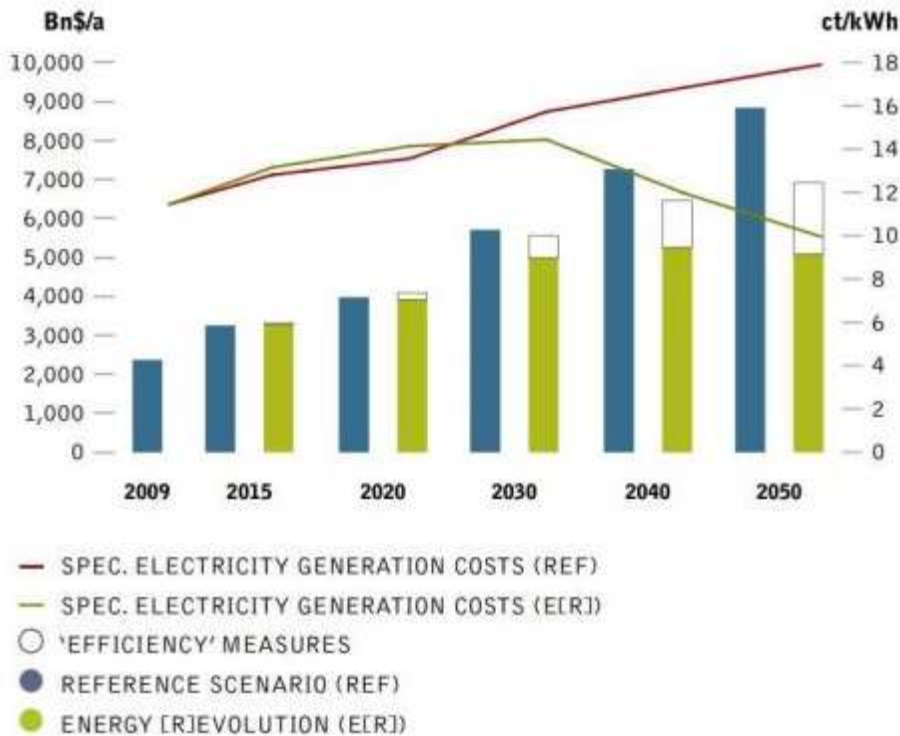
ENERGIE STEEDS DUURDER



- Conventionele olie wordt schaarser (vroeger was 1/40 deel nodig voor de winning)
- Schaliegas (1/5 deel van de energie nodig voor de winning)
- Teerzanden (1/3 deel nodig voor de winning)
- Oliewinning in Arctisch gebied?
- Gevolg: **Prijzen stijgen**

VERWACHTE PRIJSONTWIKKELINGEN – GLOBAL ENERGY [R]EVOLUTION

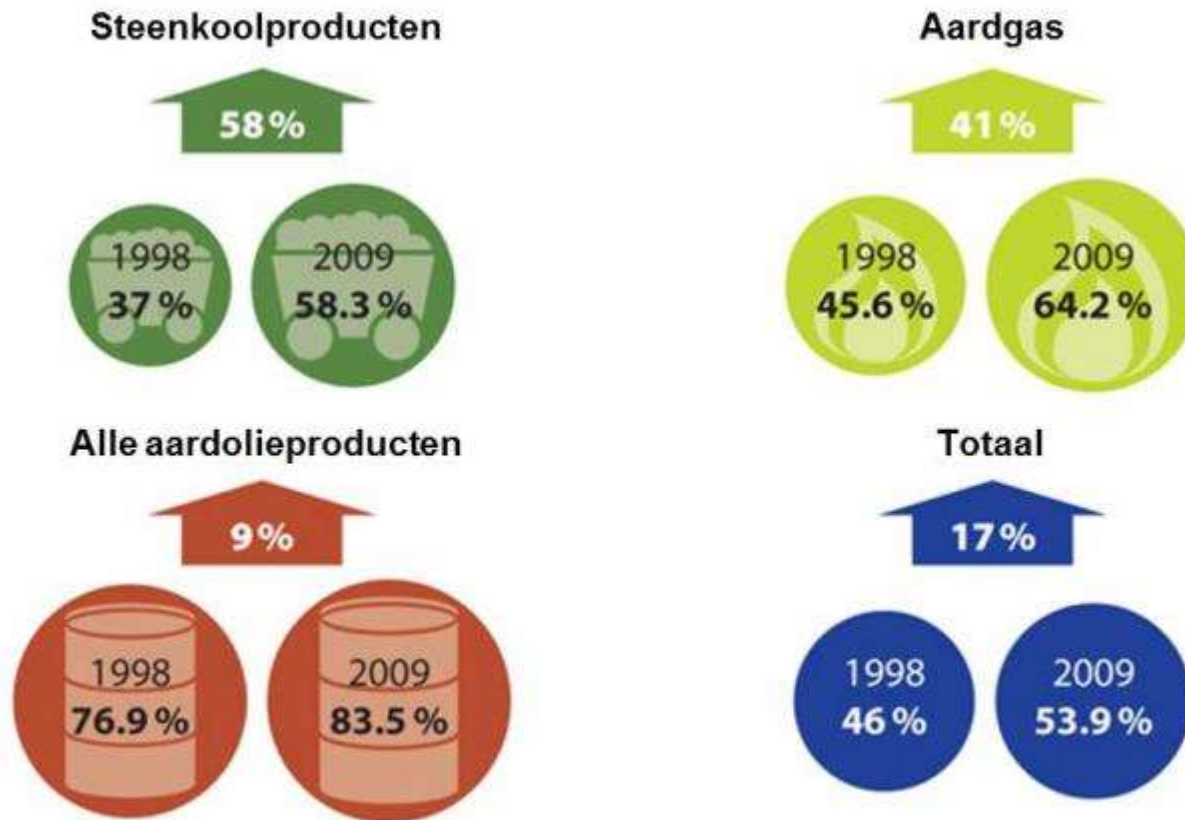
figure 5.7: global: total electricity supply costs and specific electricity generation costs under two scenarios



- Verwachte prijsontwikkeling fossiel (bruine lijn)
- Verwachte prijsontwikkeling hernieuwbaar (groene lijn)
- Linker as investeringen
- Rechter as kosten in dollarcenten per kWh
- Verwachting tot 2025 hernieuwbaar iets duurder, daarna fors goedkoper

ENERGIE-AFHANKELIJKHEID VAN DE EU-27

Energieafhankelijkheid van de EU-27



N.B.: 'Totaal' is niet het gemiddelde van de andere drie getoonde categorieën. Het omvat ook andere energiebronnen als hernieuwbare energie of kernenergie, die als interne energiebronnen worden beschouwd

Bron: Eurostat (onlinegegevenscode: [tsdcc310](#))

- × Inleiding: Het probleem
- × **principe CSP centrales**
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

ZONNEKRACHT CENTRALES

CONCENTRATED SOLAR POWER

× CSP het principe

- × Concentreer het zonlicht
- × Vang de warmte op
- × Maak er stoom mee
- × Drijf er een turbine mee aan
- × Dit geldt voor alle vormen van CSP behalve voor de Paraboolspiegels die met een sterling motor werken en rechtstreeks elektriciteit maken

CONCENTRATING (THERMAL) SOLAR POWER (CSP)

Vier types

- × - De Trogspiegel
- × - De toren met heliostaatspiegels
- × - De paraboolspiegel
- × - De Fresnelspiegel

ZONNEKRACHT CENTRALES

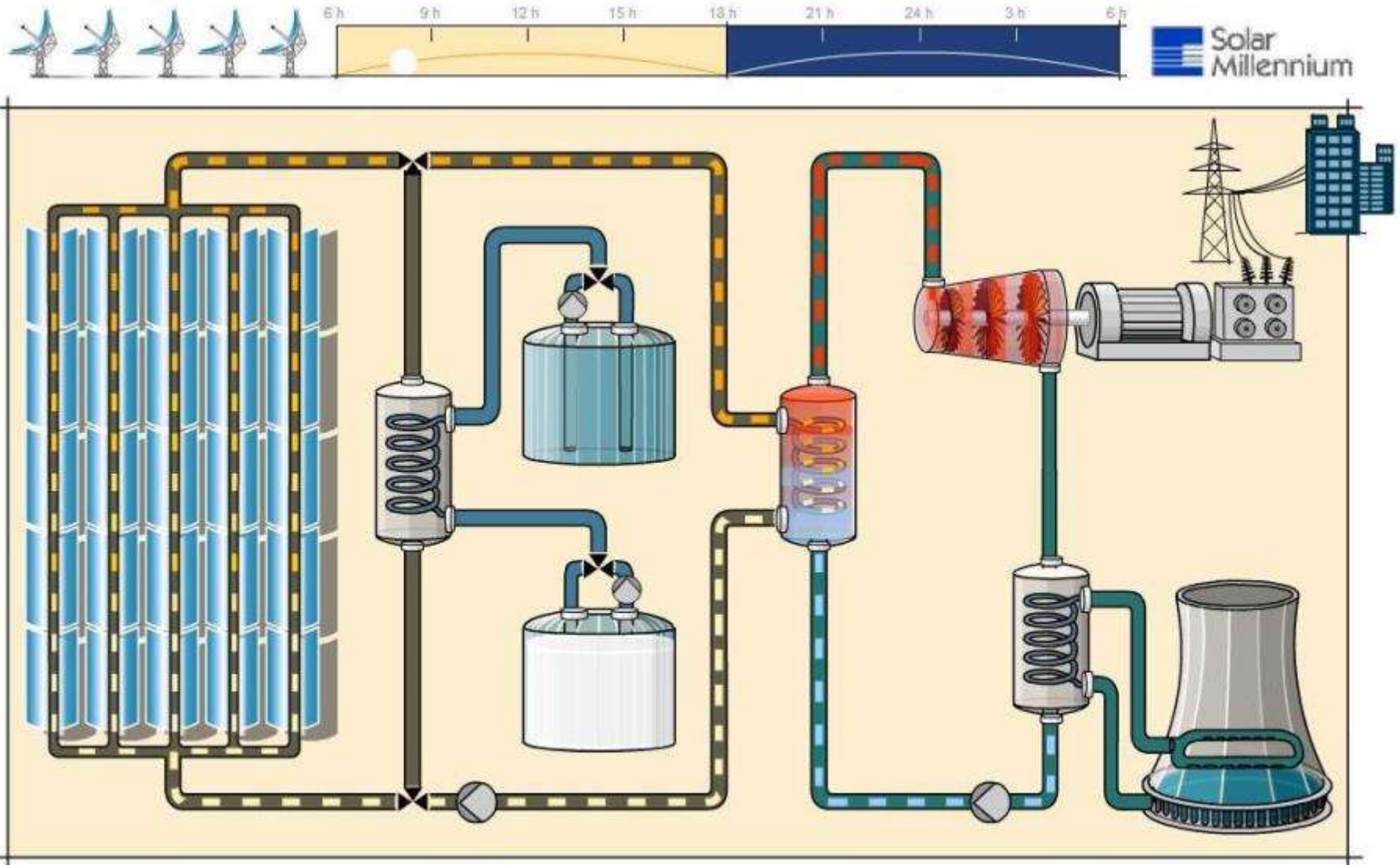
TROGSPIEGELS



CSP TROGSPIEGEL MET DE RECEIVER

- × Licht wordt geconcentreerd op een metalen buis.
- × De buis is omgeven door een (dubbelwandige) vacuüm glas
- × Het glas heeft een coating die warmte terugkaatst.
- × Door de buis stroomt (minerale) olie die tot 400 °C verwarmd wordt.





's Ochtends
Opwarmfase

Na zonsopgang beginnen de collectoren de zon te volgen. De paraboolvormige spiegels concentreren de zonnestrallen op de absorptiebuis, waardoor een hittebestendige synthetische olie als warmtedrager circuleert. Deze geeft de thermische energie in de stoomketel af. De aldus geproduceerde stoom drijft een turbine aan, en de aangesloten generator wekt electriciteit op.

CSP Toren met heliostaten: de PS 20 Sevilla

- × Torens met “vlakke” spiegels erop gericht
- × Heliostaat = zonvolger





GEMASOL SEVILLA 2011 – 15 UUR OPSLAG



Zonnekrachtcentrales

- × De Paraboolspiegel
- × Suncatchers met sterlingmotor



SUNCATCHER (PARABOLISCHE SPIEGEL)

- ✘ Claimen rendement van boven de 30%
- ✘ Helaas lijkt de ontwikkeling niet door te zetten
- ✘ Voordeel kan zowel kleinschalig als grootschalig toegepast
- ✘ Nadeel geen opslag





Zonnekrachtcentrales

× Fresnelspiegels

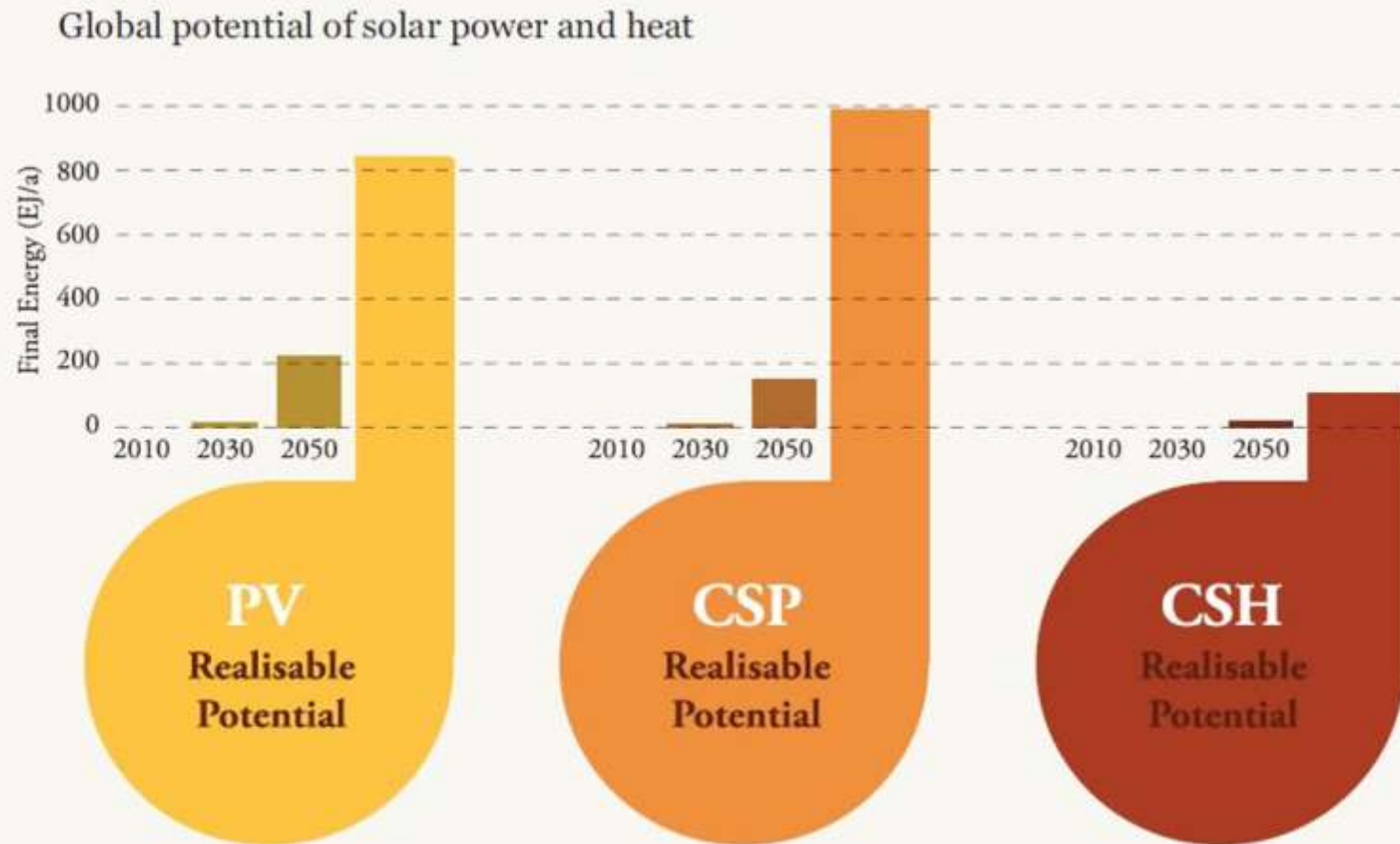


FRESNELSPIEGELS

- × In principe goedkoper want “vlakke” spiegels
- × Maar minder geconcentreerd, dus minder opbrengst
- × Minder loze ruimte tussen de spiegels, dus efficiënter grondgebruik
- × Minder gevoelig voor wind
- × Werkt vaak met directe stoom

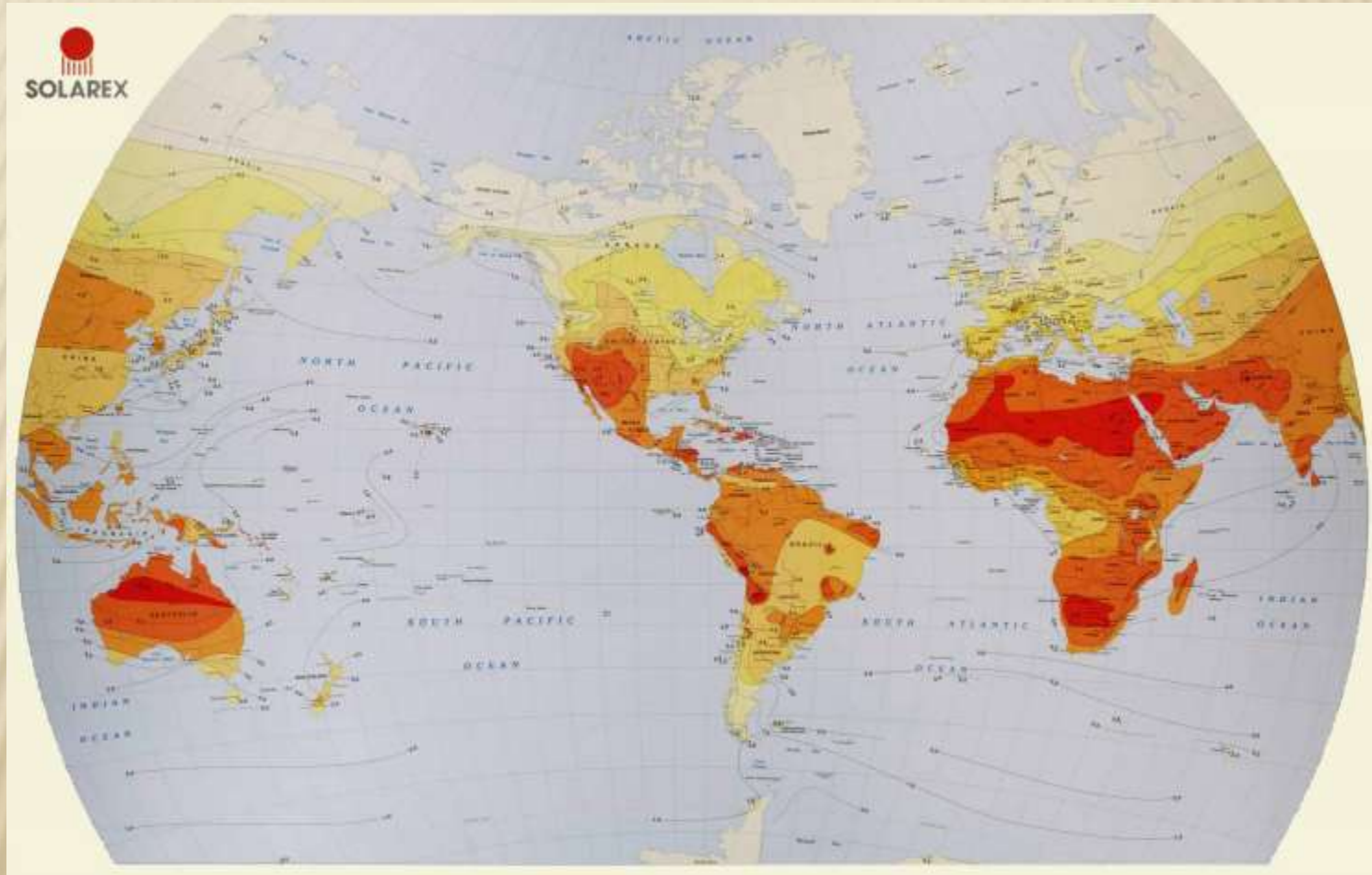
- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × **Beschikbaarheid van deze energievorm**
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

CSP IN DE ENERGIEMIX DE BESCHIKBAARHEID BRON ECOFYS



GEBIEDEN DIE GESCHIKT ZIJN

90 LANDEN 90 % WERELDBEVOLKING Hiermee bereikbaar



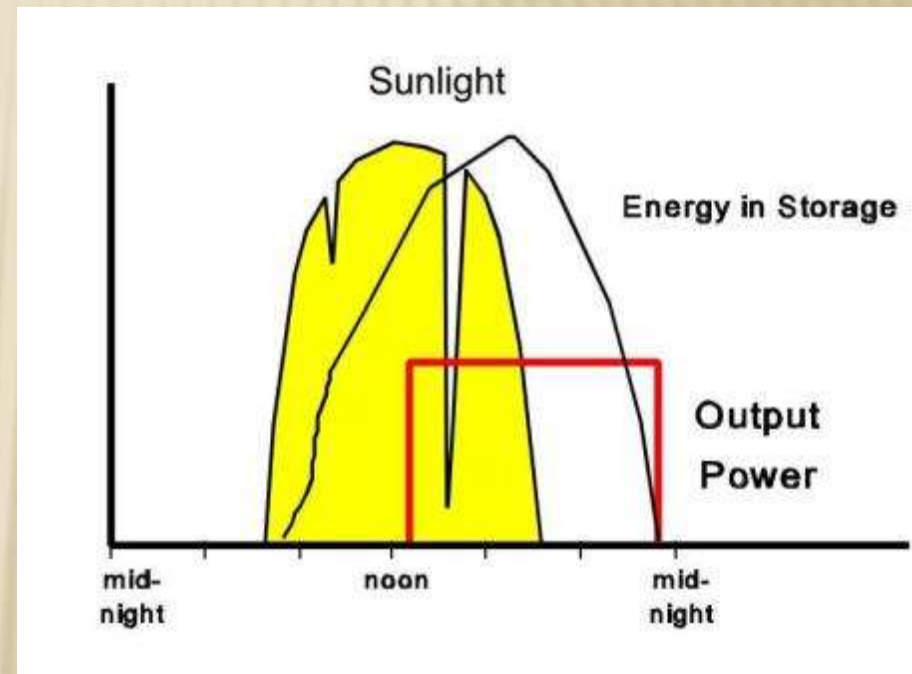
1 % OPPERVLAKE WOESTIJNEN VOLDOENDE OM DE GEHELE WERELD VAN ELEKTRICITEIT TE VOORZIEN



- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × **Opslag mogelijkheden**
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

DE VOORDELEN VAN CSP IN DE ENERGIEMIX

- ✘ Door de mogelijkheid van opslag: Elektriciteit op afroep
- ✘ CSP kan voor baseload midload of peakload dienen
- ✘ Levert stabiliteit aan het grid
- ✘ Alleen dit voordeel wordt op 3 \$ct/kWh geschat.



ZOUTOPSLAGVAT (ALTIJD TWEE)





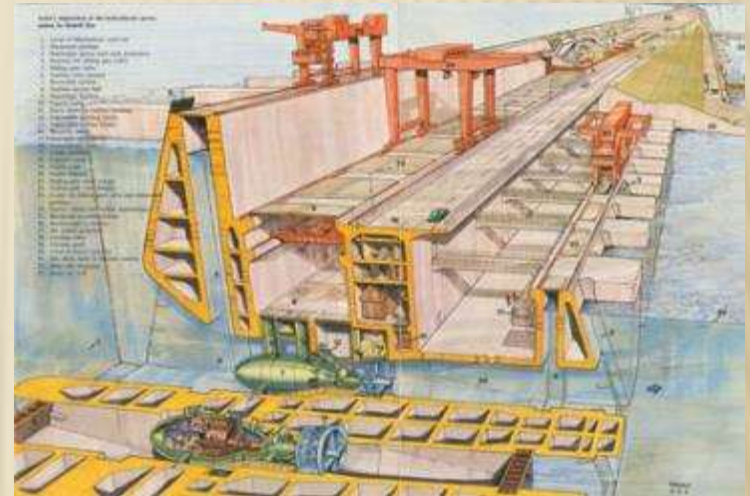
ENKELE CIJFERS VOOR TROGSPIEGELCENTRALES

SOLAR PACES 2010

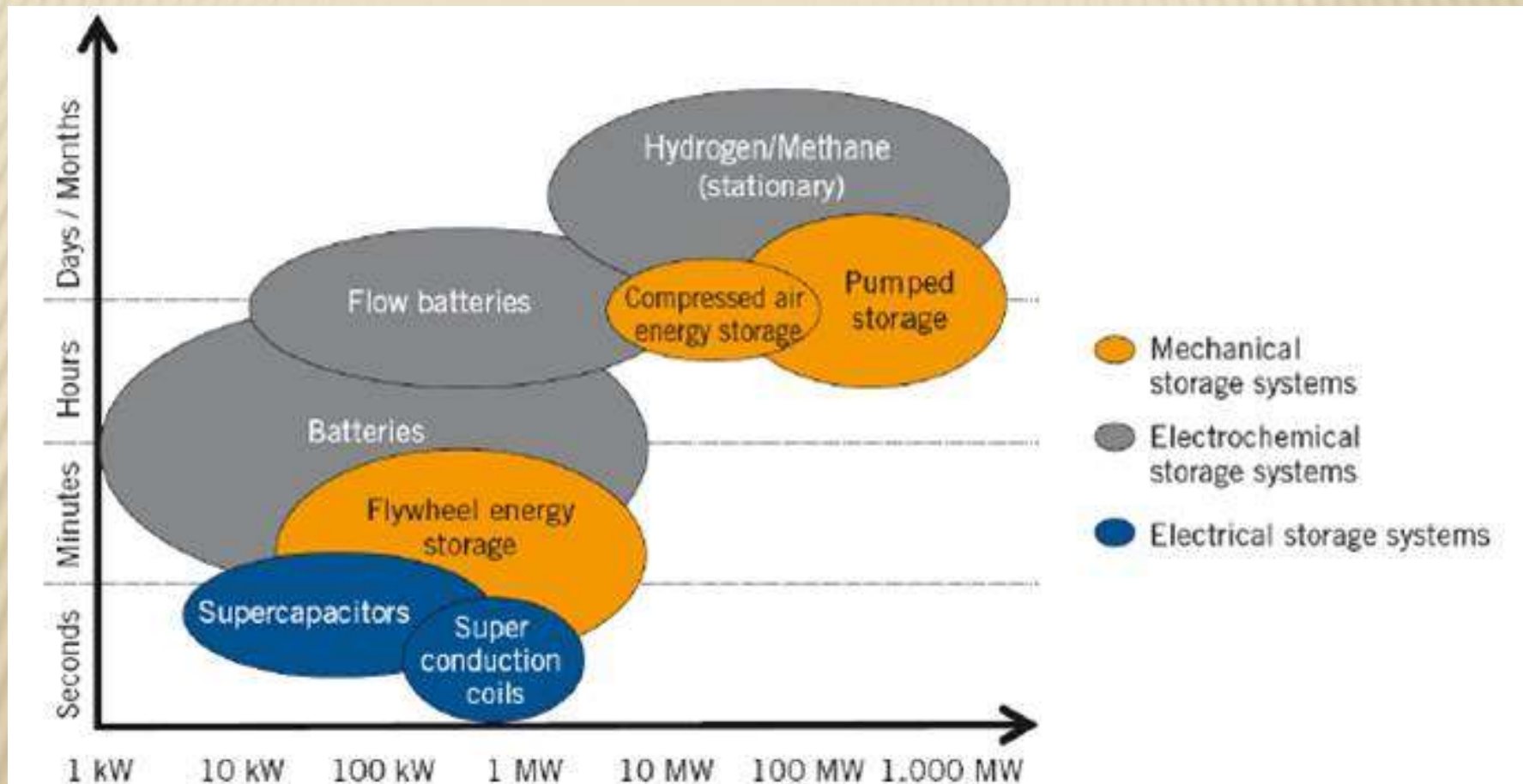
- × Uitgaande van 320 MW centrale met opslag
- × Opbrengst 1400 GWh/a
- × Investering \$ 3000/kW
- × Aantal vollasturen 4400 (capaciteitsfactor 50%)
- × Spiegeloppervlak 3,5 miljoen m²
- × Landoppervlak 12 miljoen m²
- × O&M \$ 43 kW/a
- × Watergebruik 7 miljoen m³/a?
- × Rendement solar – elektriciteit 15%
- × Opslag 10 uur
- × Kosten \$ 538 van de 3000/kW
- × Rendement opslag 99%
- × Capaciteit 10 GWh
- × \$ 20 per kWh opslagcapaciteit

VERGELIJK PLAN LIEVENSE

- ✘ Investering 2,45 miljard
- ✘ Opslag 20 GWh
- ✘ Vermogen 1500 MW
- ✘ **120 euro per kWh**
opslagcapaciteit
- ✘ Mijn auto 24 kWh
- ✘ **250 euro per kWh**
opslagcapaciteit
(incl BTW)



OPSLAG VERGELEKEN

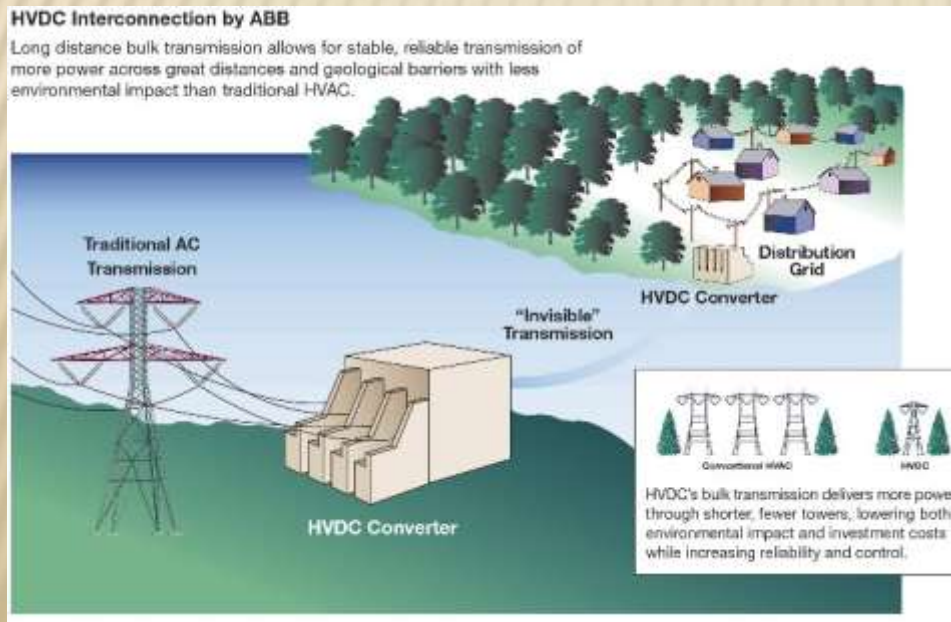


Bron: S. Ulreich, "Integrating renewables into power systems & markets", WEC, Prague, 29 Nov. 2011

- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × **Transport van de energie via HVDC**
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

Transport HVDC

- ✘ Hoogspanning gelijkspanning
- ✘ Verliezen klein: 3% per 1000km
- ✘ Neemt minder ruimte in beslag



TRANSPORT

figure 3.3: comparison of AC and DC investment costs using overhead lines. BREAK EVEN POINT IS TYPICALLY BETWEEN 500 TO 1,000 KM.

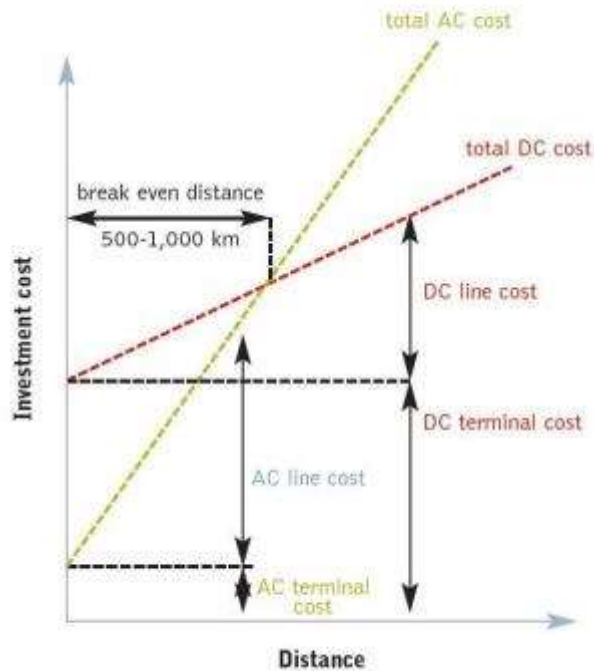
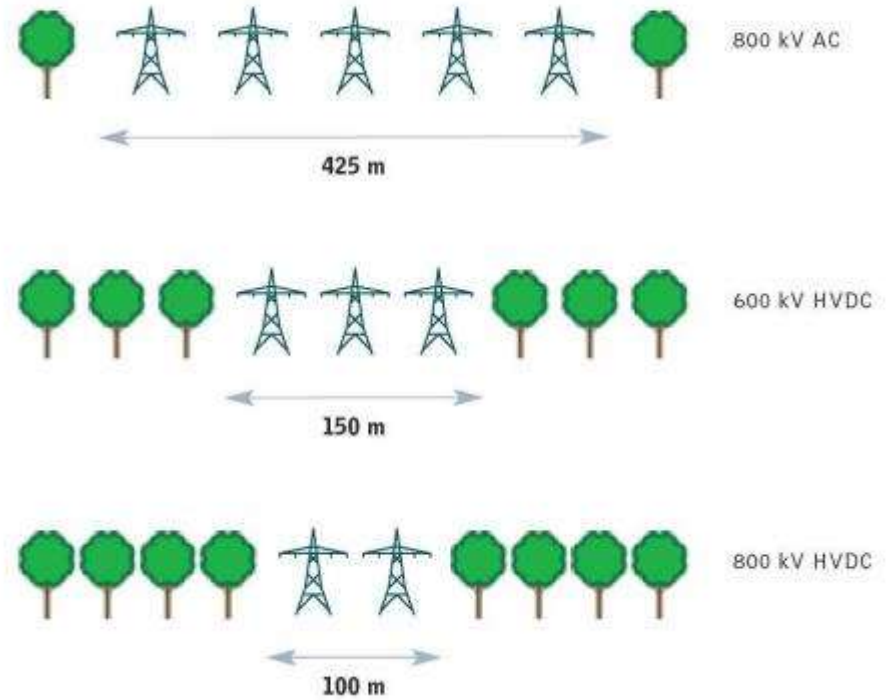
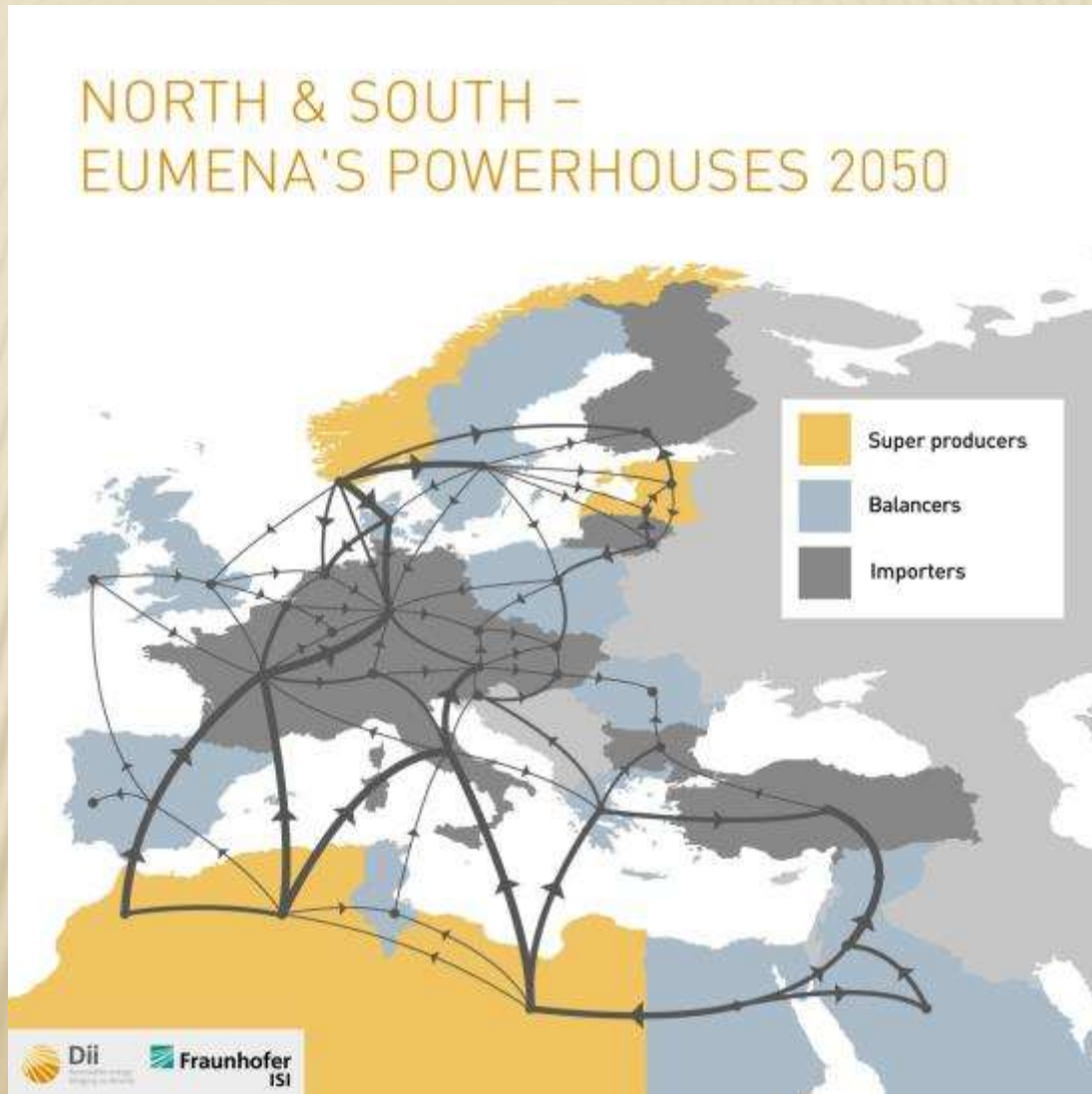


figure 3.4: comparison of the required number of parallel pylons and space to transfer 10 GW of electric capacity



DESERTEC INDUSTRIAL INITIATIVE 2050



SIEMENS IN CHINA

Customer	China Southern Power Grid
Project name	Nuozhadu – Guangdong
Location	Pu'er – Jiangmen
Power rating	5,000 MW, bipolar
Type of plant	Long-distance transmission, 1451 km
Voltage levels	±800 kV DC 525 kV, 50 Hz
Type of thyristor	Direct light-triggered (LTT), 8 kV
Commercial operation date	Scheduled 2013

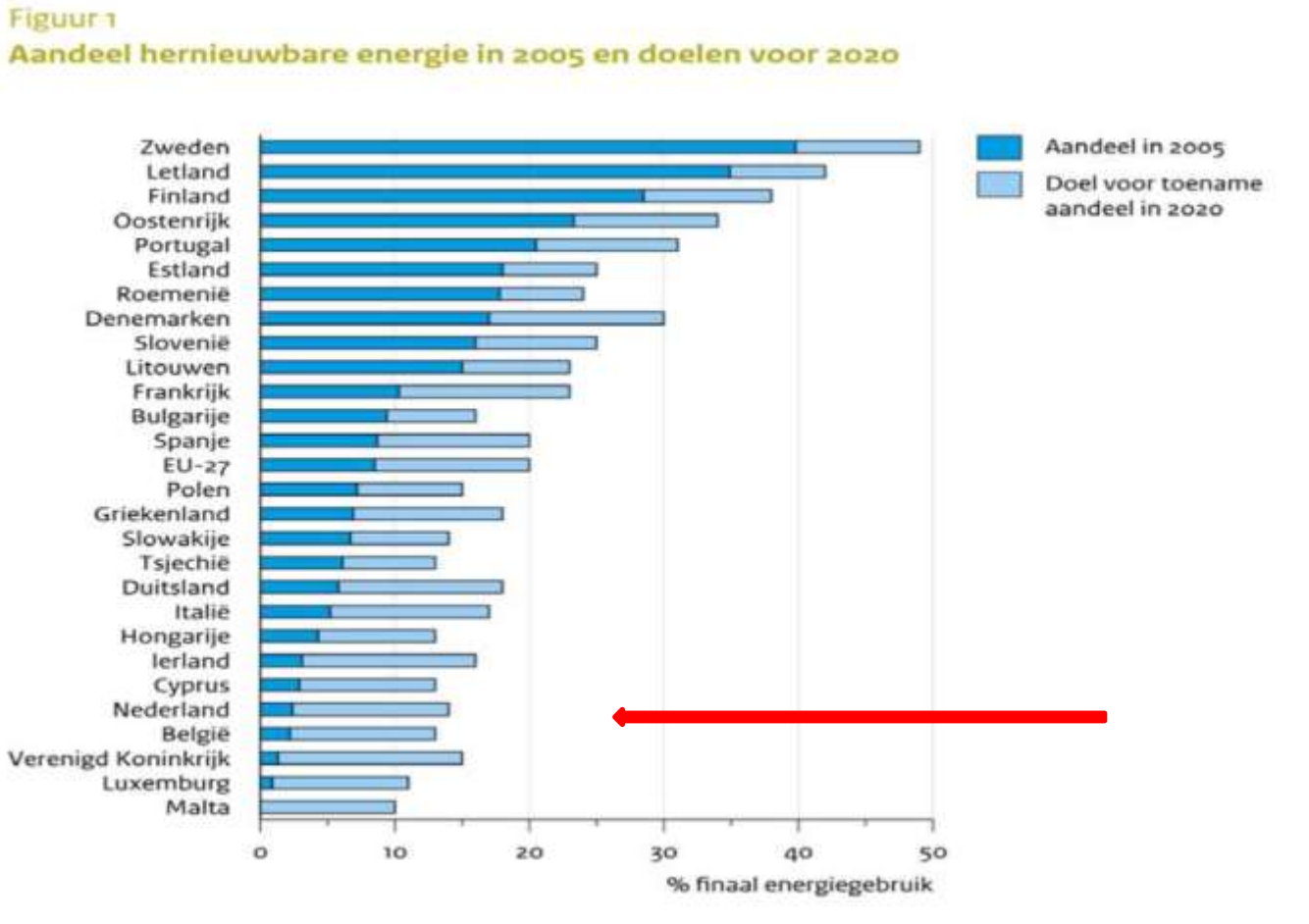


- × Inleiding: Het probleem
 - × principe CSP centrales
 - × Beschikbaarheid van deze energievorm
 - × Opslag mogelijkheden
 - × Transport van de energie via HVDC
- × **Politieke ontwikkelingen**
 - × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
 - × Geografische belemmeringen
 - × Bijkomende nuttige gevolgen

POLITIEKE ONTWIKKELINGEN

- × Sterke roep om energie onafhankelijkheid (Oekraïne)
- × Europa voor 66 % afhankelijk van buiten Europa
- × Gas en Olie voor 33 % uit Rusland
- × Zwakke roep om koolstofarme economie
- × Toch relatief geringe oproep naar hernieuwbare energie
- × Nederland kan nog steeds niet aan de (mede door zichzelf opgelegde) norm van 14% voldoen.

ECN CPB GROTE TWIJFEL OF WE 14% HALEN IN 2020



POLITIEKE ONTWIKKELING

- × Europa
- × Pleit voor één energiemarkt
- × O.a. om groter aandeel hernieuwbare energie mogelijk te maken
- × Is dus ook pleitbezorger van supergrid
- × Maar ... gerucht gaat: doelstelling voor 2050 naar beneden bijgesteld?
- × Nederland
- × Energieakkoord, met veel moeite tot stand gekomen
- × Met nog meer moeite uitgevoerd.
- × Er lijkt geen echte motivatie om de omslag te maken.
- × Hernieuwbare energie zou niet zonder subsidie kunnen.

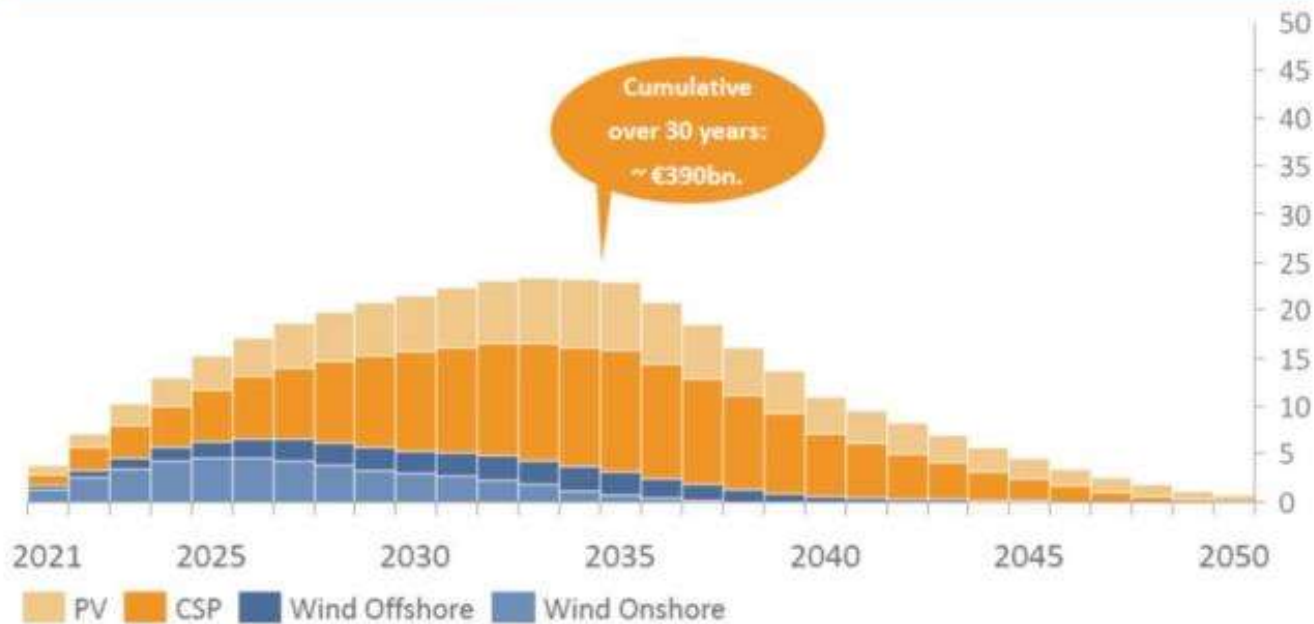
KAN HET NIET ZONDER SUBSIDIE?

To close gap to conventional firm power after 2020, €390bn. needed over 30 years in all of EUMENA



3 Market

RE support expenditures¹ for post-2020 RE in EUMENA [bn EUR]



1. Calculated based on a harmonized FIP across EUMENA
 Source: Dii, Fraunhofer ISI, TU Vienna. Note: RES-E only includes PV, CSP, Wind offshore, Wind onshore.
 © Dii GmbH 31 October 2013 11

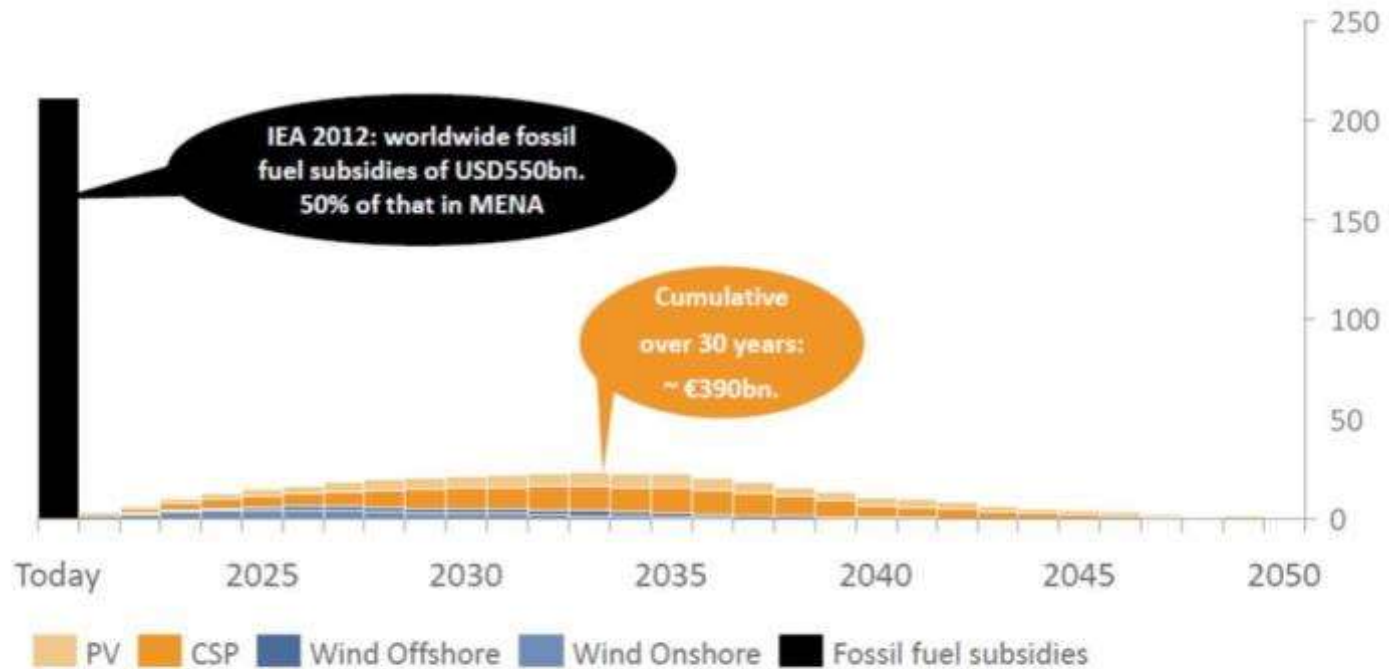
IS DAT VEEL?

Today's fossil fuel subsidies dwarf the needed RE support



3 Market

RE support expenditures¹ for post-2020 RE in EUMENA [bn EUR]



1. Calculated based on a harmonized FIP across EUMENA

Source: Dii, Fraunhofer ISI, TU Vienna. Note: RES-E only includes PV, CSP, Wind offshore, Wind onshore

POLITIEKE ONTWIKKELINGEN

- × Wereldwijd
- × Enorme toename landen met doelstellingen voor hernieuwbare energie (vanwege klimaat)
- × REN21 laatste 10 jaar van 48 naar 140 landen!
- × Scenario's variëren voor elektriciteit van 65 tot 94% hernieuwbaar
- × Midden-Oosten Noord-Afrika (MENA – gebied)
- × Ook deze landen forse doelstellingen
- × Saoedi Arabië 60 miljard voor alleen hernieuwbare energie
- × Vergelijk Horizon 2020 van EU 80 miljard beschikbaar voor alle! innovaties

MAROKKO 1000 MW OUARZAZATE



POLITIEKE ONTWIKKELINGEN

- × 2014 jaar van CSP in de **Verenigde Staten**
- × Subsidies op onderzoek
- × Garanties op leningen door overheid
- × Verwachting prijsdaling in zes jaar tijd van 13 \$ct/kWh (2013) naar 6 \$ct/kWh (2020)



- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × **Sterke en zwakke punten van deze energievorm**
- × Geografische belemmeringen
- × Bijkomende nuttige gevolgen

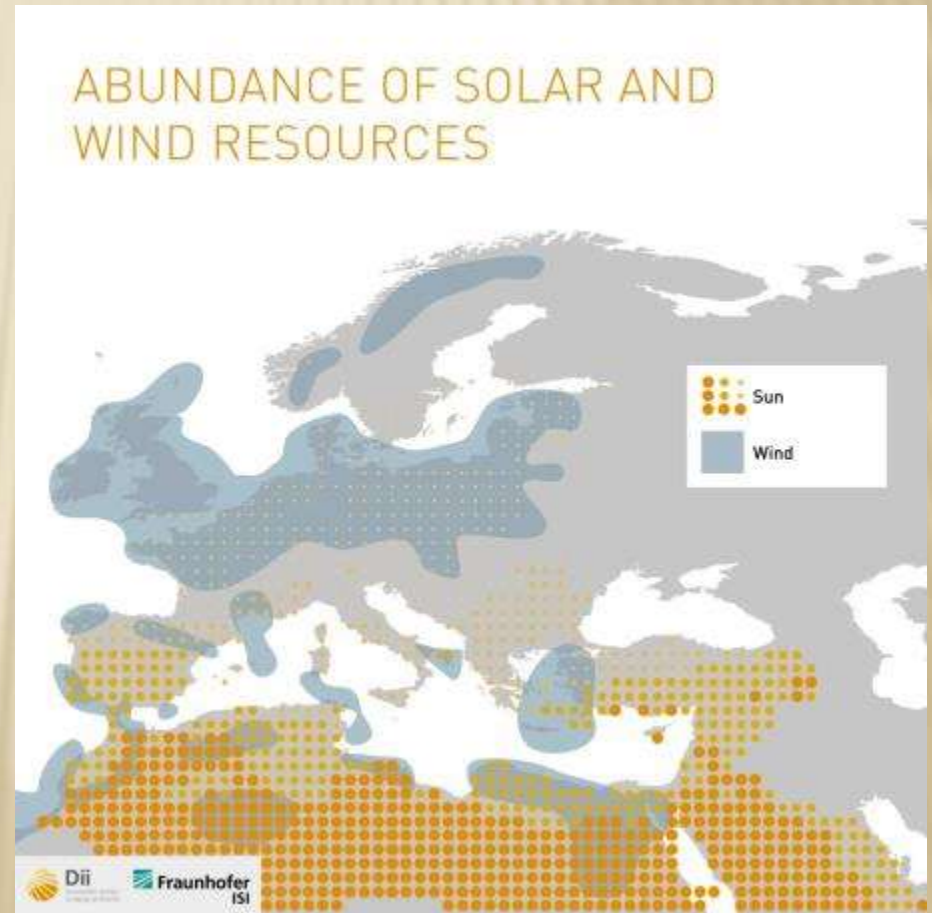
CSP CENTRALES VOOR EN NADELEN

- ✘ Voordelen groot
 - ☐ Opslag warmte
 - ☐ Elektriciteit op afroep
 - ☐ Zowel baseload als peakload
 - ☐ Mogelijkheid van productie van schoon water
 - ☐ Restwarmte gebruiken voor proceswarmte of koeling
- ✘ Nadelen betrekkelijk
 - ☐ Hoge aanvangs-investering
2000 à 3500 € /kWe
 - ☐ Temperaturen tot 390 °C trog tot 1000 °C toren.
 - ☐ Meest rendabele grootte nog niet bekend
 - ☐ Prijs per kWh 9-15 €ct
 - ☐ Verwachting 5-7 €ct/kWh in 2020

DE DESERTEC VISIE

- ✘ Oogst de hernieuwbare energie daar waar het, het meest opbrengt
- ✘ Knoop alle hernieuwbare energie in Europa aan elkaar
- ✘ Knoop Europa aan Scandinavië en de Alpen
- ✘ Knoop Europa aan de Sahara en het Midden-Oosten (het zgn. MENA-gebied)

DESERT POWER 2050

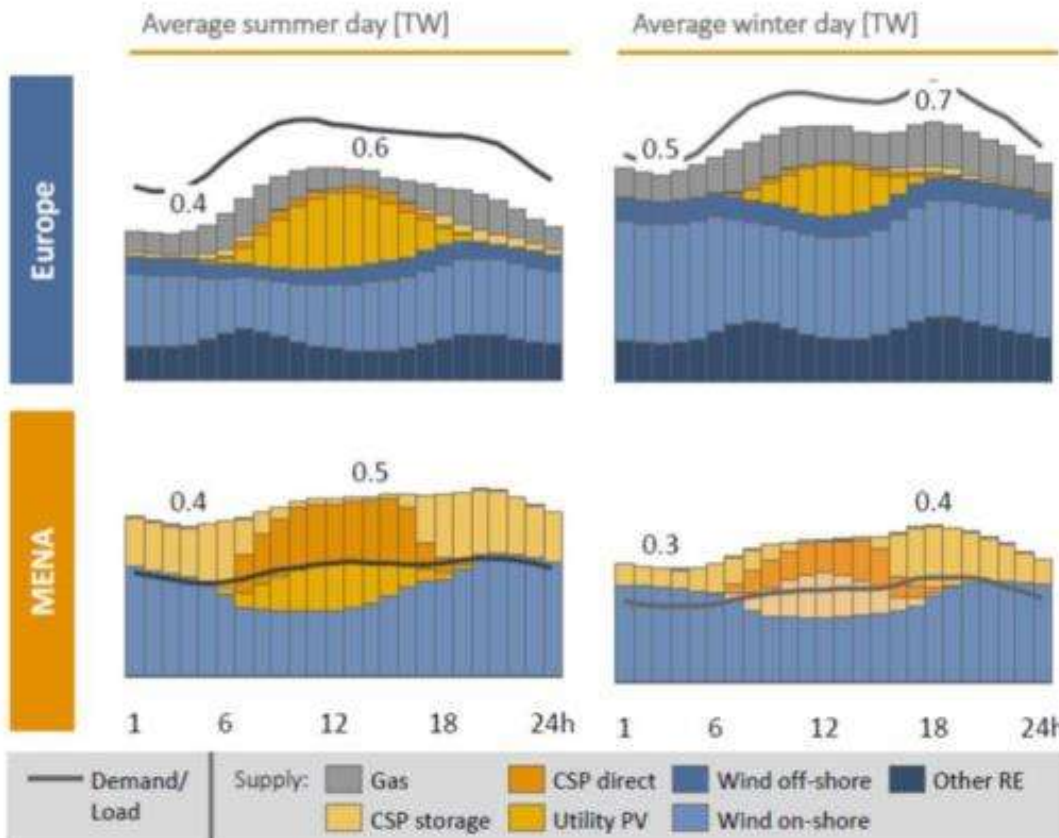


ZOMER WINTERDAG ZON EN WIND VULLEN ELKAAR MOOI AAN

Long term: MENA and Europe perfect partners since demand as well as supply complimentary



From „Desert Power 2050“



Lessons learned for 2050

- MENA and Europe demand with seasonal fit
- MENA and Europe Wind regimes complimentary
- MENA solar power strongest when European winds weak
- Strong grids needed in any case, EUMENA grid integration ensures best payback

Source: Dii, Fraunhofer ISI

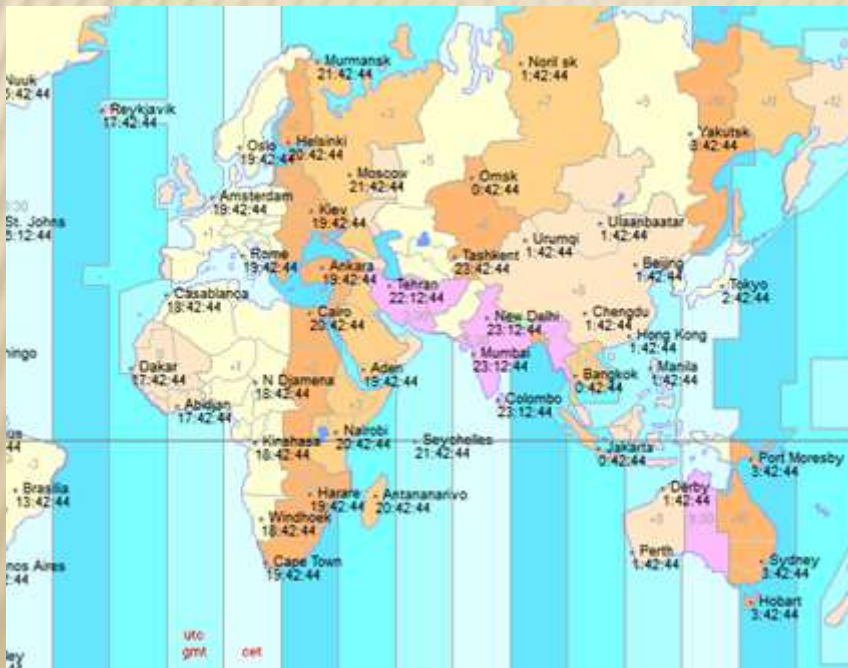
- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × **Geografische belemmeringen?**
- × Bijkomende nuttige gevolgen

POLITIEKE INSTABILITEIT IN MENA

- × Verruilen we afhankelijkheid van Rusland voor die van de Arabieren?
- × Kunnen we zelf bepalen!
- × Wil je minder afhankelijkheid dan ben je duurder uit
- × Model gaat uit van 20% import van elektriciteit
- × Nu ondanks alle onrust
- × Olie uit het Midden-Oosten
- × Gas uit Algerije (pijpleidingen)
- × MENA gebied bestaat niet uit één land
- × Vergelijk met afhankelijkheid van EU van nu 66 %

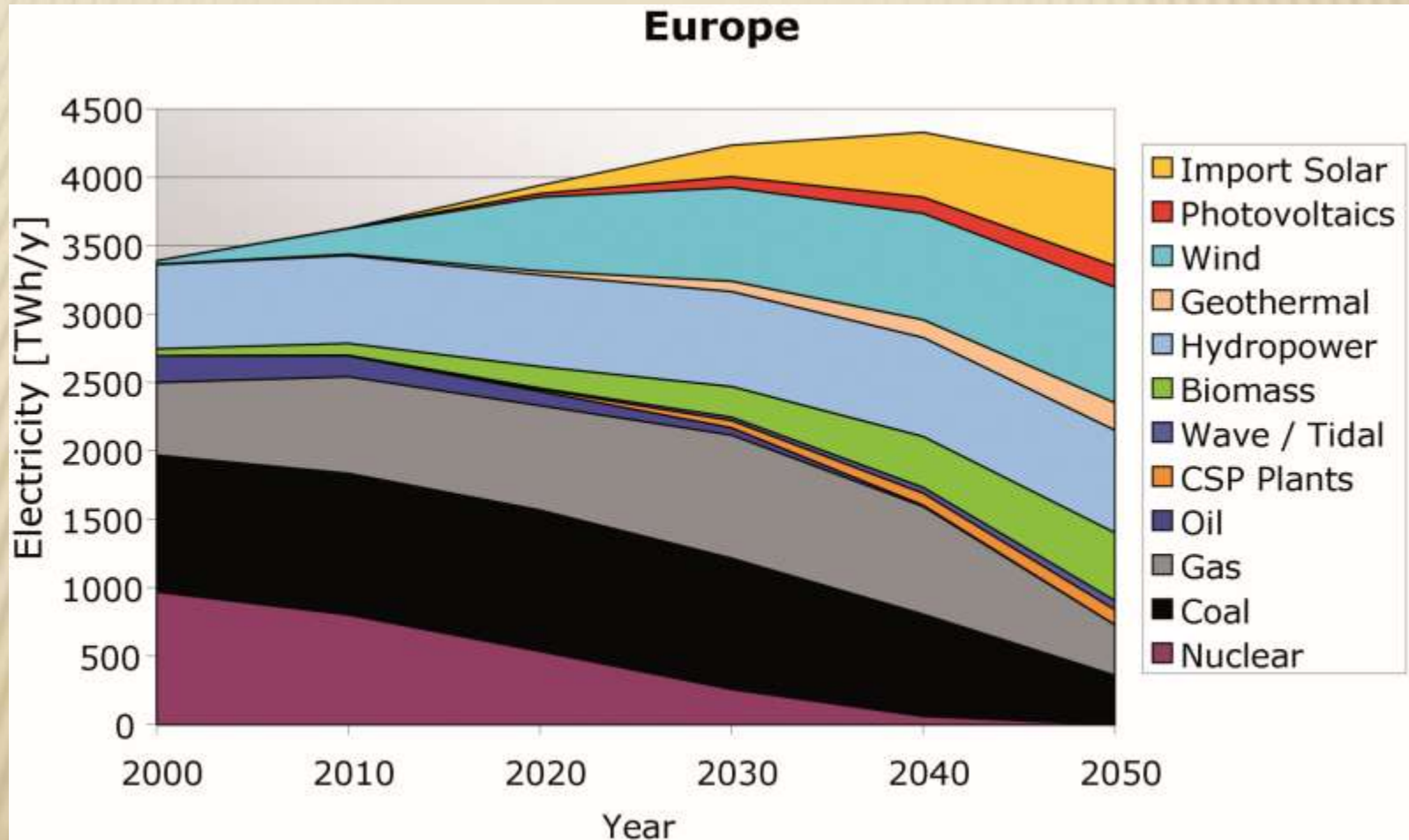
GROOT GEBIED

- ✘ Van de poolcirkel tot de keerkring
- ✘ Meer dan vijf tijd-zônes
- ✘ Niet afhankelijk van weersysteem
- ✘ Niet meer afhankelijk van zomer winter
- ✘ Niet meer afhankelijk van dag nacht

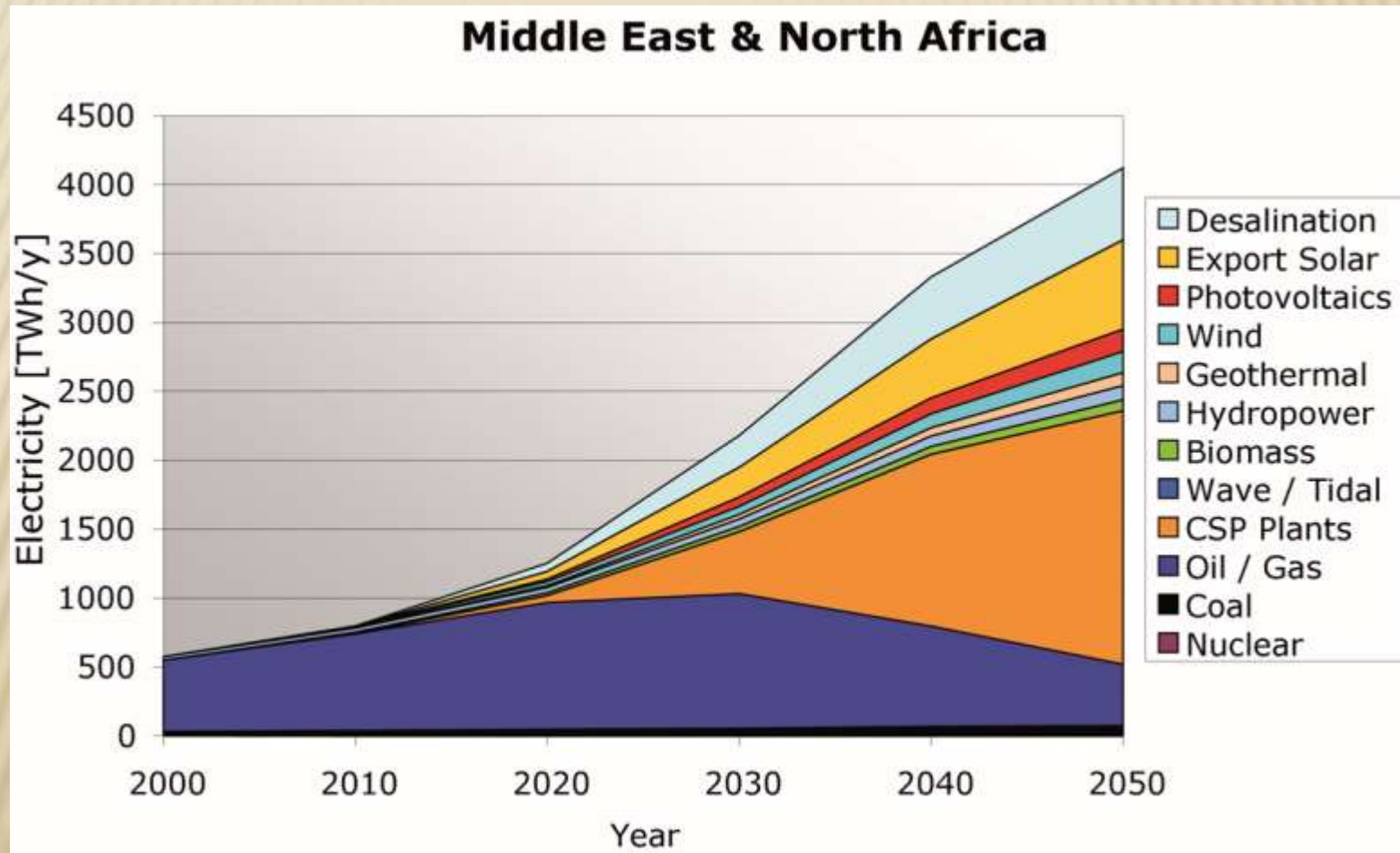


- × Inleiding: Het probleem
- × principe CSP centrales
- × Beschikbaarheid van deze energievorm
- × Opslag mogelijkheden
- × Transport van de energie via HVDC
- × Politieke ontwikkelingen
- × Sterke en zwakke punten van deze energievorm
- × Geografische belemmeringen
- × **Bijkomende nuttige gevolgen**

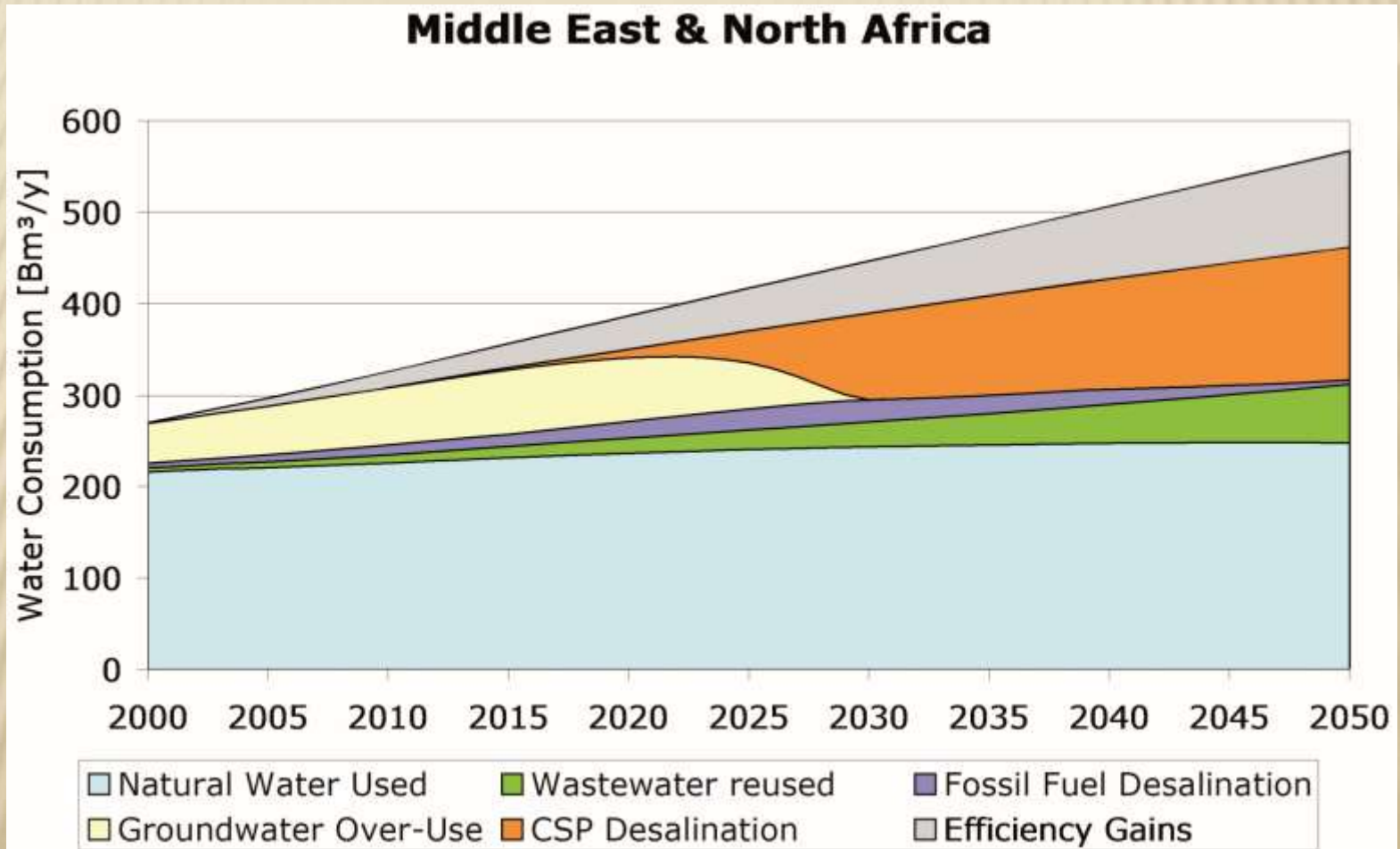
HET PAKKET WORDT VEEL DIVERSER



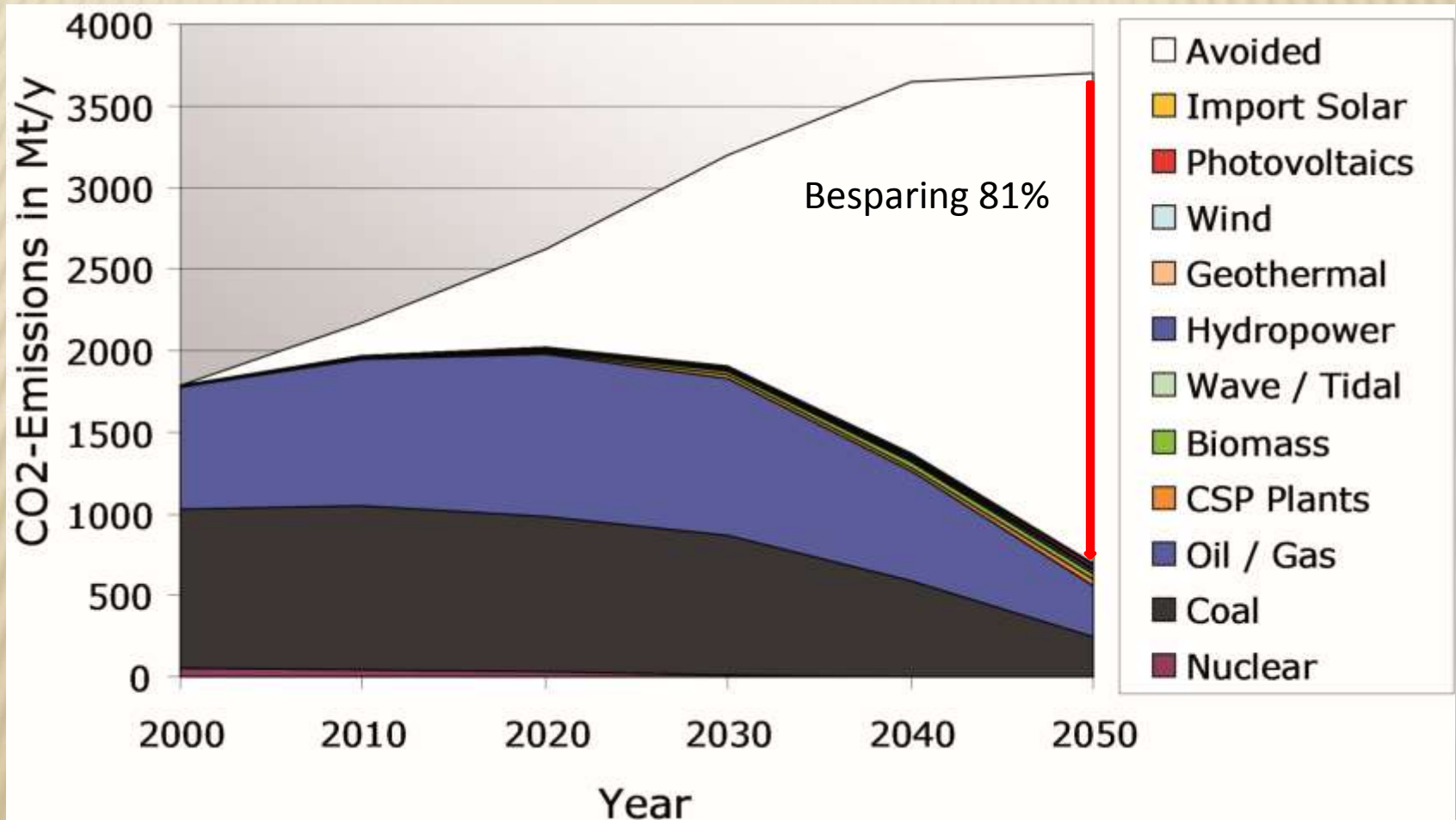
MENA GEBIED KRIJGT EXPORT PRODUCT GOED VOOR WERKGELEGENHEID EN STABILITEIT



HET DESERTEC CONCEPT WATER VOOR WOESTIJN



HET DESERTEC CONCEPT (VERMEDEDEN EMISSIE)



MET DANK VOOR UW AANDACHT

- × Sietse de Haan
voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl
- × www.zonnekrachtcentrales.nl

Vereniging voor
ZonneKrachtCentrales

Postbus 562
2800 AN Gouda



www.zonnekrachtcentrales.nl
www.vzkc.nl

LITERATUUR (EEN GREEP UIT)

- × IPCC (intergouvernmental panel on climate change) het vierde klimaatrapport van de VN (2014) (Drie van de vier deelrapporten zijn verschenen) zie <http://ipcc.ch/> dia 4, 5 & 6
- × Rapport: Fijn stof nader bekeken (RIVM 2005) e.a.
- × Jeremy Leggett: Uit de olie (Uitg. Jan van Arkel 2014 dia 9)
- × Global energy [r]evolution ([Greenpeace e.a. 2012](#)) dia 10
- × Cijfers voor de toekomst 20 jaar duurzame ontwikkeling in Europa? (publicatie EUROSTAT)
- × Stroomdiagram Nederlandse energie huishouding (gegevens CBS bewerking ECN 2010 dia 14 t/m 18)
- × Desertec Foundation www.desertec.org
- × White Book Desertec foundation 2007, gebaseerd op drie rapporten van het Deutsche Luft und Raumfahrtinstitut.
- × Desertec Industrial Initiative www.dii-eumena.com
- × The Energy Report. Ecofys in opdracht van het WNF 2011
- × Global Status Report 2014 REN21 (Renewable Energy for the 21th century) één van de meest geciteerde rapporten op het gebied van hernieuwbare energie. Verschijnt ieder jaar.)
- × Global Energy Assessment 2012 (International Institute for Applied Systems Analysis)
- × Desert Power 2050 (Dii-Fraunhoferinstitut, 2012) Zeer uitgebreide en gedegen studie over mogelijk scenario in 2050 uitgaande van reële getallen
- × Solar Paces <http://www.solarpaces.org/>
- × CSP today <http://social.csptoday.com/>
- × Vereniging voor Zonnekrachtcentrales www.zonnekrachtcentrales.nl
- × Diverse conferenties waaronder die van Dii