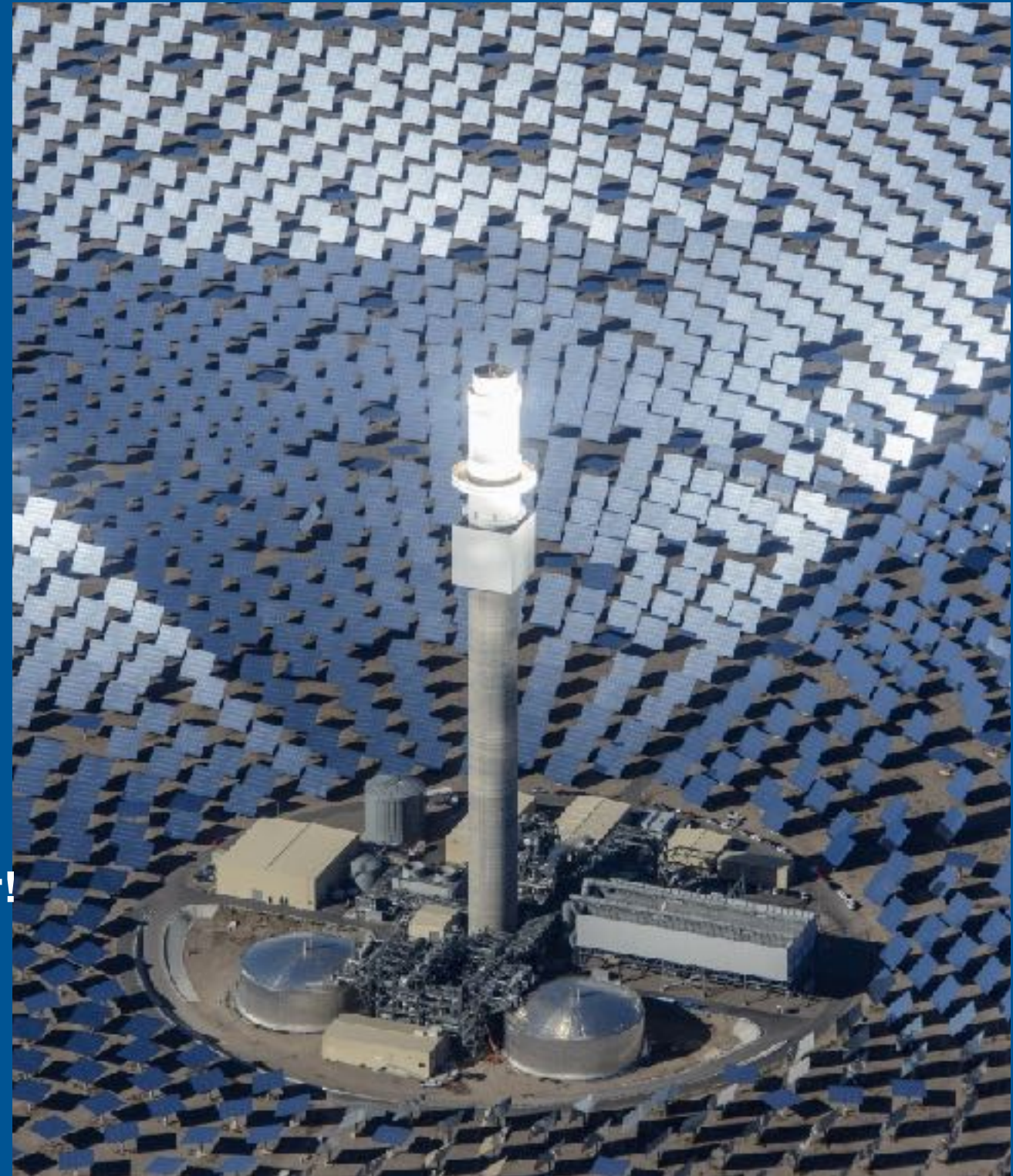


waterstof uit de woestijn

- Wie zijn wij?
- Vereniging Zonnekrachtcentrales.nl
- Projectgroep NLT module & lesbrieven
- Doel: informeren en leerlingen aan het denken zetten door onderwijs, experimenten en onderzoek doen. Het gaat om hun toekomst!
- **Wat is toepasbaar in natuurkundeles?**
- Fascinerend thema: regelmatig nieuwe ontwikkelingen.
- Actualiteit in Krant, TV en sociale media (twitter!)
- Interessant voor én docent én voor leerlingen.
- Deelnemerslijst svp invullen



waterstof uit wind en woestijn

Vereniging zonnekrachtcentrales.nl

- 30 min. Feiten nu en toekomst. Arnoud Pollmann, Paul Feldbrugge, natuurkunde.
arnoudpollmann@gmail.com
- 5 min. Q&A
- 25 min. Brainstorm: wat is toepasbaar in de les? Bij welk onderwerp?
- 15 min. Ideeën plenair uitwisselen

E-mailadres invullen svp. / Handouts

waterstof uit de woestijn

Vereniging Zonnekrachtcentrales,
zonnekrachtcentrales.nl

100 leden

2 conferenties per jaar.

Deze zomer drie sprekers:

Diederik Samson (EU),

Jan Terlouw en

Paul van Son (coördinator in Dubai) boek.

"Het is nu zo goedkoop, de markt doet z'n werk wel"

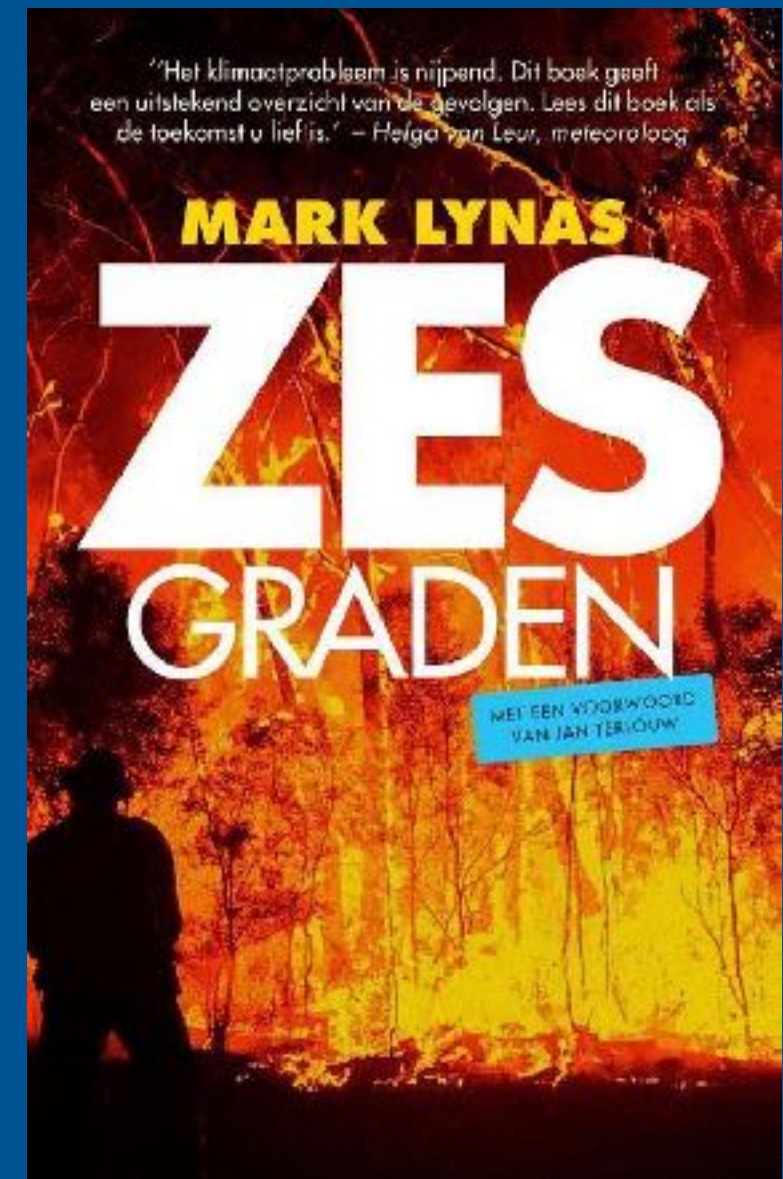
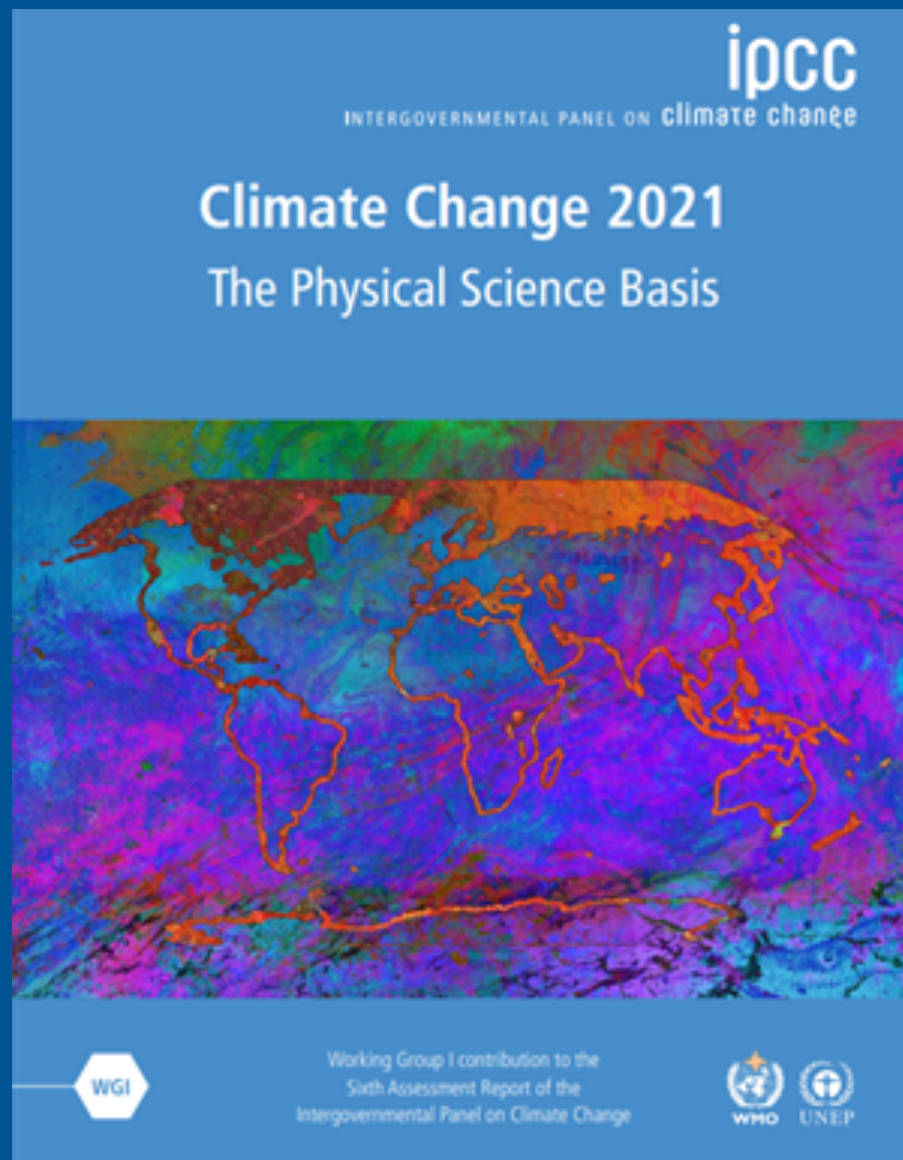
H2-platform. Bijna 60 bedrijven,
evenzovele excursiemogelijkheden



Prof. Ad van Wijk, waterstofprofessor van nederland

Waterstof uit Wind en Woestijn

Waarom zoveel aandacht voor CO2?



‘Publieksversie’ van IPCC rapporten,
voor wie denkt dat ‘het wel mee zal vallen’

Waterstof uit Wind en Woestijn

Kan de CO₂ uitstoot naar NUL?

JA !

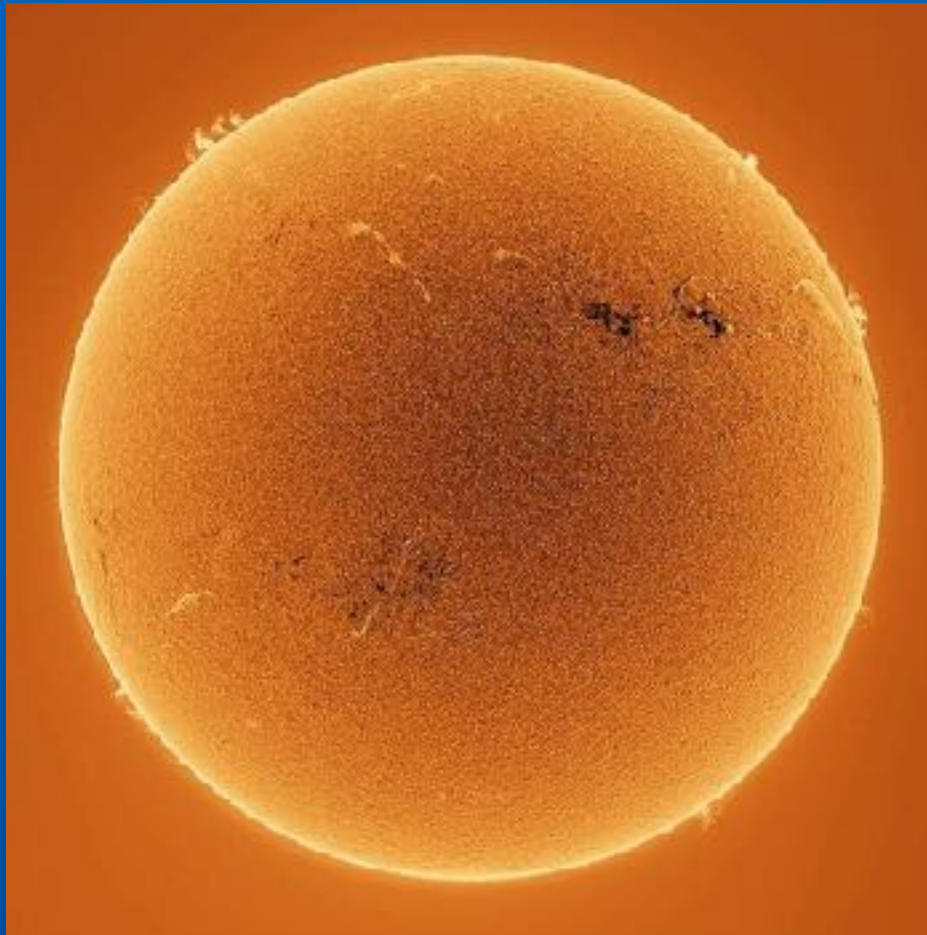


NVON, onderwijs
duurzaamheid

Greta Thunberg



Overvloed van energie van de zon



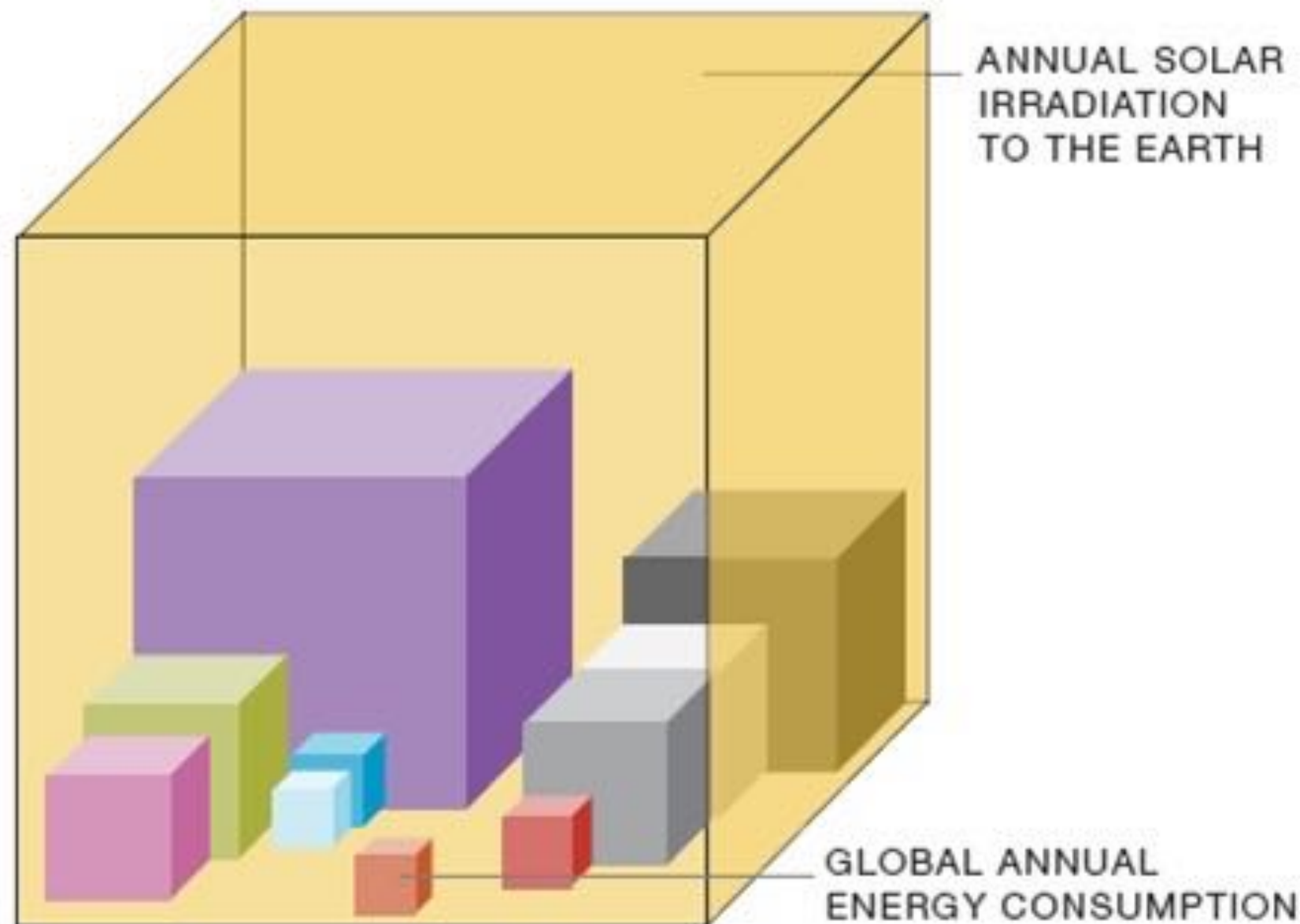
Door leerlingen na te
rekenen

De zonne-energie die de aarde in
één uur bereikt,
is genoeg om de hele wereld een
jaar lang van energie te voorzien.

Hoezo energieprobleem?

Overvloed

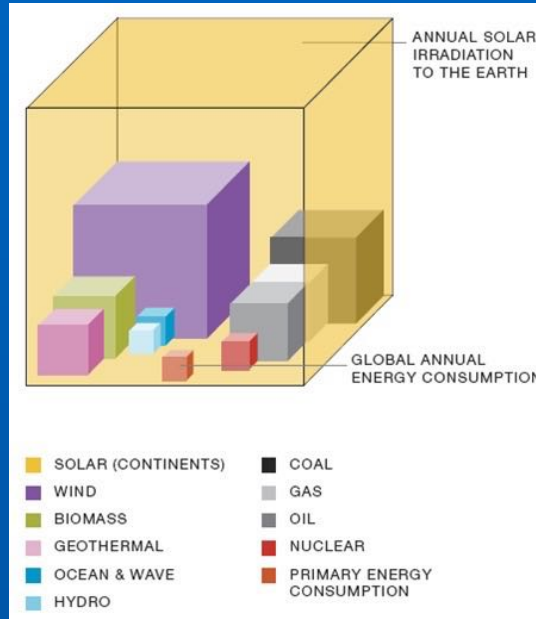
nodig:
minder dan één
duizendste van wat
de zon op de aarde
straalt



Door leerlingen na te rekenen

Overvloed

nodig:
minder dan één
duizendste van wat de
zon op de aarde straalt



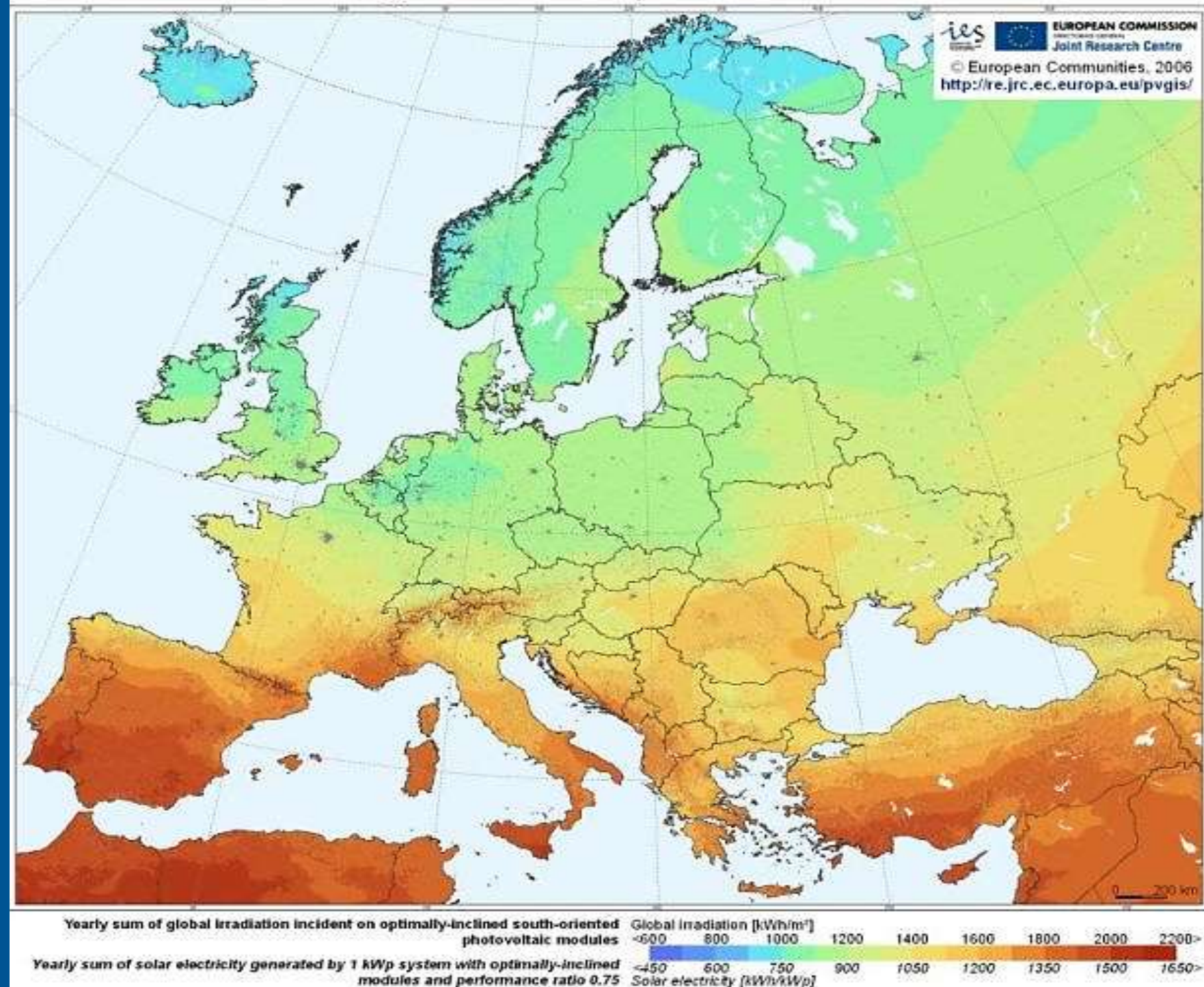
Bepaling zonneconstante

Vergelijk met mooie
zomerdag

Nvox achterpagina mei 2022



Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries

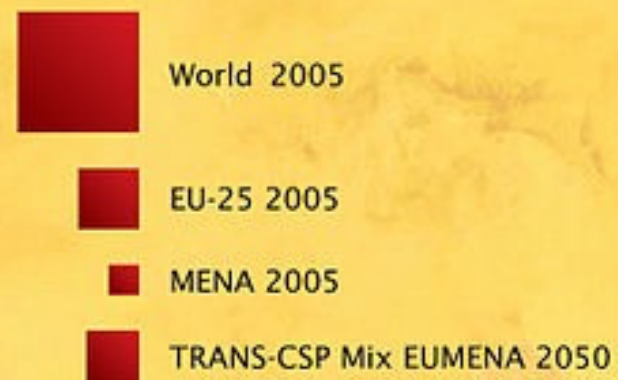


Oogst dáár waar de overvloed is.

Productie in het zuiden,
consumptie in het noorden.



CSP collector areas
for electricity



Overvloed oogsten

Hoe?

1. Spiegels
2. PV
3. Wind

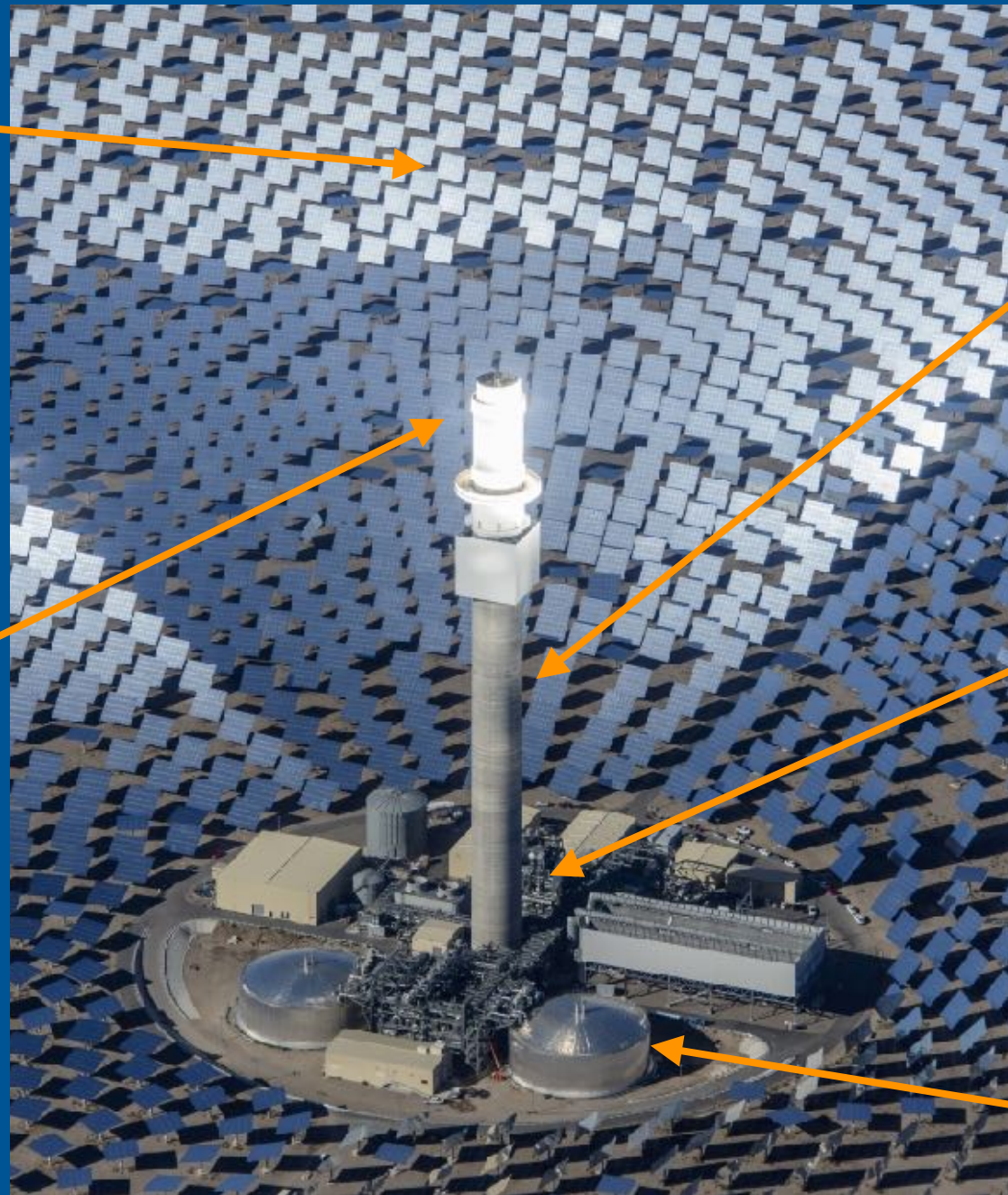
Elektriciteit uit de woestijn



Concentrated Solar Power, CSP

warmte van grote oppervlakte oogsten met draaiende spiegels

Zeer hoge temperatuur

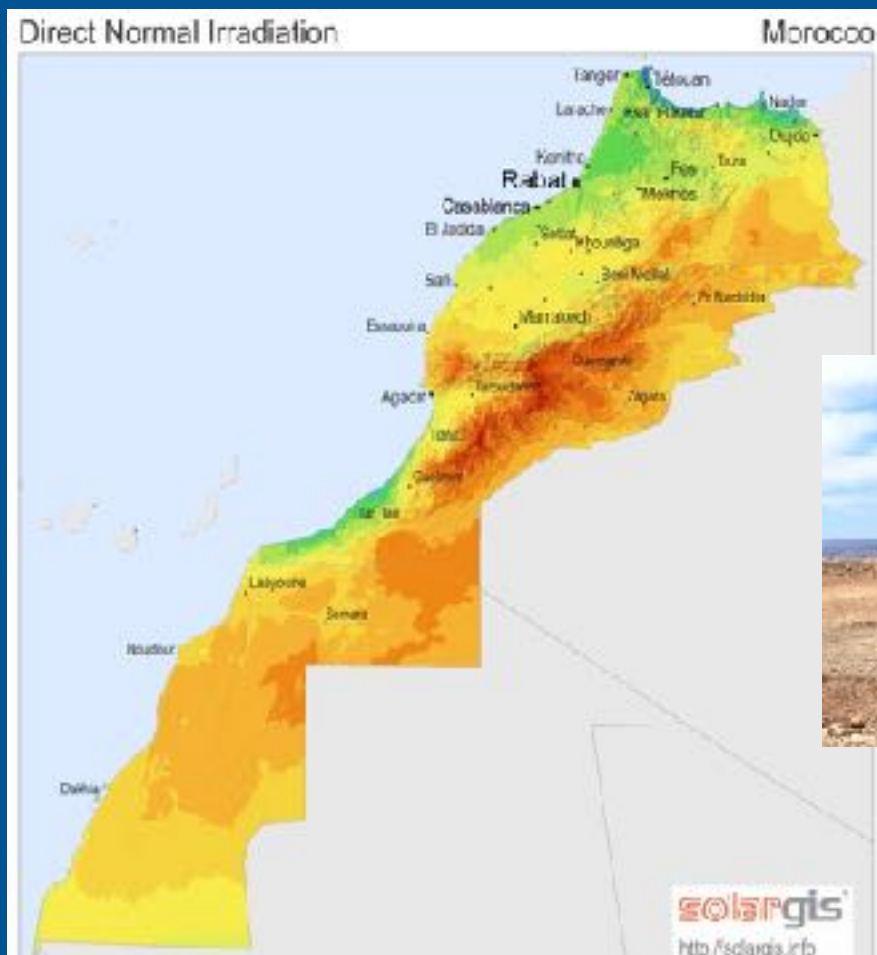


Hete vloeistof transporteert warmte door toren naar beneden

stoomturbine maakt er elektriciteit van

overtollige warmte wordt opgespaard in zoutkoepels voor gebruik tijdens de nacht

csp torenmodel



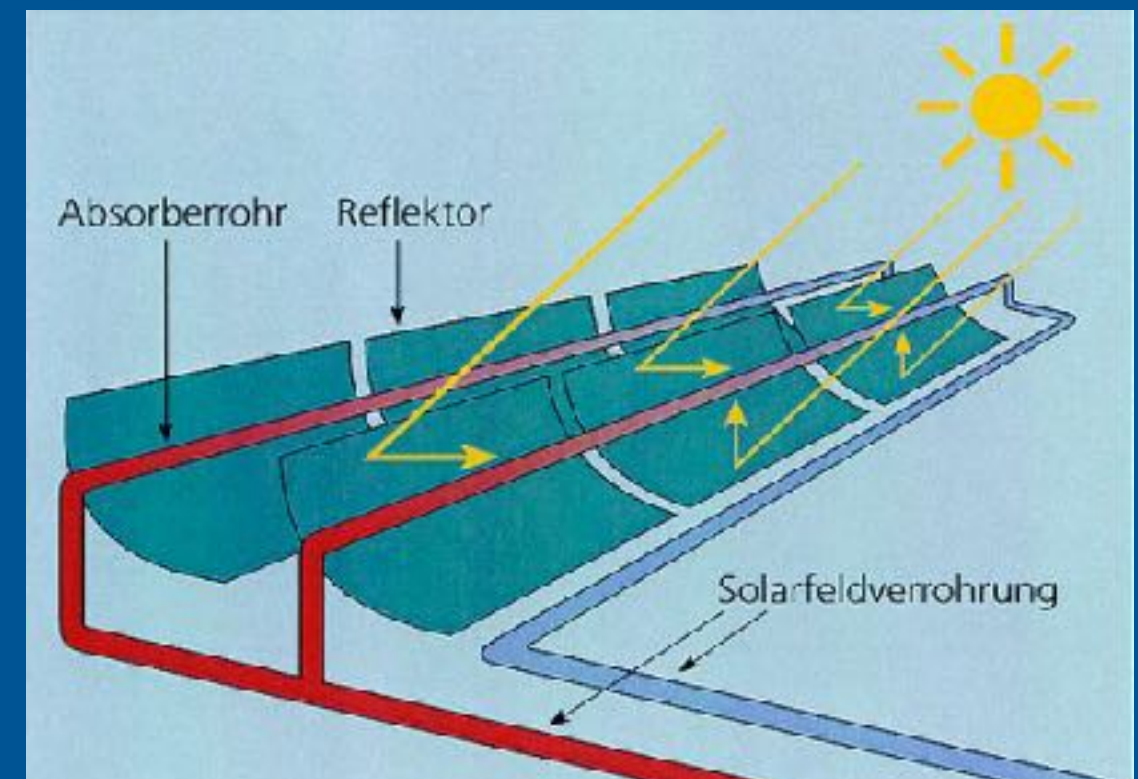
Marokko, 4 centrales, sinds 2018

Noor Ouarzazate Solar Complex, Morocco



The Noor Ouarzazate Solar Complex is being developed 10km north-east of the city of Ouarzazate. Phase one of the project involved the construction of a 160MW concentrated solar power (CSP) plant named Noor I, while phase two involves the construction of the 200MW Noor II CSP plant and the 150MW Noor III CSP plant,

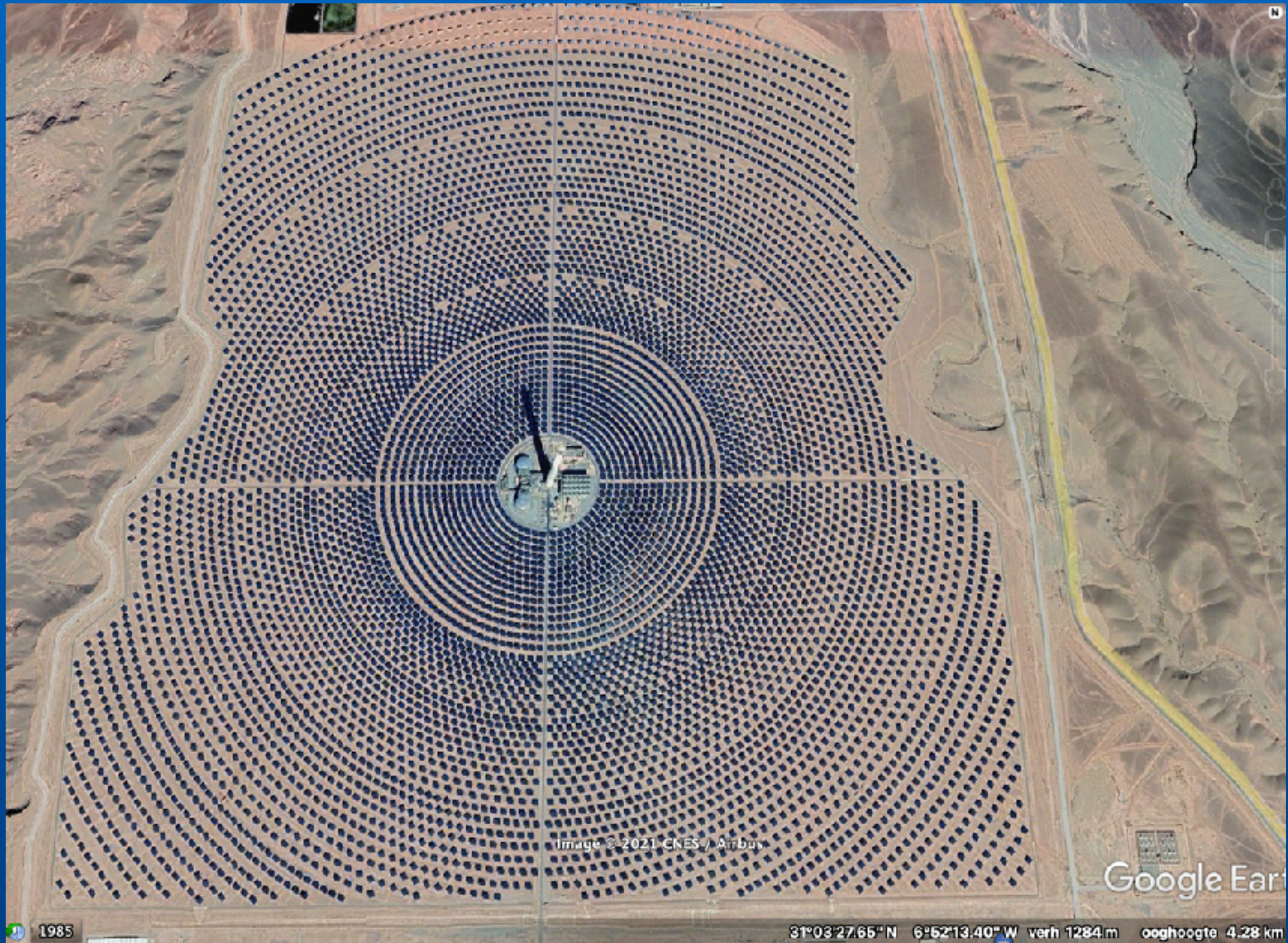
csp trogmodel





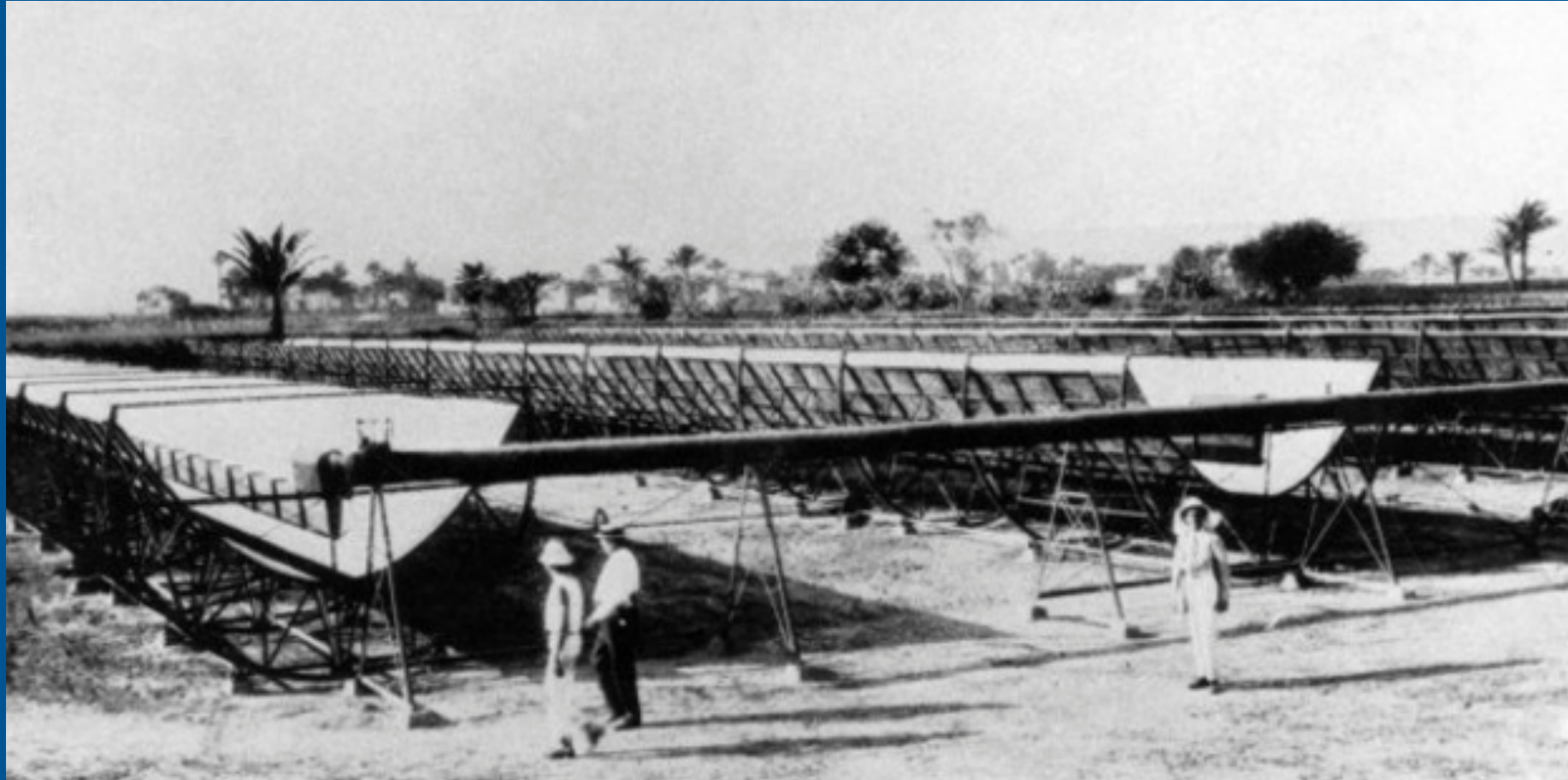
• Marokko, 2022

- 4 centrales, 'NOOR'
- Ca 10 x 2,5 km.
- 3 types, CSP trog- en torenmodel & PV.
- Toren 150 m hoog, 7000 spiegels
- Totaal vermogen 500 MW

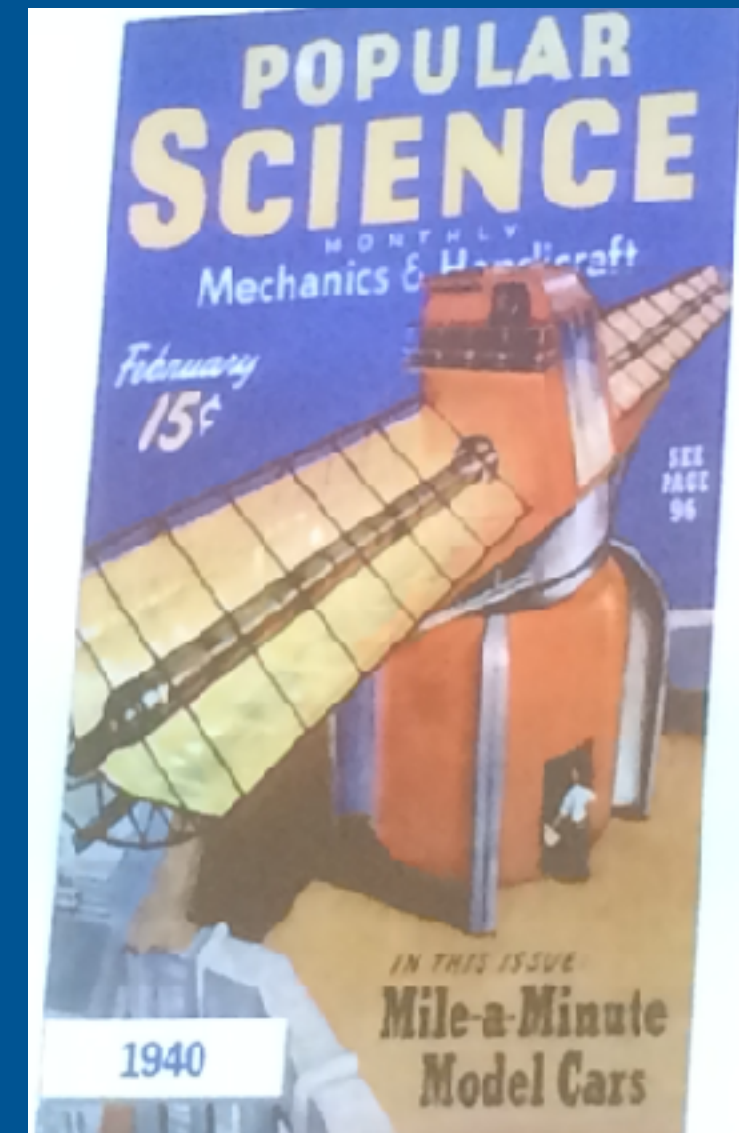


Oppervlakte ca 5 km², vermogen 150 MW , bouwjaar 2018

Historie



De techniek van 'spiegelcentrales' is al anderhalve eeuw oud. In 1866 toonde de Franse ingenieur Auguste Mouchout de eerste zelfgebouwde trogspiegelcentrale (met paraboolvormige spiegels) aan Napoleon III. Mouchot was ervan overtuigd dat de brandstof van zijn eeuw, kolen, ooit uitgeput zou raken en was hiermee zijn tijd ver vooruit. Zijn stoommachine op zonne-energie – waarbij de lichtbundel op pijpen met water viel – is nog steeds de basis van de techniek van de trogspiegel.



beproefde techniek in het klein



€79,-

Normaal: €93,83

Artikelnr. 503820

Zonneoven, satellietschotel Ø1,5 m

- Zonlicht omzetten in warmte-energie om te kunnen koken.
- Kookt 250 ml water in 10 minuten (bij voldoende zonlicht)
- Demonteerbaar



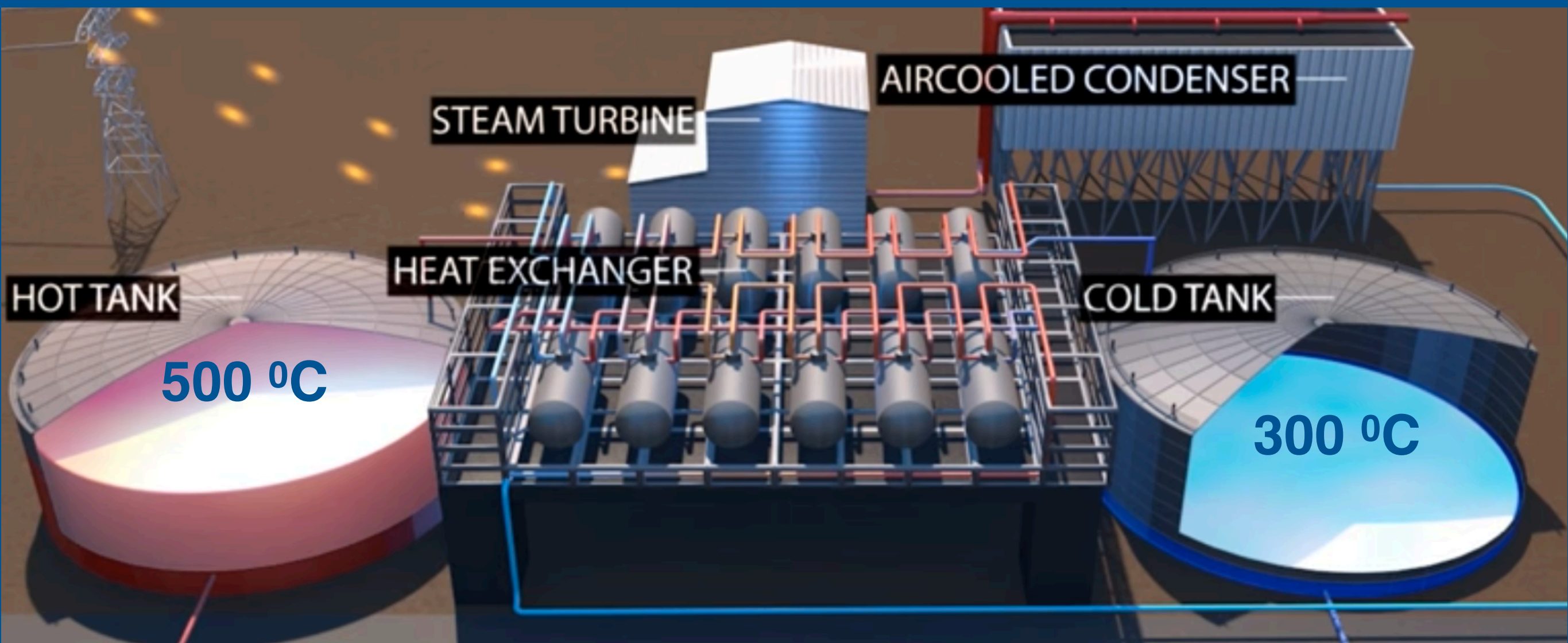
experimenten met modellen
in de klas, ook met 'solar cooking'

Problemen met oogsten zonne-energie in de woestijn:

1. Opslag dag/nacht
2. Transport
3. (Geo)politieke implicaties

Dag en nacht?

opslagprobleem opgelost

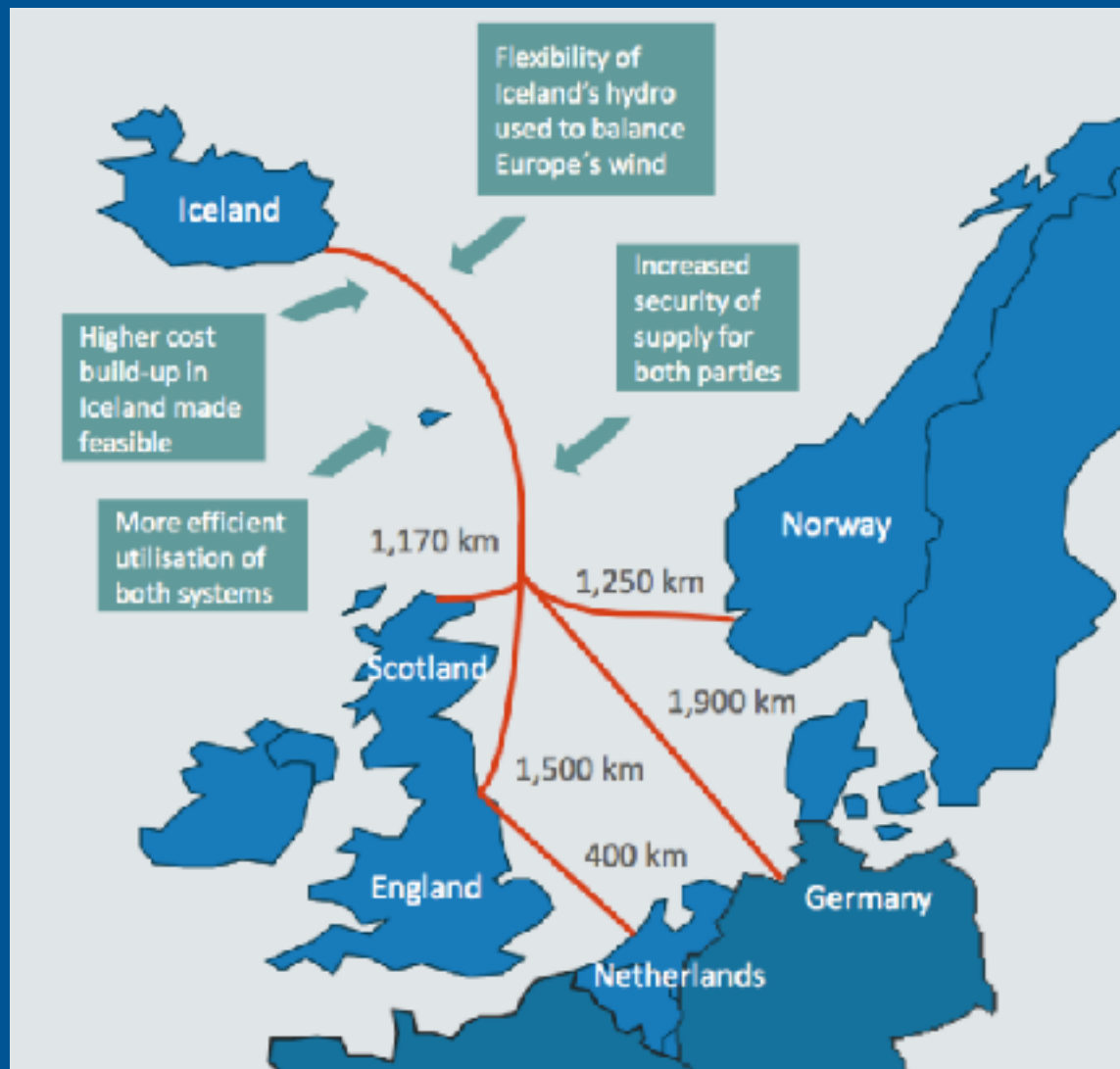


zoutmengsel 40% KNO_3 + 60% NaNO_3

Transport van elektriciteit

over grote afstanden,
via HVDC =
gelijkstroom onder hoge spanning
ca. 100-1000 kV.

Verlies slechts 3% per 1000 km



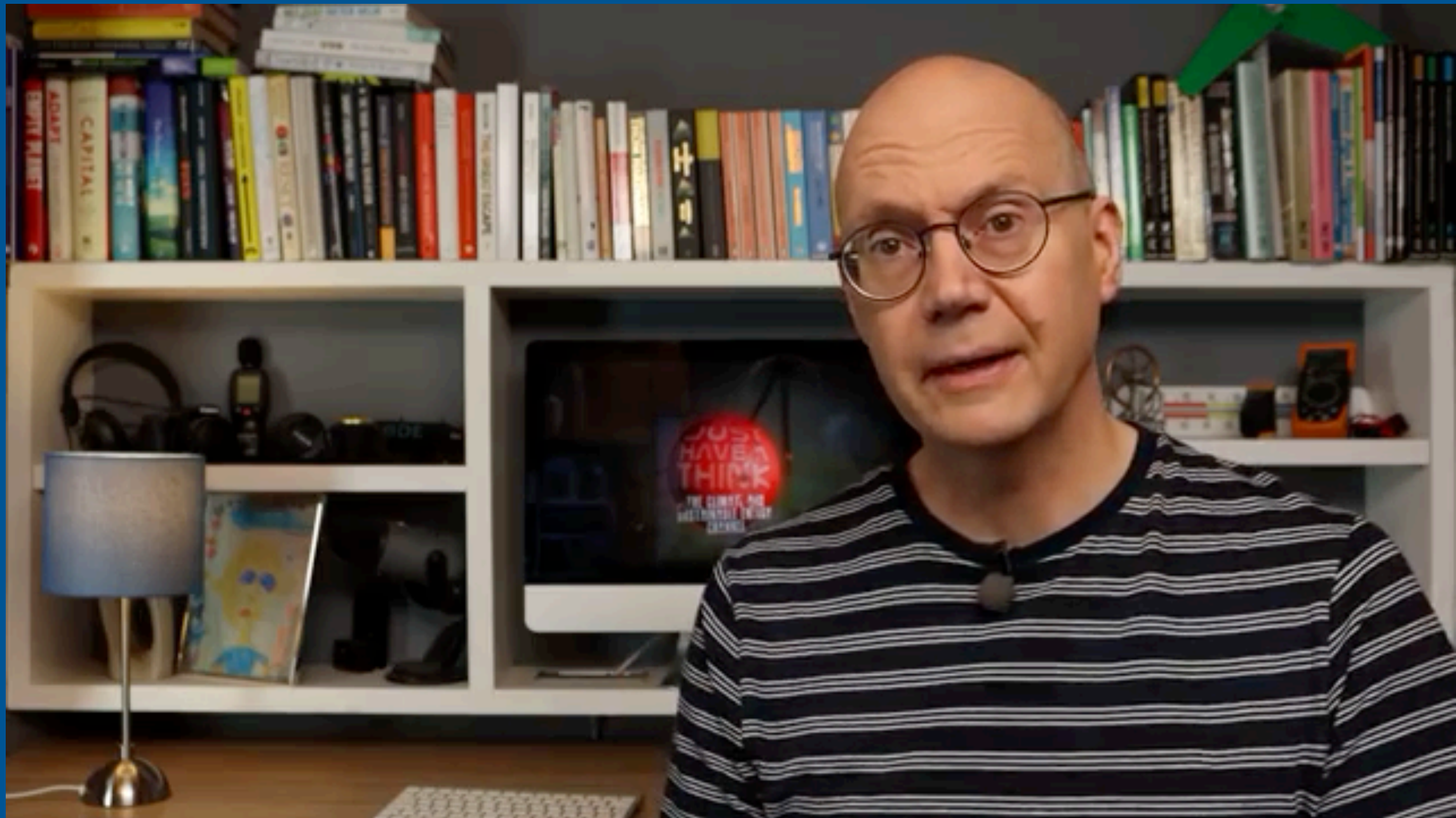
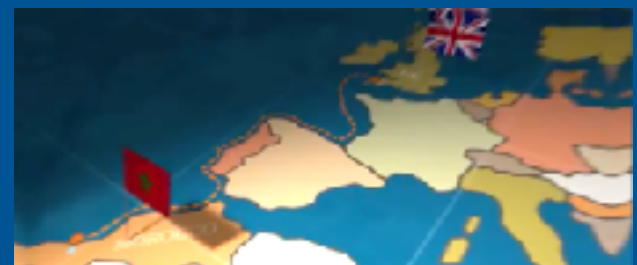
Marokko



UK



Transport: probleem opgelost



Bedrijf X-link plant centrale 10,5 GW.
4000 km HVDC kabel tussen Marokko en Engeland
Elektriciteit voor 7 miljoen huishoudens, opgewekt op 1500 km² woestijn (ca.provincie Utrecht)
2 minuten uit: www.youtube.com/watch?v=iJunxkln578

Goed voor beide landen:

In UK profiteren 7 miljoen huishoudens
(bijna bevolking Nederland)

In Marokko werkgelegenheid: 10.000 nieuwe banen.

In ontwikkelingslanden kan dit enorm bijdragen aan welvaart,
armoedebestrijding en vermindering migratie



Voltage
+ 1,100 kV DC

Capacity
12,000 MW

Length
>3,000 km

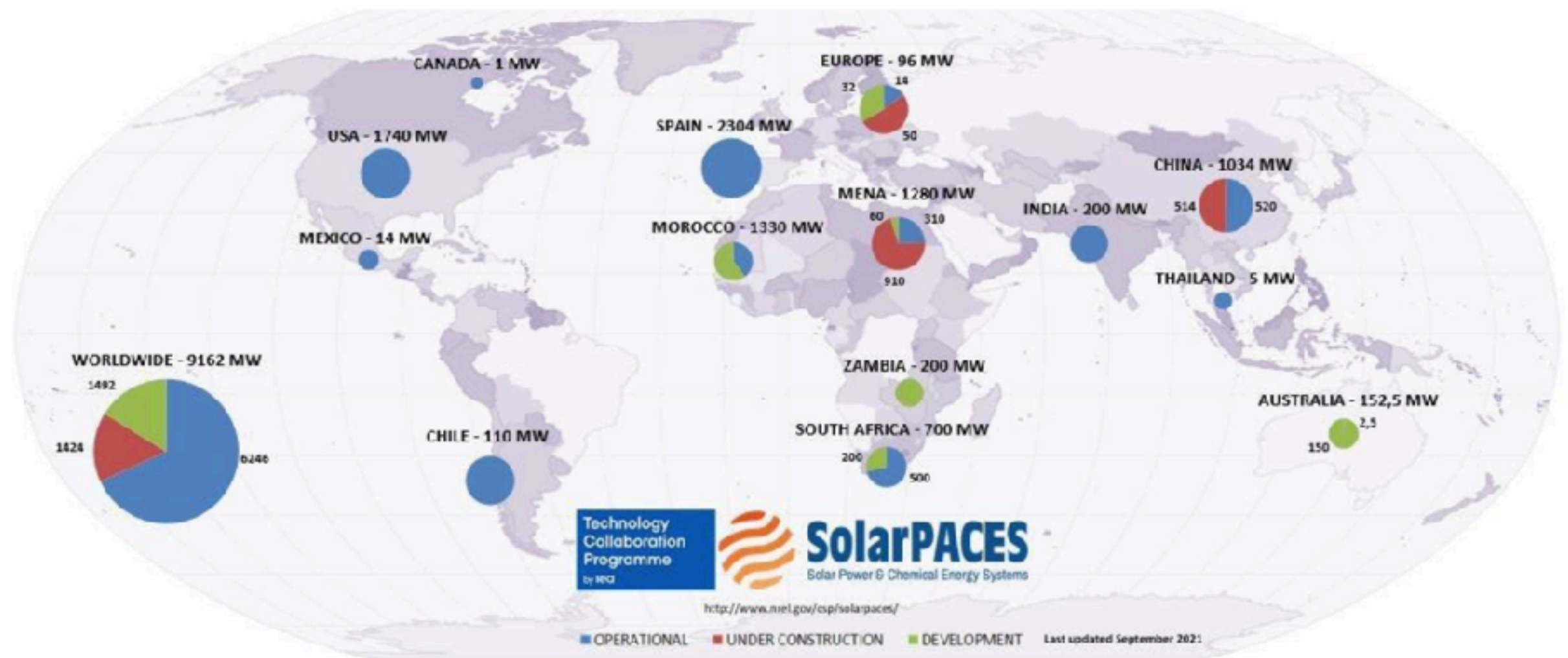
Changji

Guquan

CHINA

to the urban conurbations on the country's east coast supplying more than 26 million people

CSP Projects around the World



YES DC Utrecht, October 21st 2021



Vereniging voor
Zonnekracht
Centrales

California 1985

Spanje 1990

Afrika:

Marokko, 4 centrales, 500 MW

Marokko => Engeland 10.500 MW

EU steunt plannen voor 5000 MW in Afrika:

Tunesie, in 2020

Mauritanië

Benin, 25MW

Niger, 43 MW

Nigeria, 100 MW

Tsjaad, 30 MW

Botswana 200 MW

Namibie <==> DL, UK en Nederland (waterstof)

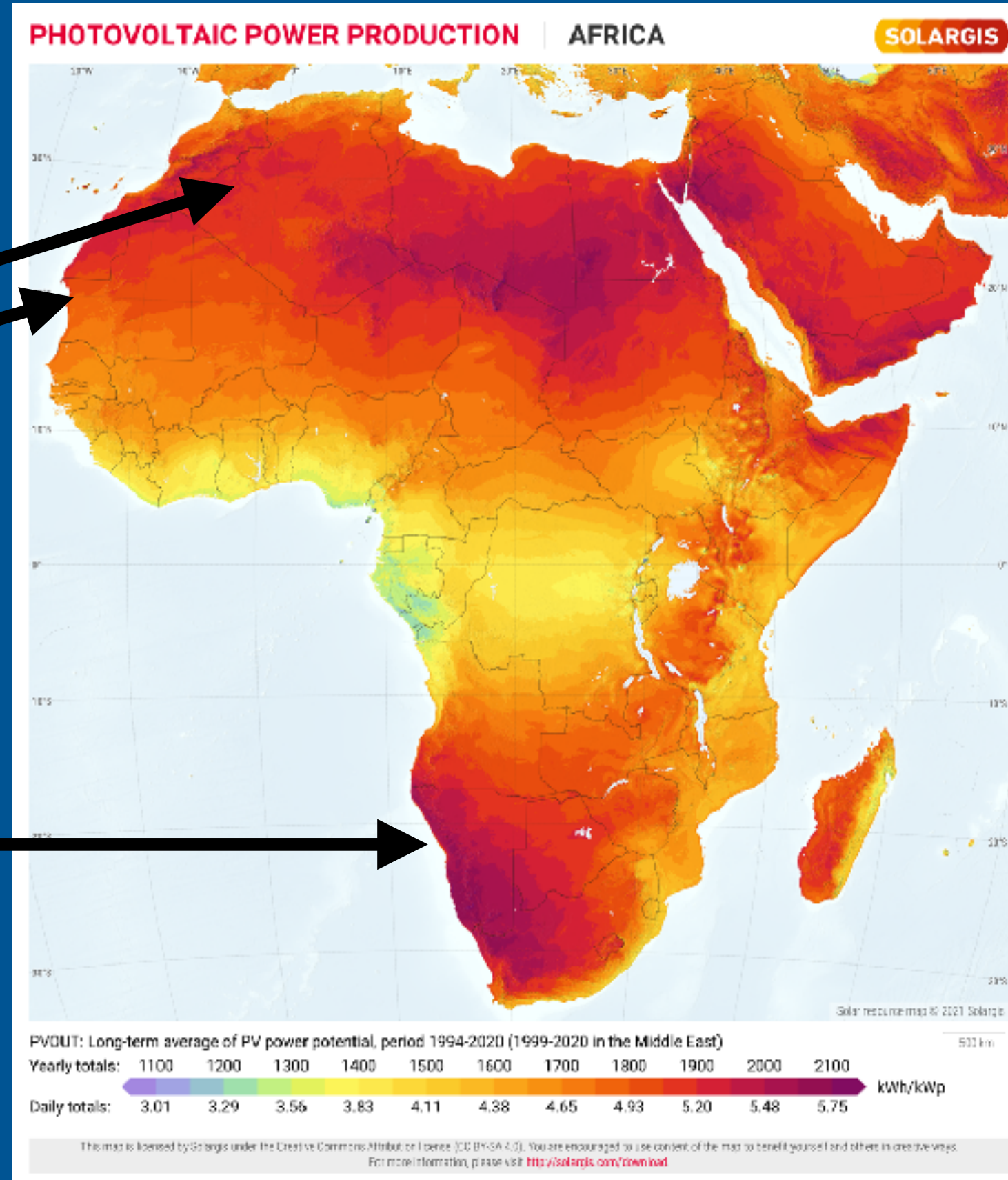
Zuid-Afrika

China

Australie

Zuid-Amerika,

bv Uruguay <==> Nederland

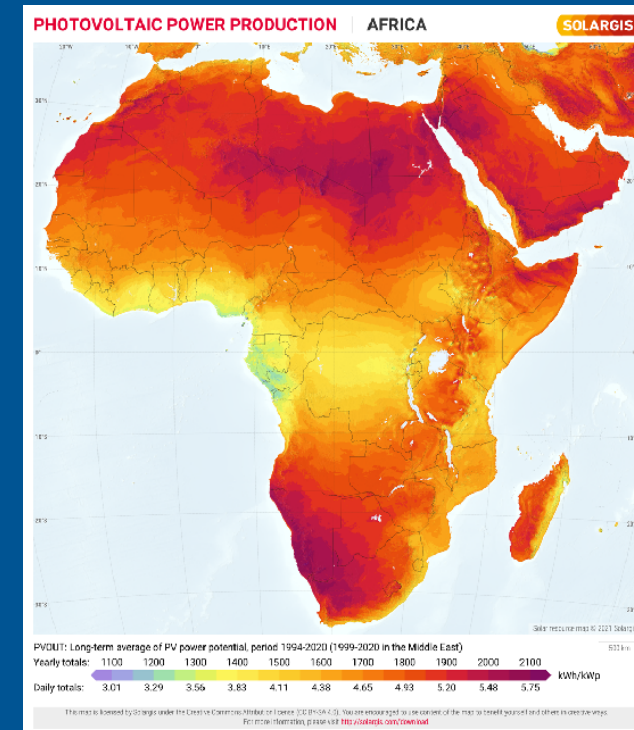


In ontwikkelingslanden kan dit enorm
bijdragen aan welvaart,
armoedebestrijding en vermindering migratie

~~Oil dollars~~

=>

Solar Dollars



natuurlijk moet Dubai grootste CSP project hebben...

5 GW Mohammed Bin Rashid Al Maktoum Solar Park in Dubai



Largest CSP project in the world

- 700MW CSP,
- \$3.9 billion investment
- Central Tower
- Parabolic Troughs
- Auxiliary solar PV
- Tariff
- PPA
- Dispatch:

15 hours storage

100 MW

3x200 MW

4x33 MW

7.3 ct/kWh

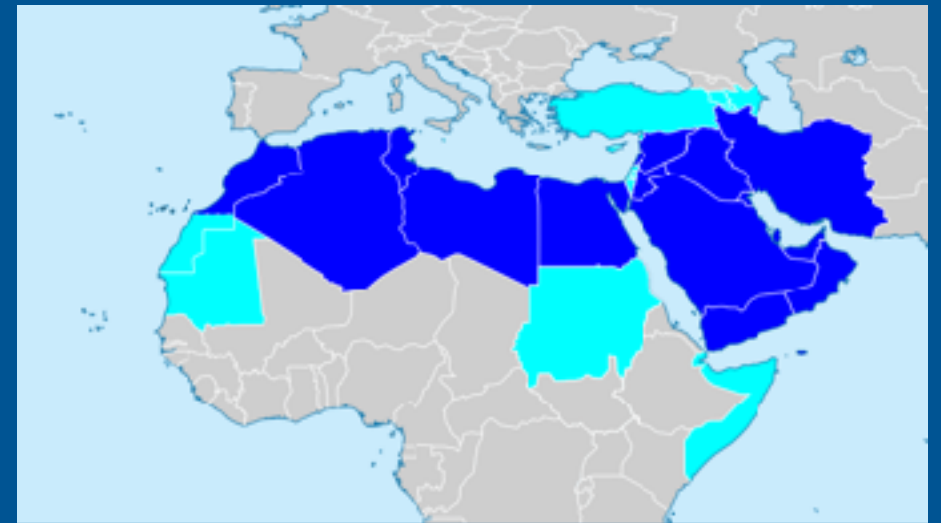
35 years

between 4pm and 10am

EU lanceerde giga plan: 2 x40 GW

MENA = landen rond middellandse zee,

Noord-Afrika, Midden-Oosten en Zuid-Europa

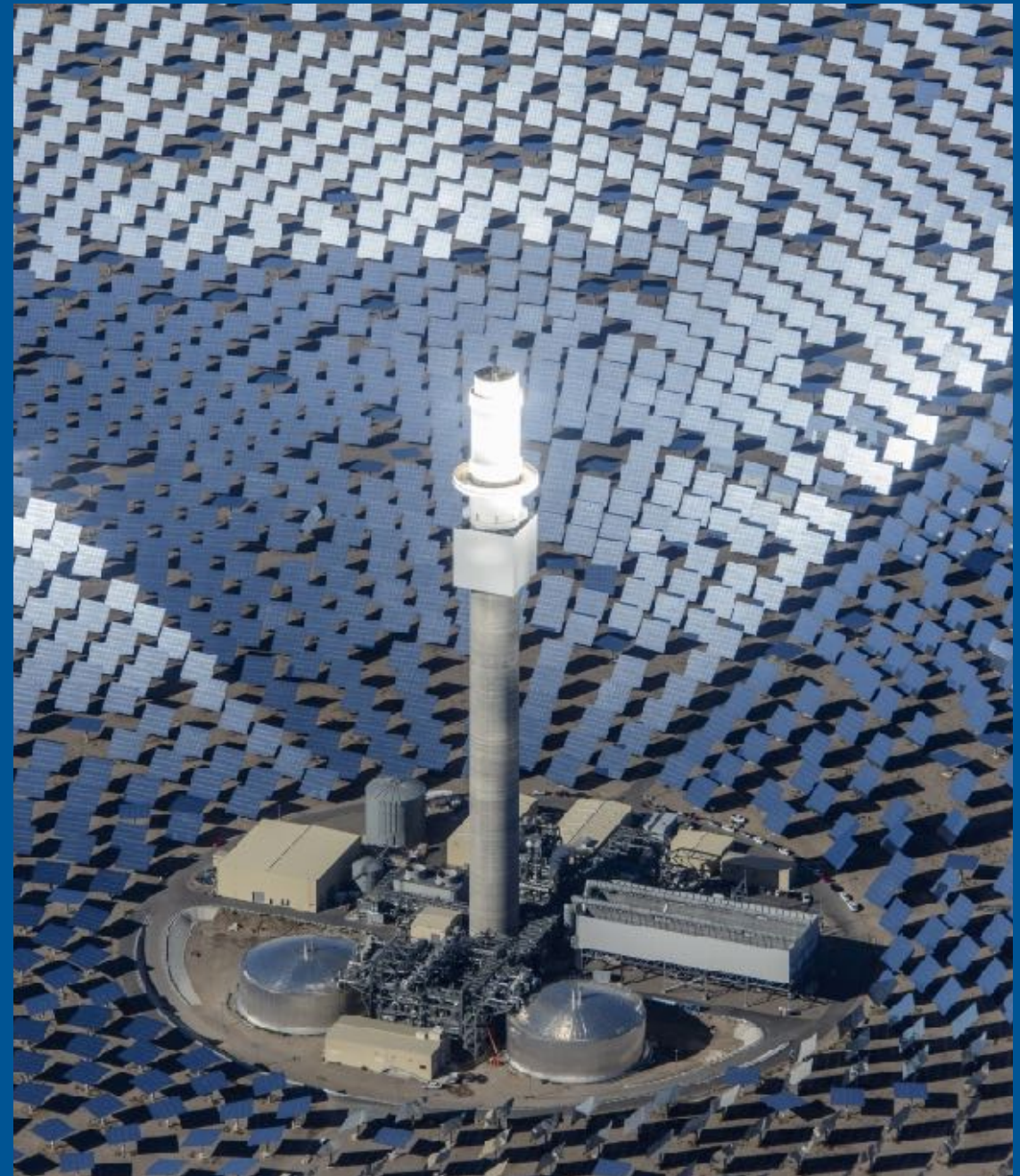


CSP-centrales in Spanje (ca 20 jaar) en Kreta (in opbouw)

CSP-centrale in Australie, 2019.

3 fascinaties:

- 1. Overvloed
- 2. Goedkoop
- 3. Allemaal bestaande, sinds lang bewezen, technologie



CONCENTRATING SOLAR POWER

CLEAN POWER ON DEMAND 24/7



Rapport vrij te
downloaden

Wereldwijd staat nu een vermogen van 43
Gigawatt
aan CSP-centrales opgesteld.

20 grote centrales, > 100MW
verwachte verdubbeling in 3 jaar.

site die dit bijhoudt: helioscsp.com

Tot zover elektriciteit

nu :

Waterstof

Niet alleen groene electronen, maar ook groene moleculen

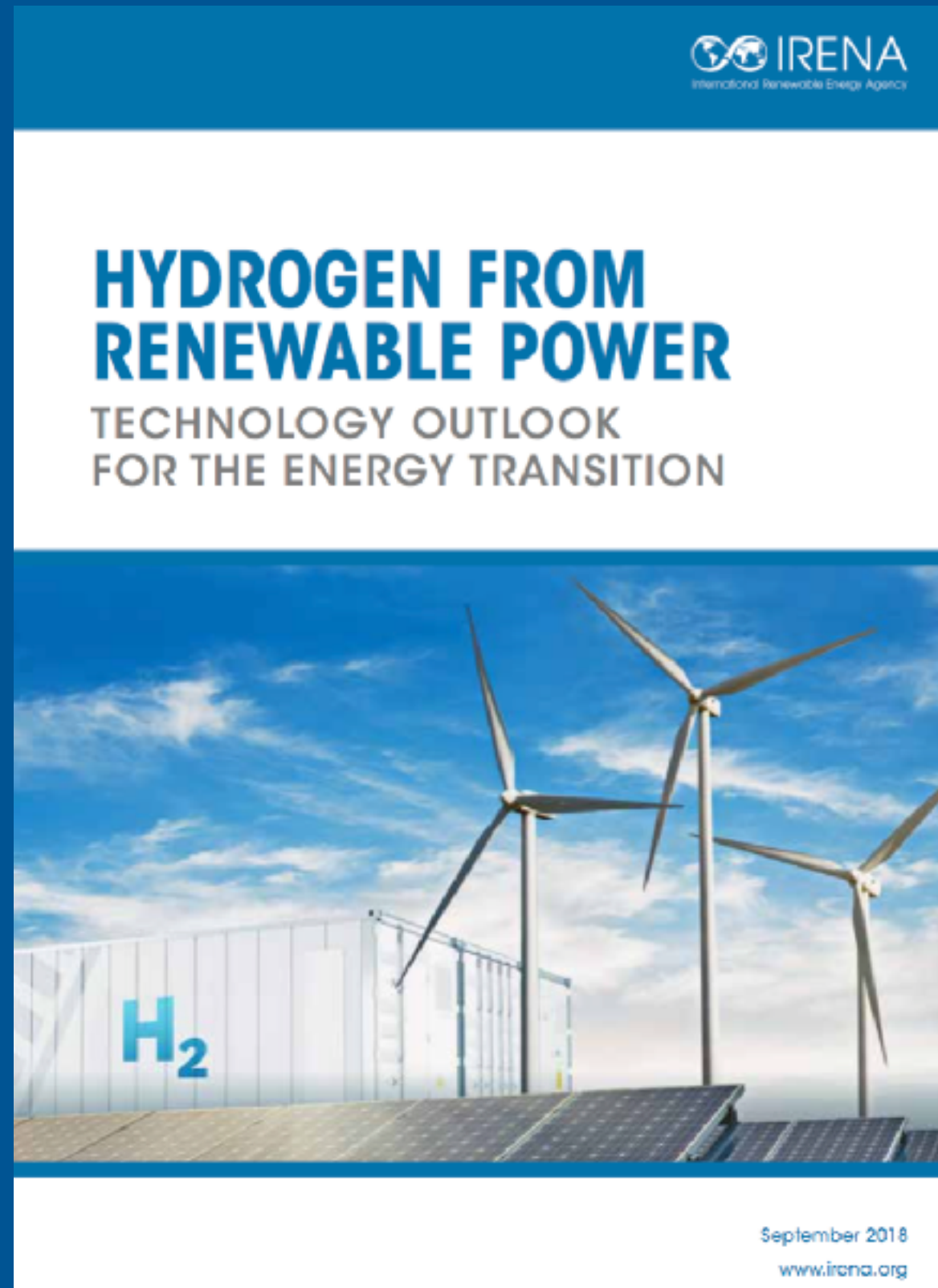
Waterstof uit Wind en Woestijn

IRENA =

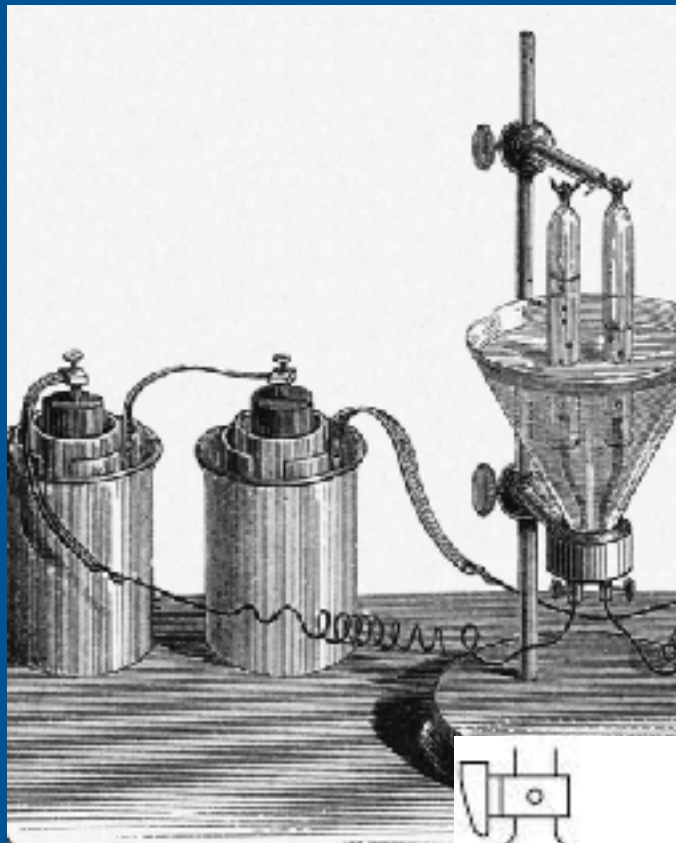
International
Renewable
Energy
Agency

irena.org

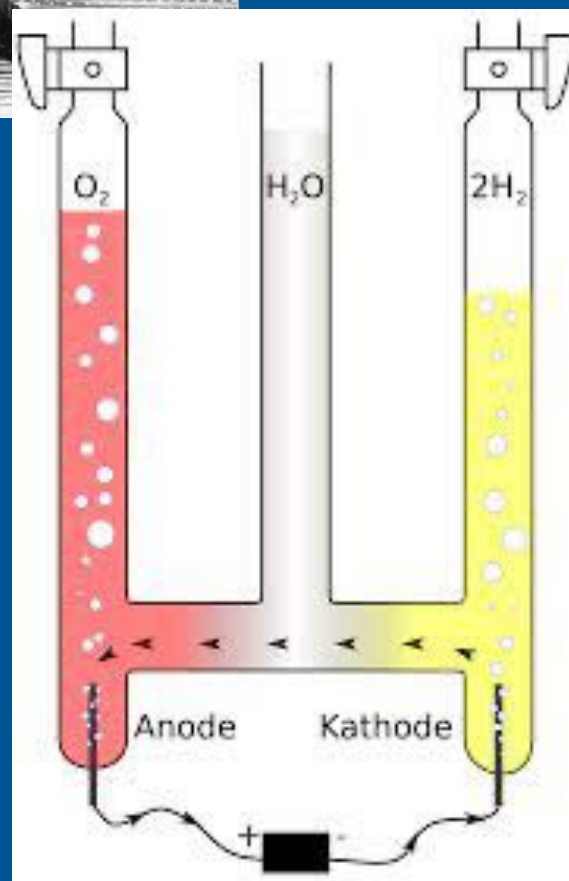
rapport
vrij te downloaden



elektriciteit —> waterstof



Toestel
van
Hofmann



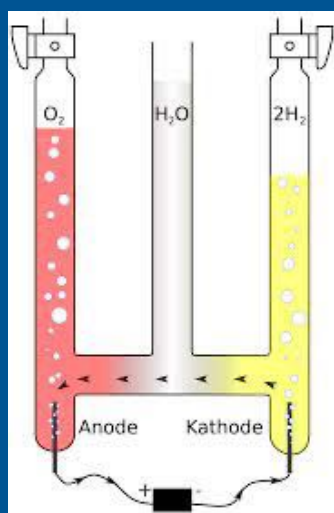
Electrolyser 50 MW
Schakelbaar in modules

elektriciteit —> waterstof

Veel hogescholen en universiteiten hebben studieafdelingen over Waterstof
Focus onderzoek op verbeteren rendement door bv membranen te verbeteren

Excursiemogelijkheden voor leerlingen!

Op Maasvlakte vanaf 2025 elektrolyser van
200 MW => 60 ton H₂/dag

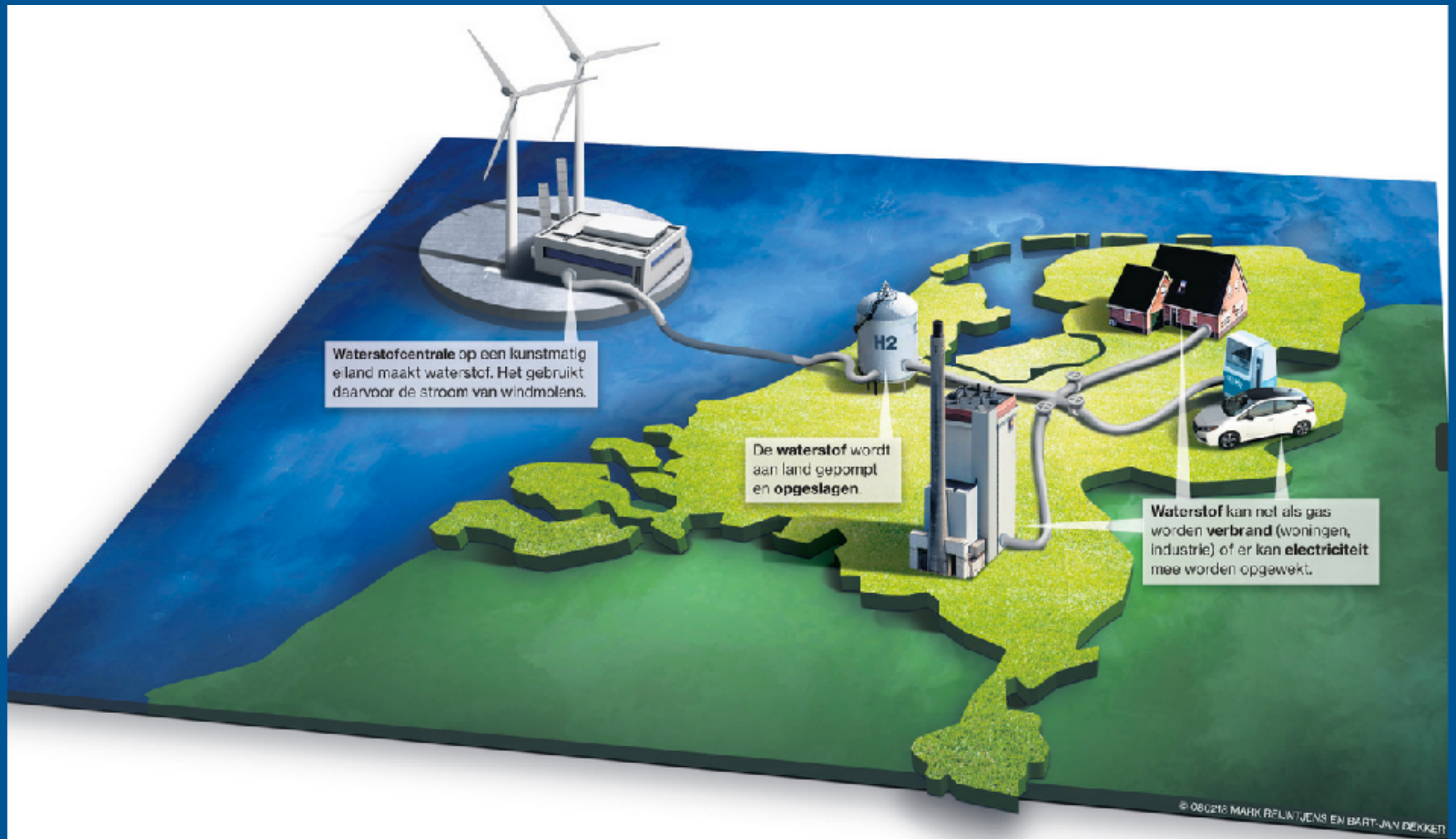


Transport waterstof van woestijn naar hier

- bestaande tankervloot (LNG)
 - koelen
 - omzetten in ammoniak (hoger kookpunt, -33 ipv -253 °C)
 - in Nederland weer omzetten in H₂
 - N₂ bijmengen —> bestaand gasleidingen-net
- Of via pijpleidingen
Transport H₂ via pijp kost 15x minder dan electriciteit via kabel



Waterstof uit de Noordzee



‘Waterstof is het nieuwe aardgas’ –
A sustainable energy supply for everyone
pdf, te downloaded. Prof. Ad v. Wijk, Delft

Toepassingen waterstof

Grote bedrijven

Transport:

Schepen

Vrachtwagens

Vliegtuig

Personenauto's

In bestaande huishoudelijke gasnet

Eerst de
grote
vervuilende
bedrijven

VERGROENING

Tata gaat overstag en stopt met gebruik van vervuilende kolen

Tata Steel heeft besloten de CO₂-uitstoot te verminderen door voortaan staal te maken op basis van aardgas en later waterstof.



september 2021:

‘Tata dwingt kabinet meer te investeren in waterstof’

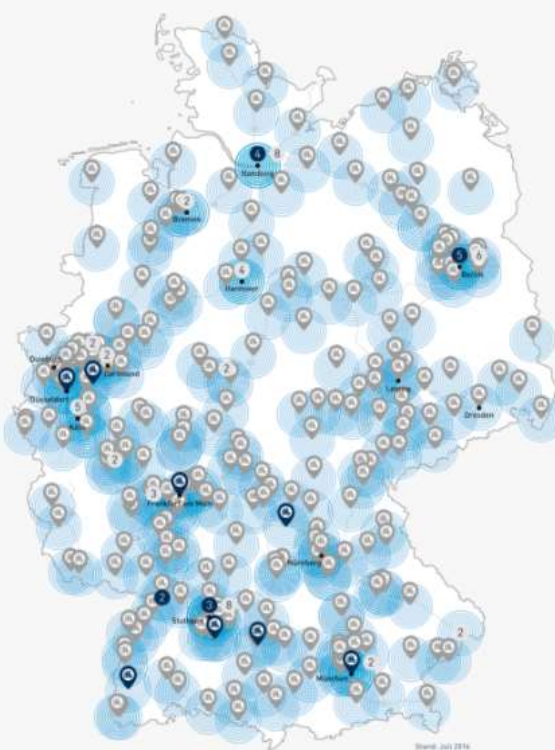
Toyota Mirai; Fuel cell car



Groene Waterstof

32

Duitsland 400 waterstoftanks in 2023



400 waterstoftankstations in bestaande tankstations.

Investerings: 350 miljoen € overheid, half bedrijven.

Consortium: Shell, Total, Linde, OMV, Daimler, BMW, Volkswagen, Honda, Hyundai, NOW (Duitsland)

Groene Waterstof

37

Auto's

Rijden op H2 = elektrisch rijden

22

WETENSCHAP

Ultieme energiebron heeft

één nadeel: de prijs

Waterstof is niet te stuiten

Lange tijd was waterstof het buitenbeentje bij de energieproductie. Maar het tij keert, waterstof wordt populair als energiebron in het vervoer, de industrie en in huis.

HANS VAN ZON

Absoluut. Waterstof maakt een inhaalslag", zegt René Peters (foto), directeur Gas Technology bij TNO, de organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek in Den Haag. „Goed ook dat het internationaal gebeurt. Waterstof heeft een enorme potentie. Het lijkt op aardgas maar dan zonder CO₂. Heel schoon dus."

Peters durft nog wel een stapje verder te gaan. Er worden veel projecten aangekondigd, alleen al bij TNO lopen er vijftig, maar de opkomst van waterstof gaat daarmee in zijn ogen niet snel genoeg. Waterstof is een energiedrager die de concurrentie met elektriciteit, aardgas, benzine en diesel aankan, aldus Peters. „Op voorwaarde dat de productiekosten omlaag gaan. De kosten zetten een rem op de ontwikkeling."

Waterstof is geen grondstof, het moet worden geproduceerd en dat kost energie. Ook de installaties om van duurzame energie groene waterstof te maken, zijn nog duur. Die installaties maken gebruik van elektrolyse, splitsing van water met behulp van elektriciteit. „Nu kan waterstof de concurrentie niet aan met andere energiebronnen. Het is daarom ontzettend belangrijk om de kosten te reduceren. Als dat lukt, ligt de weg voor waterstof open", zegt de specialist van TNO. „Ook zal de politiek moeten aanhaken bij het bedrijfsleven en de wetenschap. „Zij loopt achter met wetgeving. We wachten ook nog op de waterstofvisie van de overheid", aldus Peters. Daarom is hij blij met de Green Deal van Eurocommissaris Frans Timmermans, het ambitieuze plan om de Europese economie te vergroenen, onder andere met waterstof. „Dat zet

druk op het Nederlandse beleid. Er komt geld vrij, in totaal 1000 miljard, waarmee grote, grensoverschrijdende programma's kunnen worden opgestart. Waterstof moet daarin een mooie plek krijgen", legt de wetenschapper uit.

Veilig Volgens Peters is een hoger tempo echter niet zaligmakend. „De maatschappij moet het kunnen bijhouden. Je moet laten zien dat het gebruik van waterstof veilig is, dat het te betalen is. Het moet zich manifesteren als een goed alternatief voor aardgas."

Het is nu aan het bedrijfsleven en de wetenschap te danken dat Nederland de achterstand op de belangrijkste Europese 'waterstoflanden', Duitsland en Groot-Brittannië, inloopt. „We hebben het onderwerp veel later opgepakt, maar staan dankzij allerlei mooie initiatieven in Europa op plek 3. Bedrijven, van groot tot klein, zijn heel actief bezig met waterstof." De fabrikant

van verwarmingsketels en warmtepompen Remeha heeft zijn eerste proefketel voor waterstof al klaar. Ook andere fabrikanten staan te trappelen om de waterstofketel toe te passen. In eerste instantie gaat het om bijmenging, de toevoeging tot wel zo procent waterstof aan aardgas. „Waterstof laat zich perfect mengen", aldus Peters. Maar het uiteindelijke doel is een 100 procent waterstofketel.

Raffinaderijen in Rotterdam gebruiken nu al veel grijze waterstof (zie kader), geproduceerd op basis van aardgas. De woningbouw blijft niet achter. De gemeente Hoogeveen krijgt dit jaar zijn eerste waterstof-wijk. Zestien huizen krijgen zonnepanelen, lager temperatuurverwarming en buffertanks. Dit eigen energienet heeft een micro-energiecentrale, waar in de zomer het

overschot aan zonne-energie wordt omgezet in waterstof. De voorraad kan in de winter weer worden aangewend voor elektriciteit en warmte. Dit proefproject moet het voorbeeld worden voor een miljoen andere huizen. Het project in Hoogeveen raakt de kern van het grootste probleem met energie, de opslag. „Groene elektriciteit van zon en wind laat zich lastig opslaan; je hebt ook flink verlies over lange afstanden", aldus Peters. „Waterstof is wel

'Het gasnet is zeer geschikt om waterstof te transporteren'

goed op te slaan en dan kun je pieken en dalen in de energiebehoefte prima opvangen. Met stroom is dat veel lastiger. Als het aanbod van zonne- en windenergie en het gebruik van warmtepompen enorm toeneemt, kan het huidige elektriciteitsnet dat niet meer verwerken."

Peters bezweert de overheid het aardgasnetwerk in Nederland niet af te breken. „Dat is een kostbaar bezit. Het is uitermate geschikt om waterstof mee te transporteren. We kunnen het nu al bijmengen met aardgas. Als we het alleen voor waterstof willen gebruiken, zijn de geleidelijke in het gasnet dan verplicht gesteld. Duitsland toont al aan dat bijmenging met 20 procent geen problemen geeft bij bestaande installaties. Je kunt beginnen met 5 procent, dan is tot uiteindelijk 20 procent", zo rekent de 'ambassadeur' van de waterstof voor.

Het toekomstplaatje wordt nog mooier. Peters: „Op de Noordzee wordt gewerkt aan een waterstof-fabriek. Op een platform. Die fabriek moet in 2021 gaan draaien. De waterstof gaat met leidingen naar Rotterdam en dan daar, bijgemengd, het aardgasnet in. In 2025 draait ook de eerste groene waterstof-fabriek op land."

In 2030 moet, als het aan Peters ligt, de 'waterstofmotor' in de vijfde versnelling. „Dan loopt de capaciteit van het elektriciteitsnet vast en is de kans groot dat waterstof zich heeft bewezen als een veilige, betrouwbare en betaalbare energiebron. Dan loont het om grootschalig groene waterstof te produceren."

plaatje van René Peters er dan uit. „Waterstof vervoert al een plek in zwaarder vervoer. Over vijf jaar zal een groeiend aantal bussen en vrachtwagens op waterstof rijden met behulp van 20 tankstations."

De TNO-specialist ziet ook grote mogelijkheden voor de lucht- en scheepvaart. „Dat zijn grote veruilen, vooral de scheepvaart zou met waterstofgebruik een belangrijke bijdrage geven aan de verbetering van het milieu."

In 2025 zal ook het project in Hoogeveen op verschillende plekken navolging krijgen. „Hopelijk heeft de overheid bijmenging van waterstof in het gasnet dan verplicht gesteld. Duitsland toont al aan dat bijmenging met 20 procent geen problemen geeft bij bestaande installaties. Je kunt beginnen met 5 procent, dan is tot uiteindelijk 20 procent", zo rekent de 'ambassadeur' van de waterstof voor.

Het toekomstplaatje wordt nog mooier. Peters: „Op de Noordzee wordt gewerkt aan een waterstof-fabriek. Op een platform. Die fabriek moet in 2021 gaan draaien. De waterstof gaat met leidingen naar Rotterdam en dan daar, bijgemengd, het aardgasnet in. In 2025 draait ook de eerste groene waterstof-fabriek op land."

In 2030 moet, als het aan Peters ligt, de 'waterstofmotor' in de vijfde versnelling. „Dan loopt de capaciteit van het elektriciteitsnet vast en is de kans groot dat waterstof zich heeft bewezen als een veilige, betrouwbare en betaalbare energiebron. Dan loont het om grootschalig groene waterstof te produceren."

Wat is waterstof? Waterstof is een kleurloos, geurloos, niet giftig gas. In de natuur komt het alleen voor in verbindingen, bijvoorbeeld in water (H₂O). Het kan niet worden gewonnen, moet worden geproduceerd.

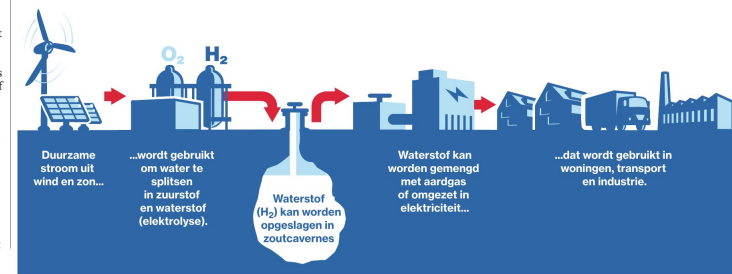
Er is 'grijze, blauwe en groene' waterstof. De kleuren staan voor het productieproces. Grijze is gemaakt op basis van aardgas met uitstoot van CO₂ in de lucht. Blauw is de CO₂ afgevangen. Groen is duurzaam, gemaakt door splitsing van water met behulp van stroom.

Waterstof is ondergrond op te slaan, in lege gasvelden of lege zoutcavities. De kosten van energieopslag liggen duizend keer lager dan energieopslag met batterijen.

Transport van waterstof door pijpleidingen is veel goedkoper dan transport van elektriciteit door kabels.



In Den Haag rijden waterstoftaxi's rond. De Toyota's Mirai worden ingezet voor het vervoer van mensen met een beperking. FOTO: TOYOTA



Veilig ?

Hydrogen versus petrol safety



Transport

Ombouw 44 ton vrachtwagen naar waterstof Waterstofregio 2.0

2016-2021



**Synthetische
brandstoffen, E-
fuels**
Bron: change.inc



Een 172 meter lang schip van Maersk vaart straks op duurzame brandstof gemaakt van waterstof en CO2 uit de lucht. | Credit: Wikimedia Commons, Kees Torn



Fietsen op
waterstof,
nu 300 ex...

Groningen krijgt eerste groene waterstoftreinen van Nederland (Arriva, 2027)

Luchtvaart



**Uit recent rapport van Airbus:
eerste vliegtuig op H2 rond ca
2028**

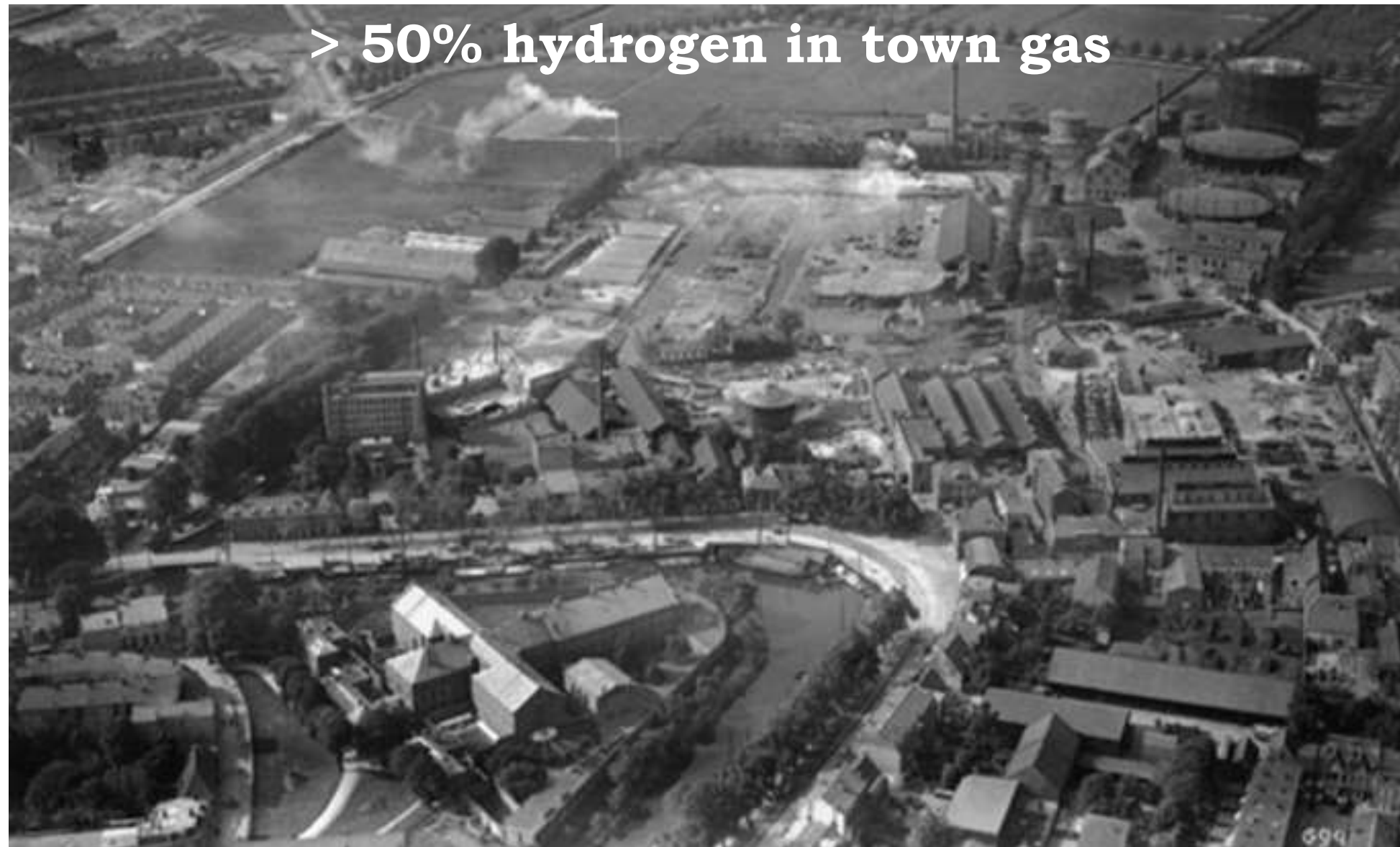
**Synthetische brandstoffen, E-fuels
Bron: change.inc**

**Studententeam TU Delft bouwt
vliegtuig op vloeibaar waterstof**



Het **bestaande gasnet** kan gebruikt worden,
mits gemoderniseerd

Town Gas production Utrecht 1862-1959

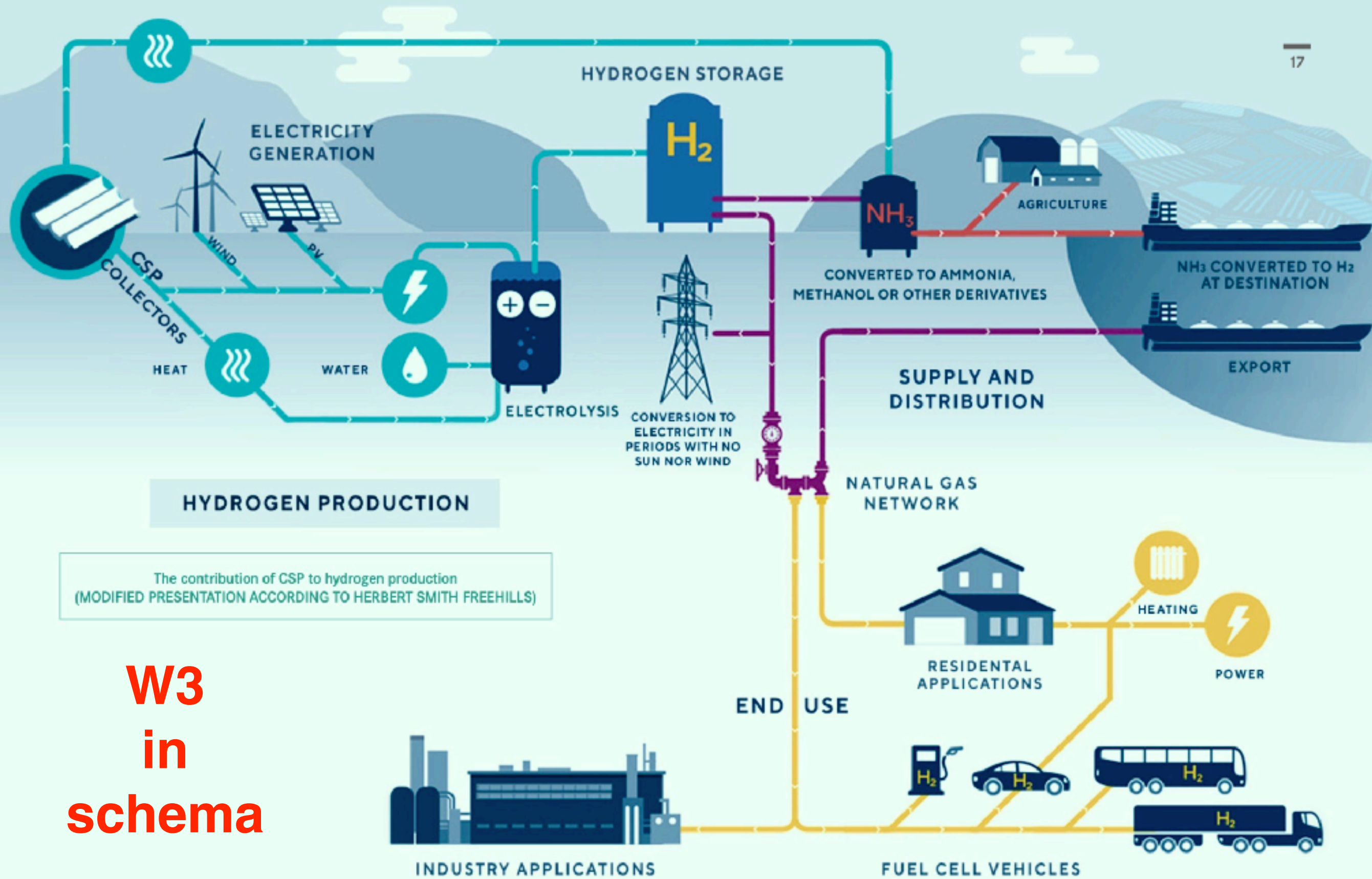


Waterstof in Nederland:

topsectorenergie.nl/10-interessante-waterstofprojecten-nederland



Hoogeveen waterstofwijk. Kassa, za. 7 maart 2020, BNNVARA video vanaf 21'



**W3
in
schema**

Stopcontact op de Noordzee



Visualisatie van een 2 gigawattplatform (of stopcontact) op zee waarmee de door windturbines opgewekte energie wordt verzameld en via kabels aan land wordt gebracht. Momenteel gaat het om zevenhonderd megawatt per platform, er wordt gestreefd naar verdrievoudiging in 2028

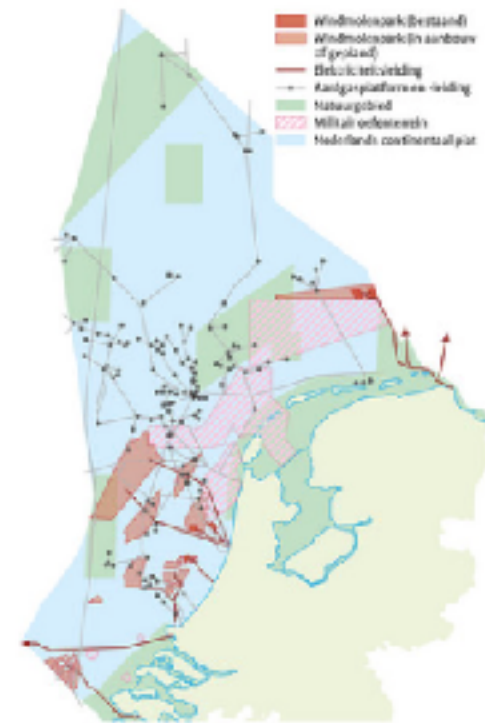
© TeneT



Installatie van de topside (transformatorplatform) van het windpark Hollandse Kust Zuid december 2021. Dit windpark, dat op dit moment door Vattenfall wordt gebouwd moet eind van dit jaar, begin volgend

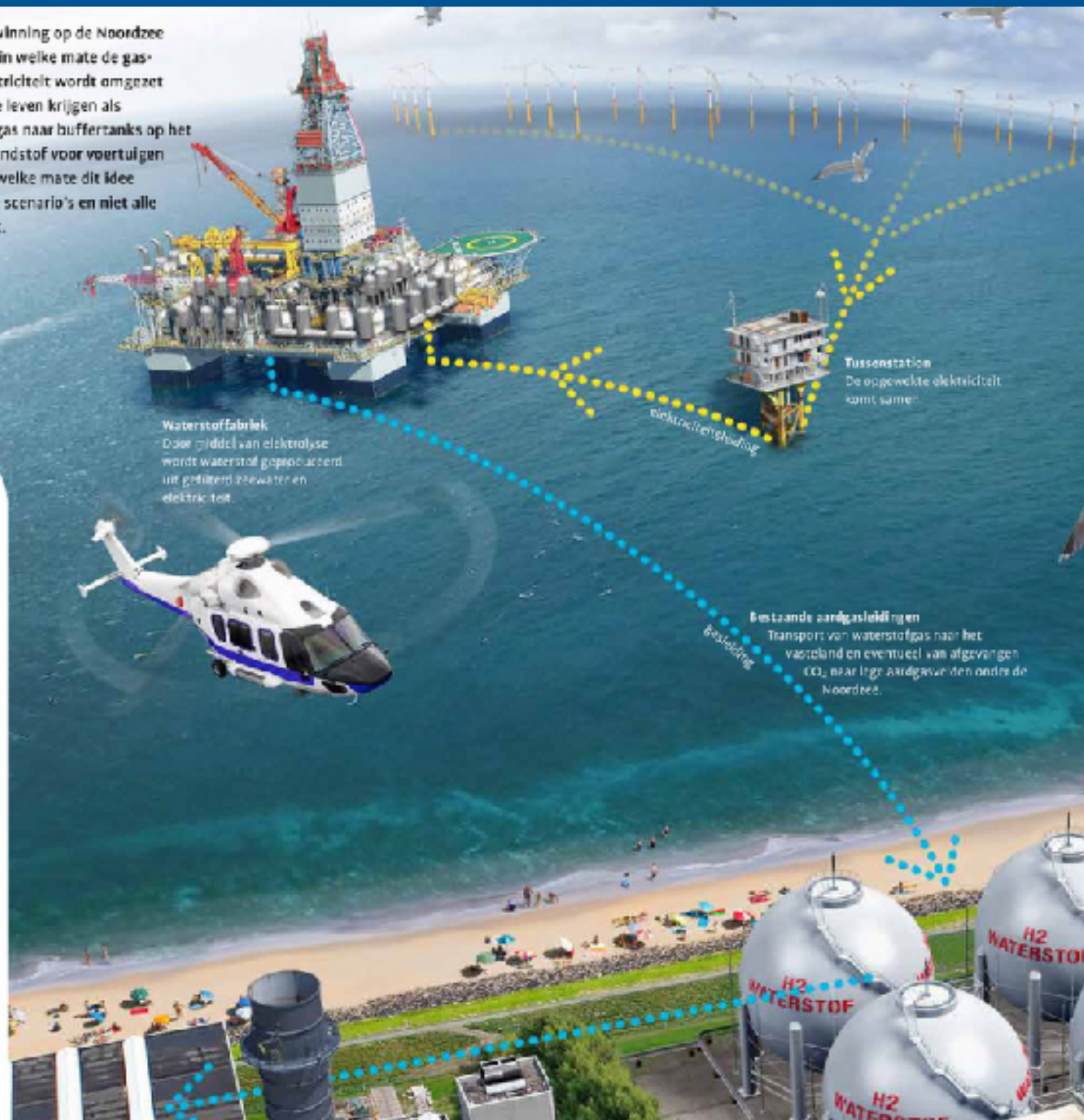
Waterstof uit de Noordzee

Waarschijnlijk maakt tussen nu en 2050 de aardgaswinning op de Noordzee plaats voor energiewinning door windmolens. Maar in welke mate de gasinfrastructuur verdwijnt, is nog onzeker. Als de elektriciteit wordt omgezet in waterstofgas, kunnen oude platforms een tweede leven krijgen als waterstofabriek. Via bestaande leidingen gaat het gas naar buffertanks op het vasteland. Daar is het onder andere inzetbaar als brandstof voor voertuigen of grondstof voor de chemische industrie. Of, en in welke mate dit idee werkelijkheid wordt, is onzeker: er zijn verschillende scenario's en niet alle platforms en leidingen zijn geschikt voor hergebruik.



Infrastructuur op de Noordzee

Zet je windenergie al op zee om in waterstofgas, dan scheelt het de aanleg van vele kilometers elektriciteitskabel als dat gas dan via bestaande gasleidingen aan land kan komen. Ook is een deel van de 150 boorplatforms oprijp om te zetten, onder andere als waterstofabriek.

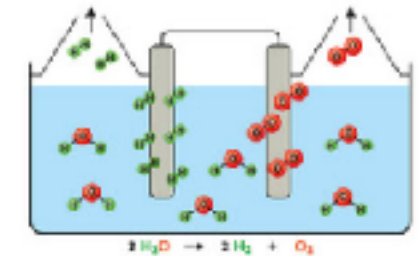


Waterstofabriek
Door middel van elektrolyse wordt waterstof geproduceerd uit gefilterd zee water en elektriciteit.

Tussenstation
De opgewekte elektriciteit komt samen.

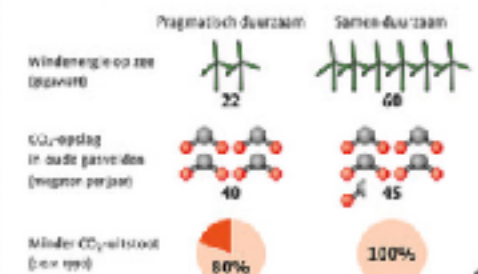
Bestaande aardgasleidingen
Transport van waterstofgas naar het vasteland en eventueel van afgevangen CO₂ naar lege aardgasvelden onder de Noordzee.

Elektrolyse: van stroom naar gas
Bij elektrolyse worden watermoleculen met behulp van elektriciteit gesplitst in waterstof en zuurstof (2:1). Als waterstof weer met zuurstof in aanraking komt, komt energie vrij en ontstaat als enige 'afvalstof' water.



Scenario's voor de Noordzee

Hoeveel windmolens er op de Noordzee komen, is nog onbekend. Het Planbureau voor de Leefomgeving schetst vier scenario's. In de meest ambitiesse variant voor 2050 (Samen duurzaam) bedekken windmolenparken 17 tot 24% van het Nederlandse deel van de Noordzee (in 2017 was dat 0,3%). In dat scenario is er nauwelijks ruimte meer om natuurgebieden uit te breiden en wordt veel CO₂ ondergronds opgeslagen. Bij andere scenario's, met minder windmolens, zijn extra maatregelen nodig om de klimaatdoelen te halen.



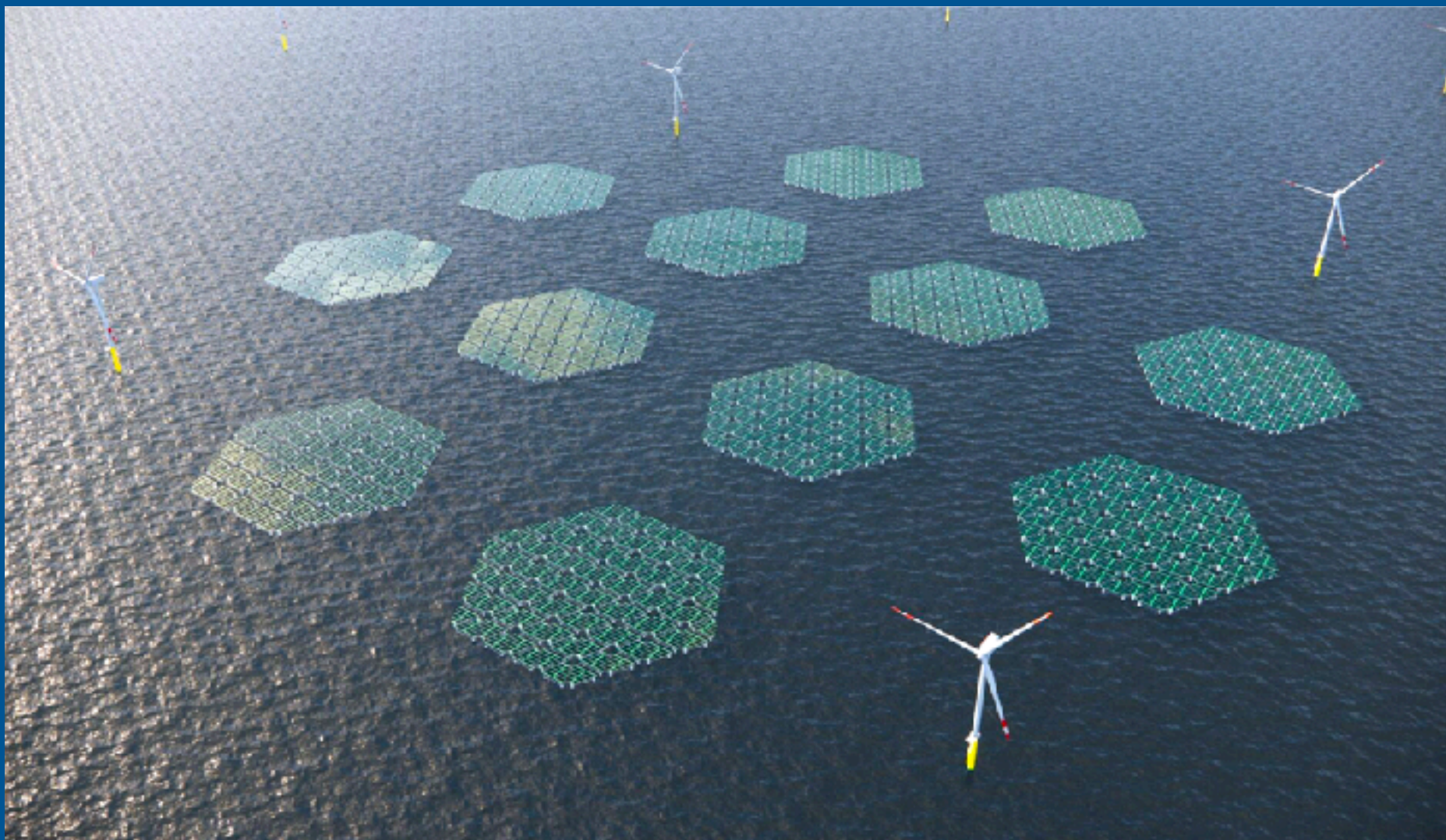
SolarDuck en RWE bouwen drijvende zonnepanelen in de Noordzee

Het Nederlands-Noorse SolarDuck werkt samen met RWE om drijvende zonnepanelen op zee uit te testen en uiteindelijk op te schalen. Een nieuwe pilot in de Noordzee moet de basis leggen voor een groter project in het Nederlandse offshore windpark Hollandse Kust West.

Juli 2022,

Bericht op
change.inc

(Gratis nieuwsbrief)



5 hotspots voor groene waterstof

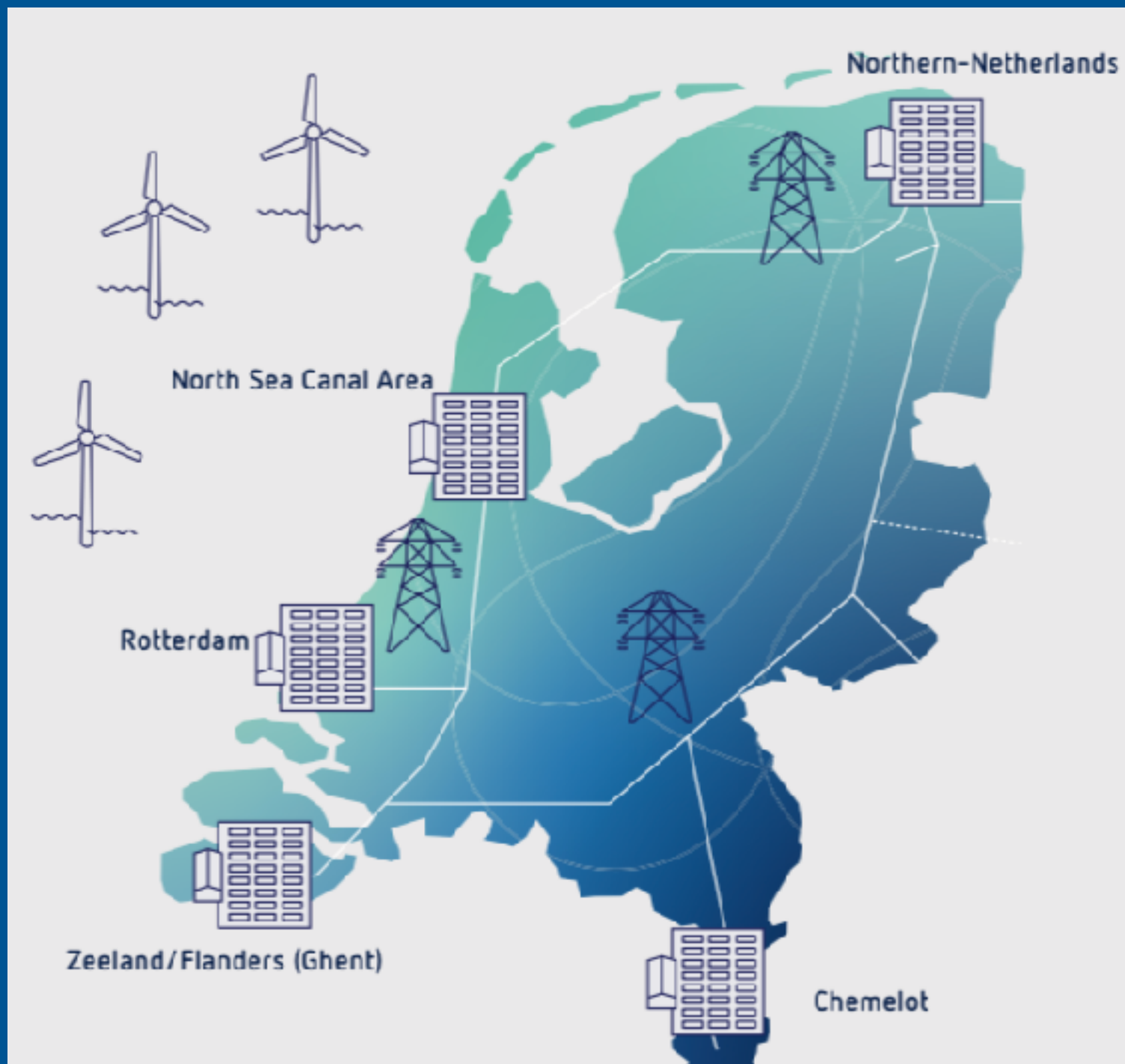


Figure 4: Potential locations for the 1-GW green-hydrogen plants in five industrial clusters in the Netherlands



INTERNATIONALE ONTWIKKELINGEN

26 januari 2022

Groene waterstof onder 2 euro per kg, kan dat?

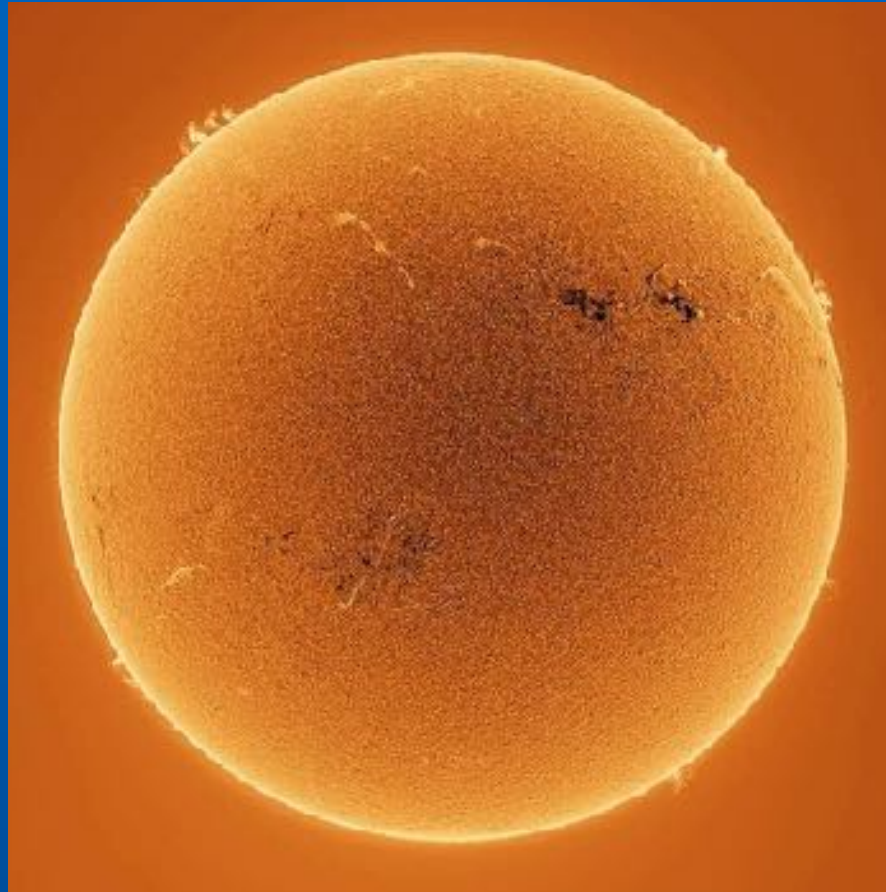


De prijs van emissievrije groene waterstof moet omlaag om het gebruik economisch aantrekkelijk te maken. De oplossing: productie in zonnrijke gebieden zoals in Namibië.

In 2021:
Huidige prijs 10 €/kg
=>
1 à 2 €/kg

groene waterstof
kost nu al minder
dan
vervuilende grijze.
(zomer 2022)

Claim startup Israel:
<1 €/kg



Overvloed van energie van de zon

Hoezo energieprobleem?

- De techniek is voorhanden, nu de inzet daarvan nog!

Kan CSP ook in Nederland?

Ja => CST (Thermisch)

Geschikt voor **warmte**toepassingen vooral
als proceswarmte in industrie
75% van ons energiegebruik draait om warmte!

Paradox:

90 % van de klimaatinspanningen gaat naar **elektriciteit**, maar
twee derde van onze CO₂-uitstoot is gerelateerd aan
ons **warmte**gebruik.

Kan CST ook in Nederland?

Ja

Geschikt voor warmtetoepassingen tot 400 gr. Celsius

AZTEQ

[Home](#)

[technisch](#)

[Over ons](#)

[Nieuws](#)



[Contact us →](#)



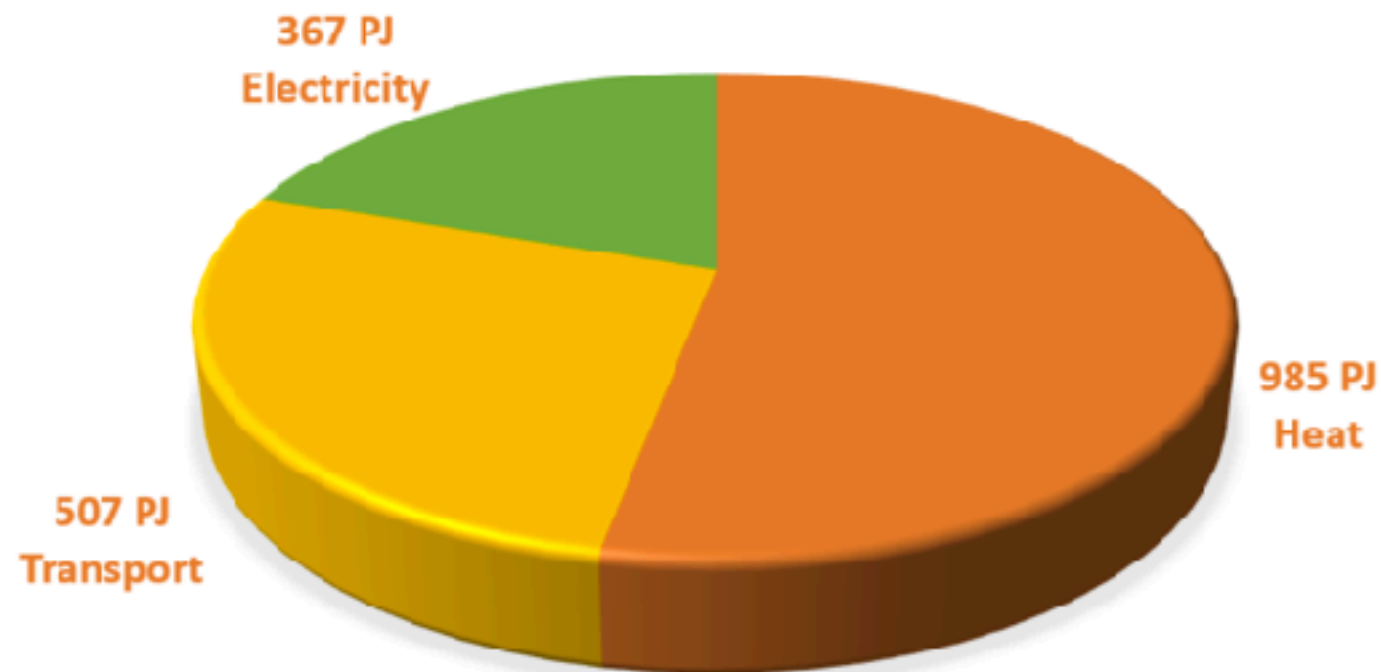
Kan CSP ook in Nederland?

Ja. => CST (Thermisch)

Heat Demand

Heat demand as part of total energy demand

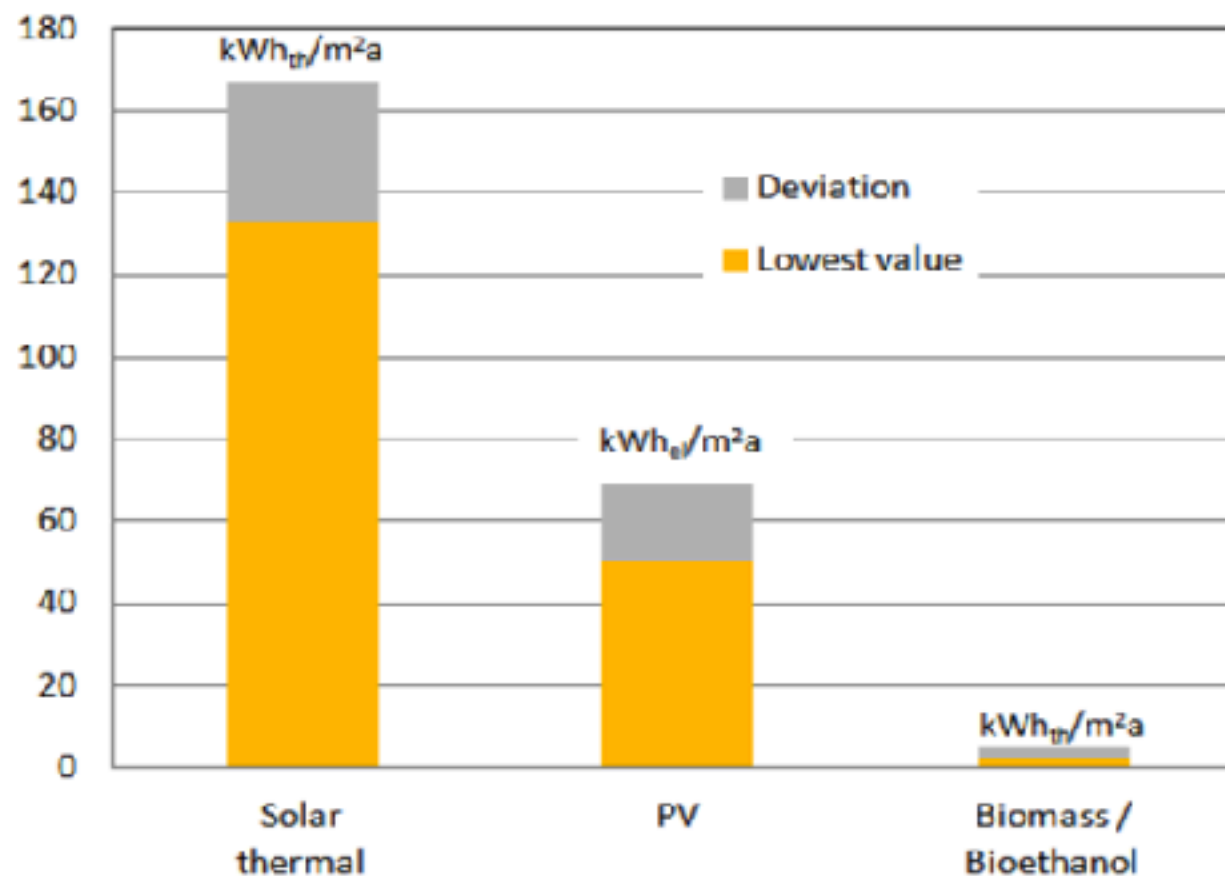
TOTAL: 1859 PJ



Source: TNO (2020), Warmtemonitor (2019) o.b.v. CBS

Opbrengst CST en PV vergeleken

Yield [kWh/m²a] Comparison PV vs Solar Thermal



Source: Fraunhofer, 2017

Fraunhofer study shows solar thermal collectors produce an average of **three** times more kilowatt hours energy per square meter than solar photovoltaics

Gemeten in Joules **3** keer **méér** opbrengst!

Met zonthermie en met name met geconcentreerde zonthermie kunnen we voorzien in 1/3 deel van de warmtevraag in Nederland , voor verwarming huizen/bedrijven

. DAT IS EVENVEEL ALS DE TOTALE ENERGIEVRAAG AAN ELEKTRICITEIT.

Zie hand-out 'drievoudige oogst'.

Met CST kan per m³

3x

zoveel joules geoogst worden als met PV!

Genoeg ruimte?

Nodig voor het oogsten van de gehele warmtevraag van NL met geconcentreerde zonthermie:
oppervlakte van de 3x de gemeente Apeldoorn.

Voor het merendeel boven parkeerterreinen en verloren hoekjes op industrieterreinen, waar de warmtevraag het grootst is.

Het kan in sommige gevallen ook op daken.

Geconcentreerde zonthermie is zowel geschikt voor hoge temperatuur warmtenetten als voor de industrie.

CST in de haven van Antwerpen



Het Genkse energiebedrijf Azteq bouwde
zonnespiegelpark met 1.100m² parabolen, bij Antwerpen.

Vervangt jaarlijks 500 MWh gasverbruik.

Gebouwd bovenop de parking van het bedrijf, boven een spoorlijn en
onder een hoogspanningslijn.

Eerste industriële CST project in NW-Europa.

dank tot zover,
5 minuten voor vragen Q&A.

en daarna:
Hoe zet je dit alles om in goed onderwijs?

Lesbrieven,
Verweven in gewone lessen,
de NLT-module

bronnen

- Vereniging zonnekrachtcentrales.nl
- IRENA.org
- houdt CSP-situatie globaal bij: helioscsp.com
- Ad van Wijk, universiteit Delft profadvanwijk.com

Onderwijs

Wij willen leerlingen afleveren die
met kennis van zaken
mee kunnen doen aan de
energietransitie



Waterstof uit Wind en Woestijn



- Fascinerend thema: wekelijks nieuwe ontwikkelingen.
- Actualiteit in Krant, TV en sociale media (twitter!) volgen,
- Boeiend voor èn docent èn voor leerlingen.
- Kennis opdoen in de ruim 50 bedrijven, actief in H₂Platform.
opwegmetwaterstof.nl

NLT
Module
W3

Praktisch
klaar



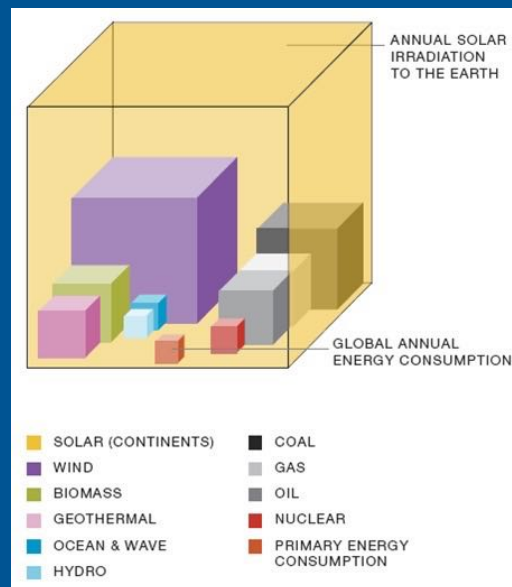
Projectgroep W3



Sietse de Haan, projectleider , Harrie Jorna hoofdredactie,
Paul Feldbrugge, Jan Molenaar, Arnoud Pollmann

Inhoud Module W3

Deel A: INLEIDING	5
1. Over de module	5
1.1 Leerdoelen en andere doelstellingen	5
1.2 Een voorbeeldparagraaf	
2. Waarom waterstof?	12
2.1 Energie	13
2.2 Broeikaseffect	21
2.3 Ontstaan van fossiele brandstoffen en verbruik	29
3. Waterstof: eigenschappen en productie	33
3.1 Algemene en relevante eigenschappen	33
3.2 Explosiviteit	37
3.3 Grijs, blauw en groen waterstof	41
Deel B: HOE KOM JE ER AAN?	46
4. Waterstof uit de Woestijn	46
4.1 Drie manieren om zonne-energie te oogsten	46
4.2 Ideale stralenvangers	55
5. Waterstof uit Wind	65
5.1 Windmolens, de huidige ontwikkelingen	65
5.2 Waterstof uit wind op zee	67
5.3 Waterstofproductie op klei	73
5.4 Bekijk het binnenste van een turbine	75
6. Vervoer en opslag van waterstof	77
Deel C: WAT KUN JE ERMEE?	83
7. Waterstof in de industrie en in het vervoer	83
7.1 Zware industrie	83
7.2 Waterstof in het vervoer	93
8. Waterstof thuis?	96
9. Waterstof voor onze toekomst	102
Voorkennis-begrippenlijst	108
Bijlage 1 URL-lijst	111



Discussievragen:

Wat is inpasbaar in natuurkundeles?

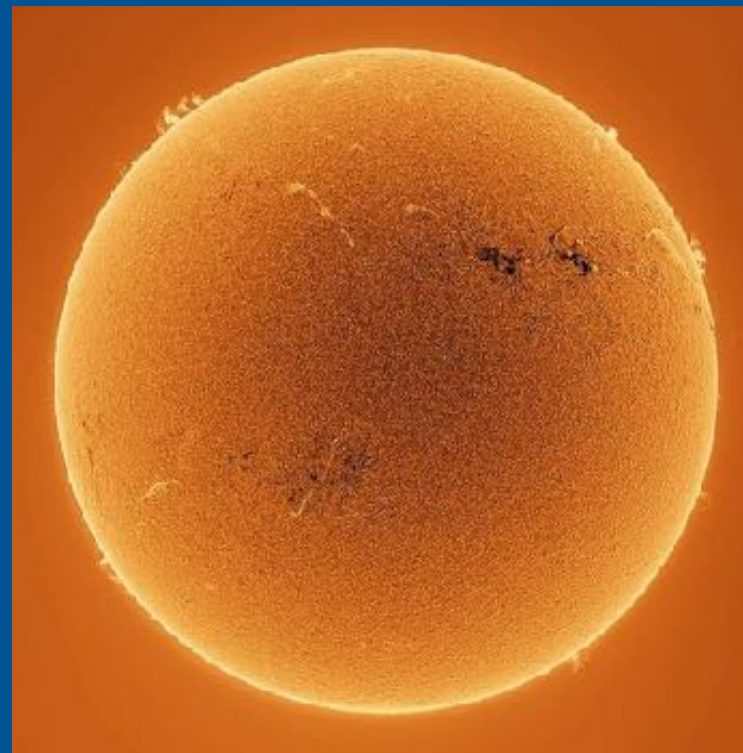
Welke onderwerpen passen in huidige programma ?

Bij welk onderdeel ?

Opinievorming ?

Toekomst-perspectieven van de leerlingen ?

Studie? Beroep ?



In leerlingtekst:

- * Vele soorten opdrachten.
- * Vele actuele links.
- * Contact met bedrijven mogelijk, via H2-platform
- * Verschillende ontwerp-opdrachten
- * Vaak fact-checken:
 'hoe weet je of iets waar is?'

Differentiatie:

- * Rekening houden met eigen inbreng van docent en leerlingen.
- * Eigen leerroute mogelijk.
- * Zowel havo als vwo.

Docentenhandleiding:

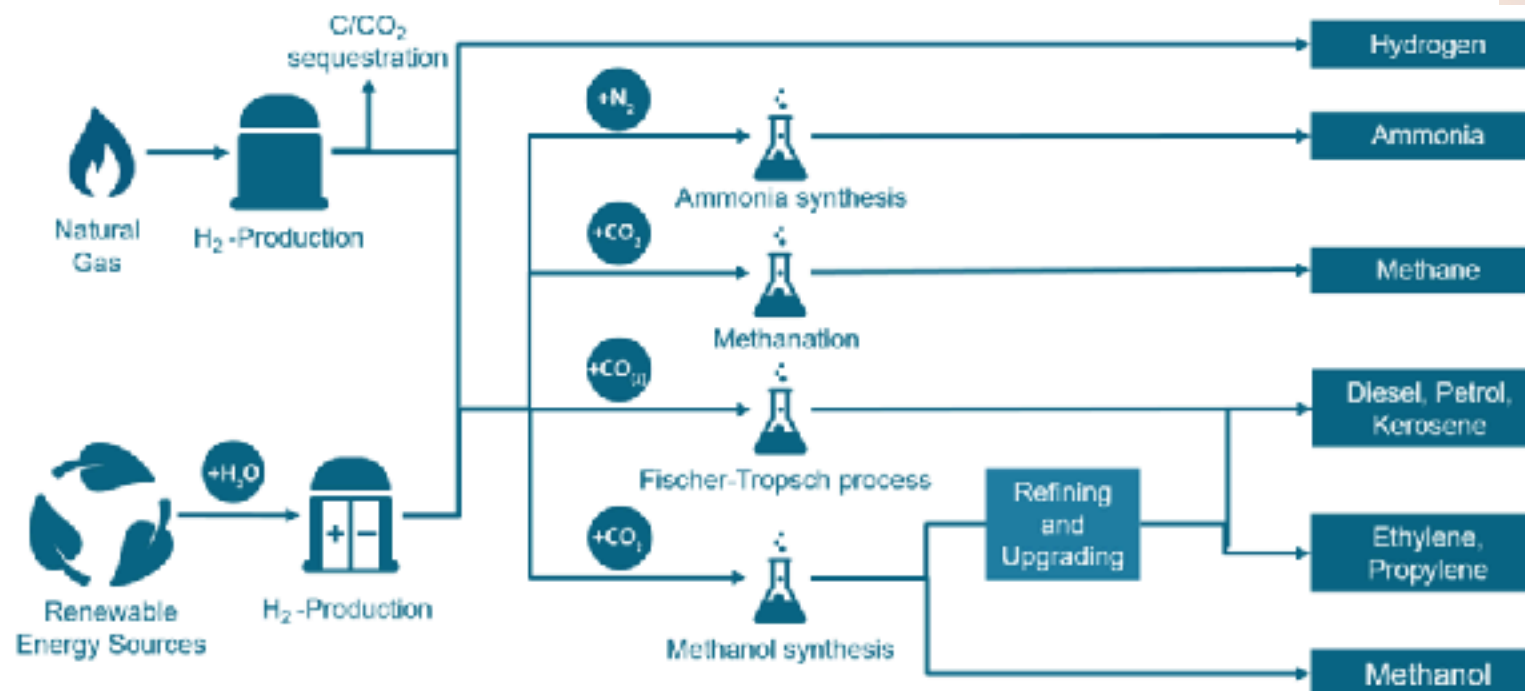
- * toetsvoorbeelden
- * toa-assistentie
- * leerling-antwoorden

Experimenten

- * Maak een stoomturbine mbv fluitketel en ventilator



Power-to-X for Applications Production and products

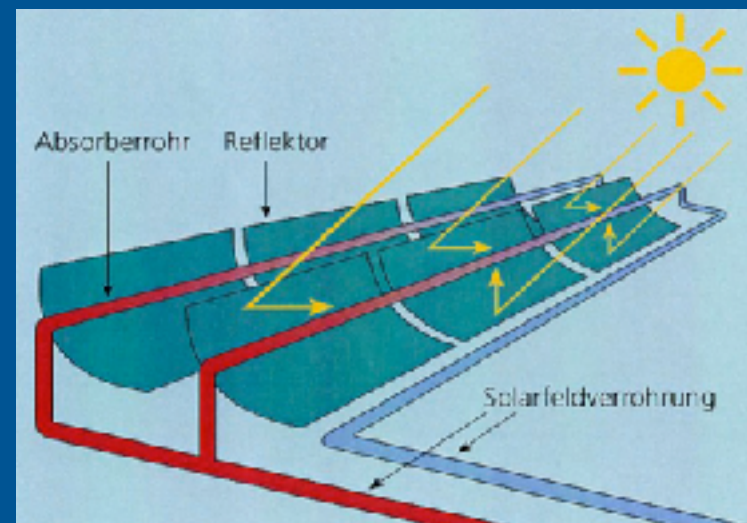


Voorbeelden van ontwerp-opdrachten

- * Verticale molen

- * Trogspiegel,

- * Heliostaat,

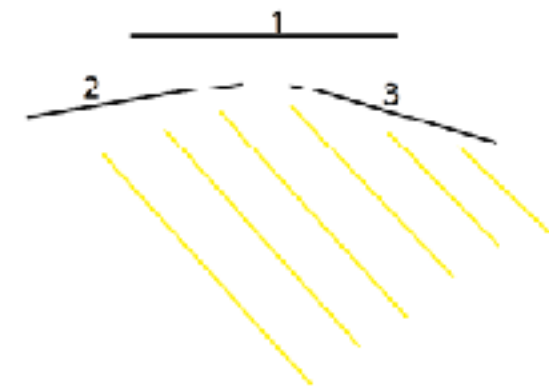


Heliostaat

Met verwijzing
naar:

'Werken met
Arduino,'
Door Freek Pols

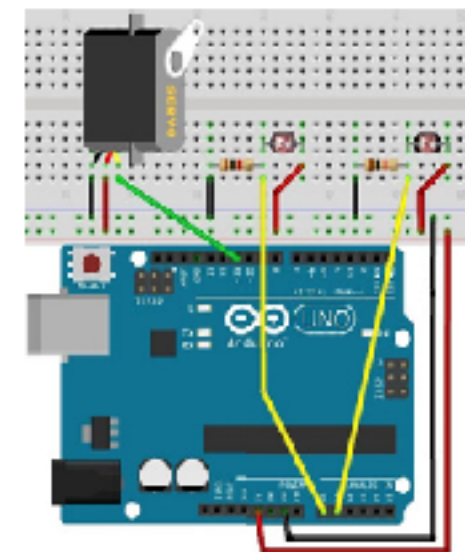
Zonnepanelen worden neer gezet om stralingsenergie, afkomstig van de zon, om te zetten in elektrische energie. De panelen vangen het meeste licht op als ze loodrecht op de zon staan. De aarde draait en we zouden de panelen mee moeten laten draaien om zoveel mogelijk energie op te vangen. Dat gaan we in deze opdracht doen.



Op een groot veld staan alle zonnepanelen opgesteld zoals zonnepaneel 1. Zonnepaneel 2 en 3 staan beide een beetje gedraaid ten opzichte van paneel 1. Je kunt nu goed zien dat de zonnepanelen de meeste elektrische energie produceren als zonnepaneel 2 en 3 even veel elektrische energie produceren. Paneel 2 vangt nu meer lichtstralen op dan paneel 3. Het hele systeem zou dus linksom gedraaid moeten worden.

In plaats van een zonnecel beginnen we met een LDR.

- Bouw de schakeling en programmeer het eerste stuk waarbij je de waarden van de LDR kan uitlezen.
- Zet de flitser van je telefoon aan en lees met behulp van `Serial.println(LDR1);` de waarden van LDR 1 en LDR2 uit. Beweeg je telefoon van links naar rechts en bekijk hoe de waarden variëren.
- Schrijf nu het stukje code voor de servo. Laat de servo naar links draaien als LDR1 meer licht ontvangt dan LDR2 en andersom. Denk eraan dat de servo gebruik maakt van een potmeter en je dus ook gebruik kan maken van de `map` functie.



- Leg uit dat al aardig in de buurt komt van het draaien van de zonnepanelen.

Eindopdracht naar keuze:

Optie 1:

Presentatie voor op een ouderavond of in de gemeenteraad en waarbij jonge mensen kunnen meedenken in het debat over oplossingen op grote schaal.

Optie 2:

Richt een eigen bedrijf op met als doelstelling het bieden van goederen en/of diensten op het gebied van waterstof.

Optie 3:

Stel jullie gaan een onbewoond eiland inrichten, maar wel zo groot als een continent zodat het selfsupporting is wat betreft grondstoffen, voedsel en energie.

Eindopdracht naar keuze:

Optie 4:

Maak iets naar aanleiding van de site H2-platform. Daar staat geweldig veel geweldig nieuws op. Daar kun je een milieufanaat mee ontroeren. Kun jij een **eigen site maken?** Ga je gang!

Optie 5:

Je kunt een ochtend of middag of een dag **les geven op de basisschool** ... jij in een rol kunt kruipen en je zo ook verkleden. Bijvoorbeeld een waterstofmannetje.

Misschien is Greta Thunberg (Zweedse milieuactiviste die op haar 16-de Klimaattop in New York toesprak) een nuttig toverwoord.

Optie 6:

Een **ontwerpopdracht volledig uitvoeren.**

Je kunt de ontwerpopdracht die als route ⑤ ter afsluiting van paragraaf 5.1 is opgenomen mede gebruiken als uitgangspunt van deze ontwerpopdracht.

Testscholen gezocht.
Of:
Wie wil (een deel) van de
module uitproberen?



mail naar
voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Of voer hieronder je mailadres in de chat van zoom

Vragen ?

Mail naar
voorzitter@zonnekrachtcentrales.nl

Of **nu** in de chat.

Geef je op als geïnteresseerde.



dank

- bronnen:
- Vereniging zonnekrachtcentrales.nl
- IRENA.org
- houdt CSP-situatie globaal bij: helioscsp.com
- Ad van Wijk, universiteit Delft profadvanwijk.com
- Chemie-actueel, Toon de Valk

<https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/5591-TSE%20Programmatische%20Aanpak%20Waterstof-web.pdf>

•

