

# Hoeveel energie gebruiken we?

1. Nederland per jaar 847 TWh = 847 Miljard kWh (2021)
2. Dat zijn 1 miljard (volle) Tesla accu's
3. Dat is ca 84 Miljard kub aardgas ( productie niveau Slochteren 1973)
4. Ruim 400 supertankers vol met olie



# Hoeveel energie gebruiken we?




3. Of een veld van 77 bij 77 km vol met zonnepanelen.

4. Nog geen 10% is nu niet fossiel

5. Per persoon dus 50.000 kWh/ per jaar, maar in het huishouden ca 1/3.







Energie is alleen interessant  
als je het kan opslaan...

**1. Vet reserves (wordt weinig meer geadviseerd)**


**2. Houtstapel (steeds populairder)**

**3. Kolenhok (Das war ein mal.....)**

**4. Gasreserves (niet zo veel meer over ...)**

**5. Olie-tank (Niet chic maar wel heel sheikh)**





Energie is alleen interessant  
als je het kan opslaan...

**En wat meer ecologisch verantwoord**

**1. Stuwmeer (Heel mooi maar niet hier)**

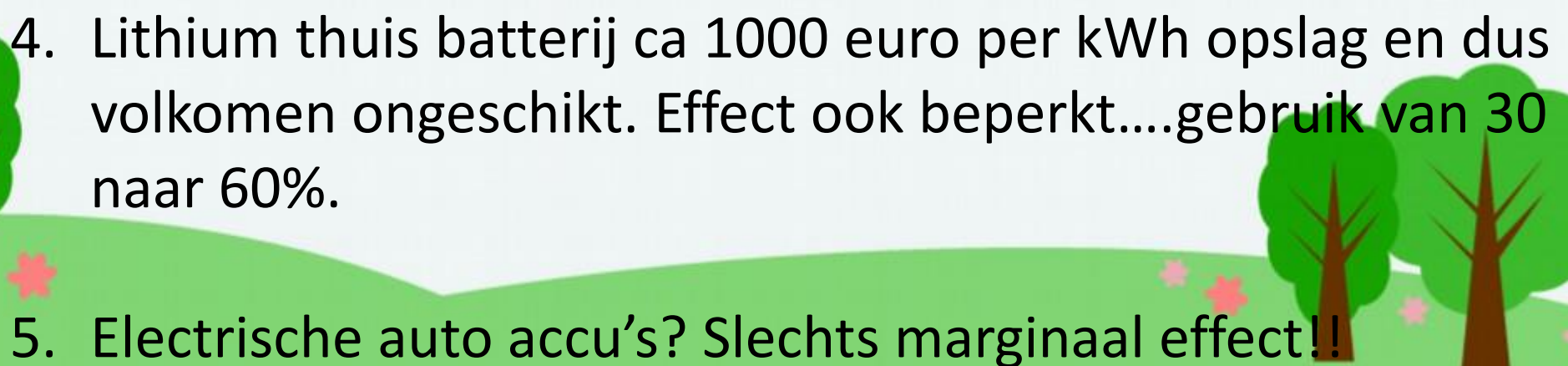
**2. Accu's?**

**3. Warmte opslag?**



# Opslag duurzame energie



1. Van de zelf opgewekte energie wordt slechts ca 30% zelf gebruikt
  2. Salderingsregeling is eindig (EN DAT IS LOGISCH!)
  3. Opslag voor korte of lange cyclus (per dag of seizoensopslag) is gewenst maar.....
  4. Lithium thuis batterij ca 1000 euro per kWh opslag en dus volkomen ongeschikt. Effect ook beperkt....gebruik van 30 naar 60%.
  5. Elektrische auto accu's? Slechts marginaal effect!!
- 

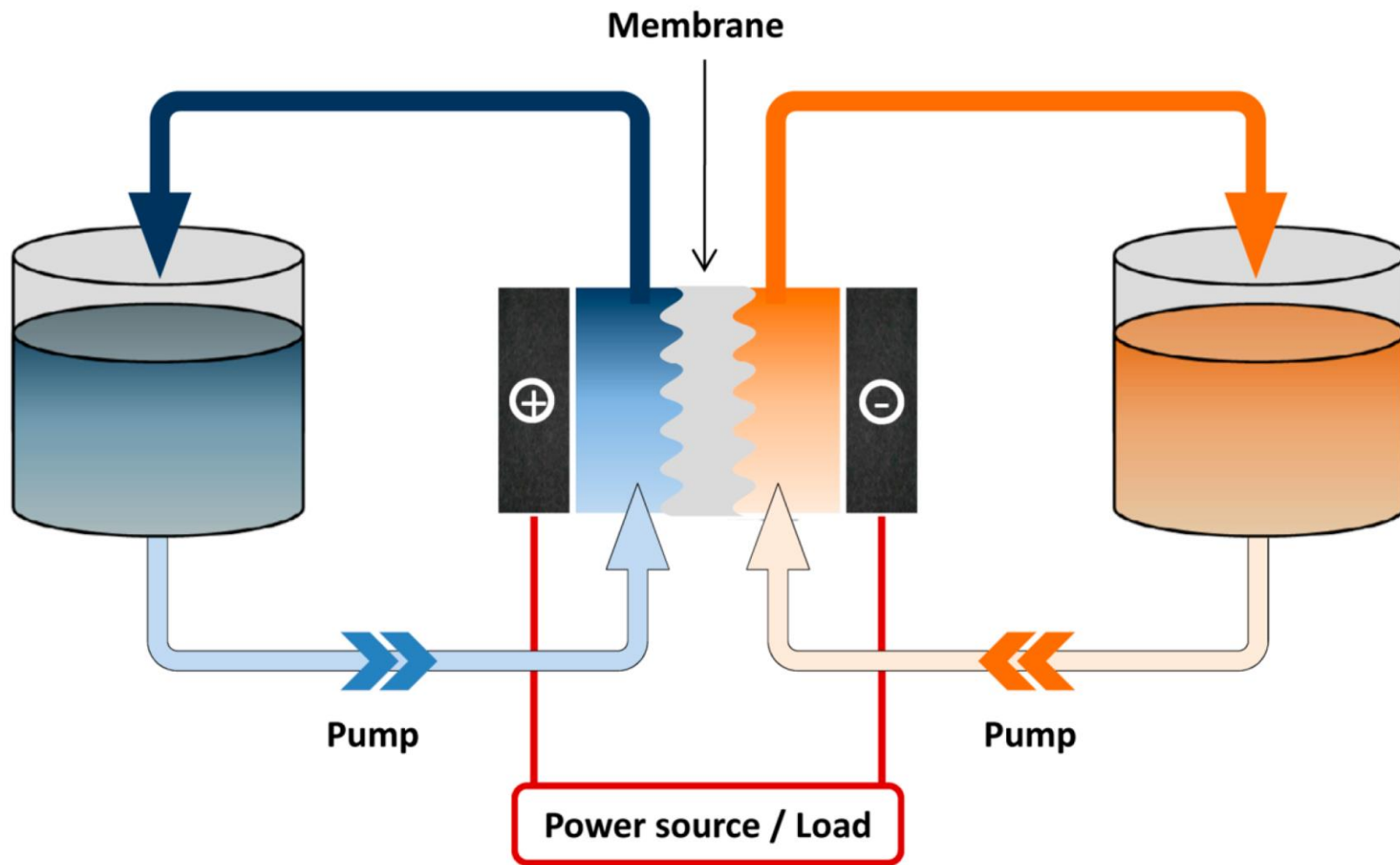


# De olifant in de kamer

1. Gaan we geld en energie spenderen voor marginale opslag capaciteit, (elektrische auto's, thuisbatterijen etc) of gaan we werken aan een structurele seizoensopslag?

# Wat zijn de opties?

## 1. Flow batterij



# Pros & cons

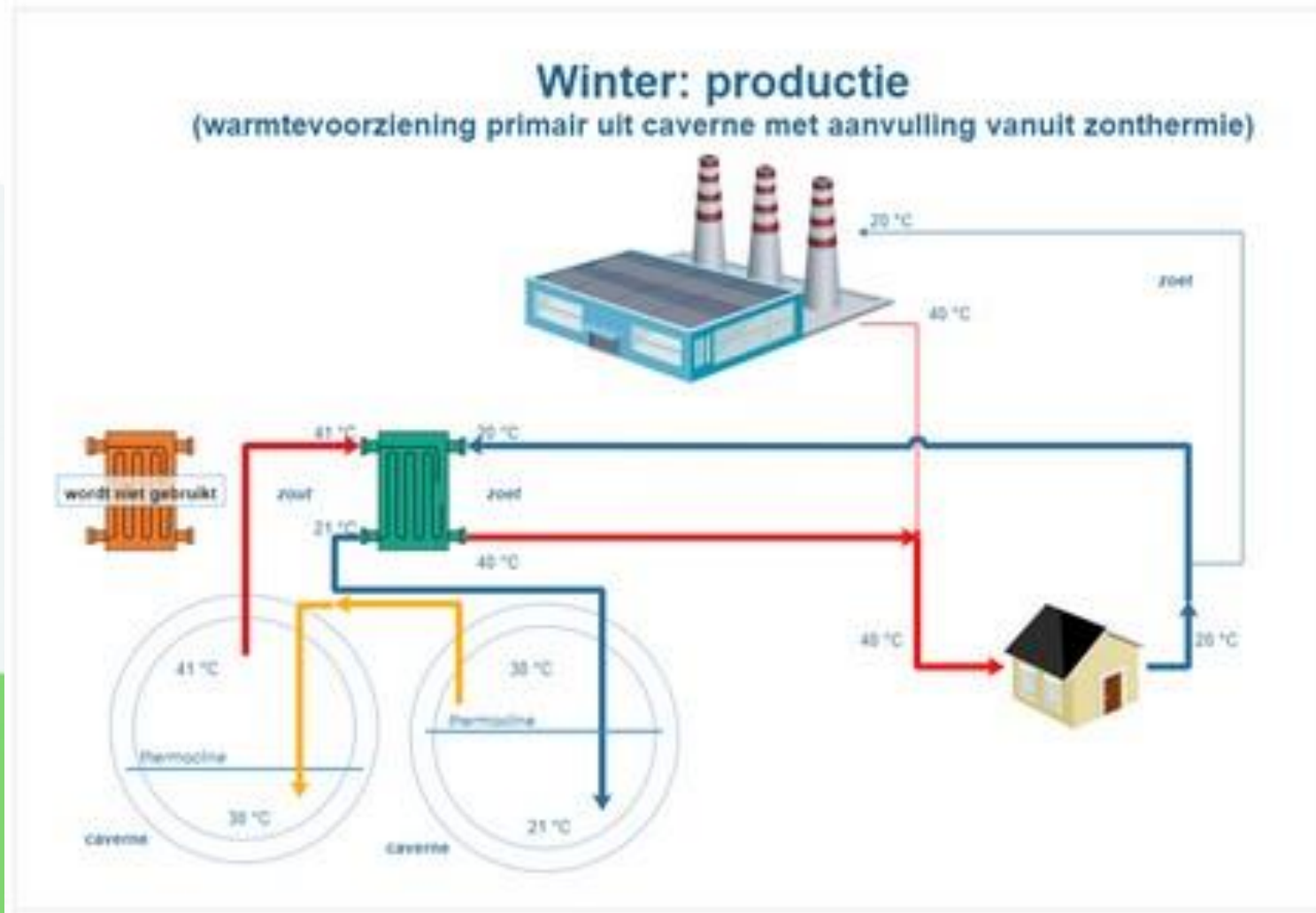
1. Juiste dimensionering, in principe onbegrensde opslag
2. Lage energie dichtheid (behalve waterstof)
3. Schaarse materialen ( Vanadium)
4. Cyclus efficiëntie slechter dan Li-ion batterij
5. Nog niet zo geschikt als thuisbatterij wellicht wel als buurt batterij.





# Wat zijn de opties?

## 2. Warmteopslag



# Pros & cons

1. Behoorlijke investering
2. Behoorlijk veel ruimte nodig (bijv.: Vlieland warm water zwembad ) of container basalt
3. Koppeling warmtepomp met grondwater of oppervlakte water vraagt minder ruimte maar wel fikse investering



# Hoe zit het dan met H<sub>2</sub>

*Wanneer stoken we met H<sub>2</sub> ?*

**Waarschijnlijk nooit maar onze  
maatschappij gaat wel op H<sub>2</sub>  
draaien...**

dreamstime



# Toepassingen Waterstof

- .Energie opslag
- .Energie transport
- .Electriciteit opwekking
- .Grondstof voor o.a. petrochemische industrie
- .Vervoer (Vooral zwaar vervoer)
- .Warmte



# Waterstof Cyclus

- Winning
- Opslag
- Gebruik



# Winning

95% van de huidige H<sub>2</sub> komt uit fossiele brandstof. Meest gebruikte grondstof is aardgas.

- $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$  (Stoom) + hitte =  $4\text{H}_2 + \text{C}$  (efficiencie is ca 80%)
- *Grijze waterstof wordt blauw door CO<sub>2</sub> opslag*

Ca 3% Electrolyse ( Groene H<sub>2</sub>)

- $2\text{H}_2\text{O} + \text{electriciteit} = \text{O}_2 + 2\text{H}_2$

Niche Gebieden

- Biologisch, bacterien en algen
- Photo Electric splitting (PEC) rendement 12.4%





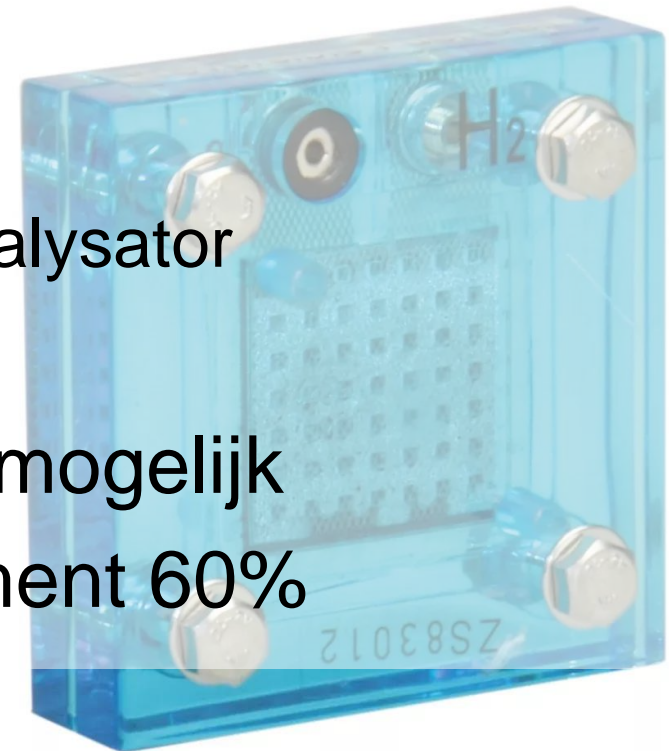
# Electrolyse

## •Alkalisch

- (lage investering) Nikkel katalysator
- 200 °C 15 bar
- Efficiëntie 70-80%

## •PEM (hogere investering) Platina katalysator

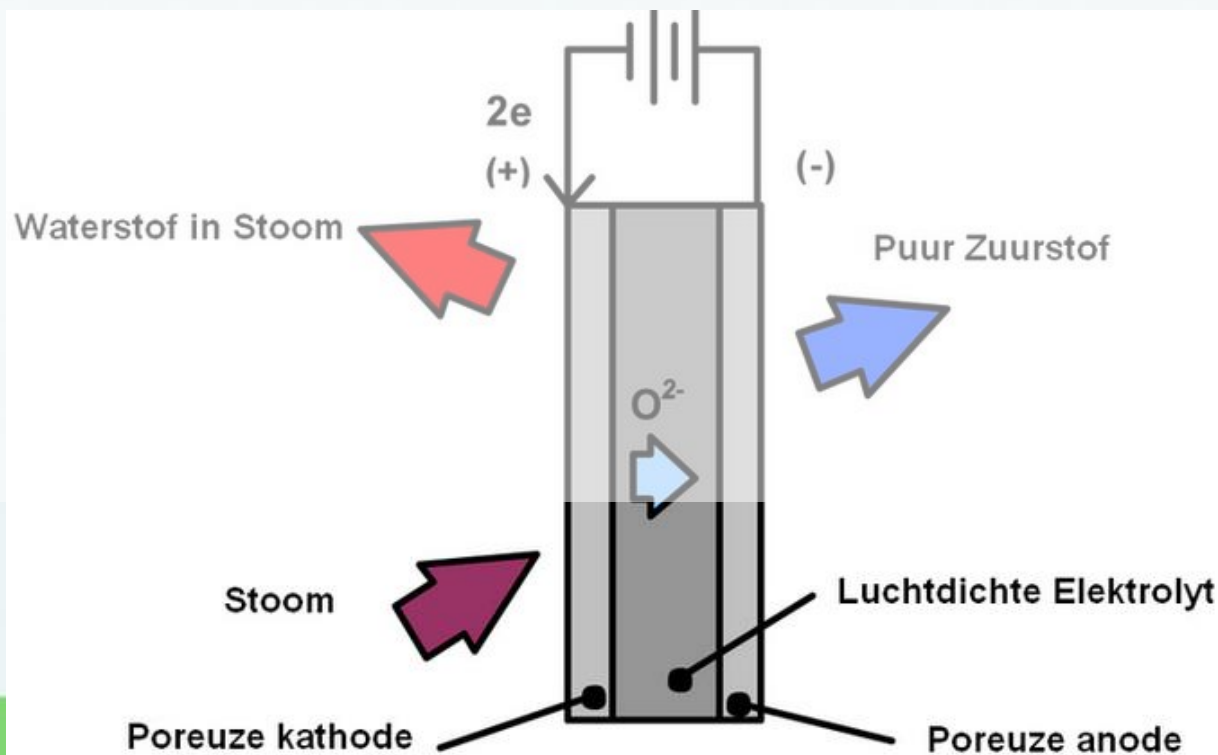
- 100 °C
- Rendement 80% nu => 86% mogelijk
- Solar Furnace 2000 °C rendement 60%



# Electrolyse (2)

## Solid Oxyde Electrolyzer cels (SOEC)

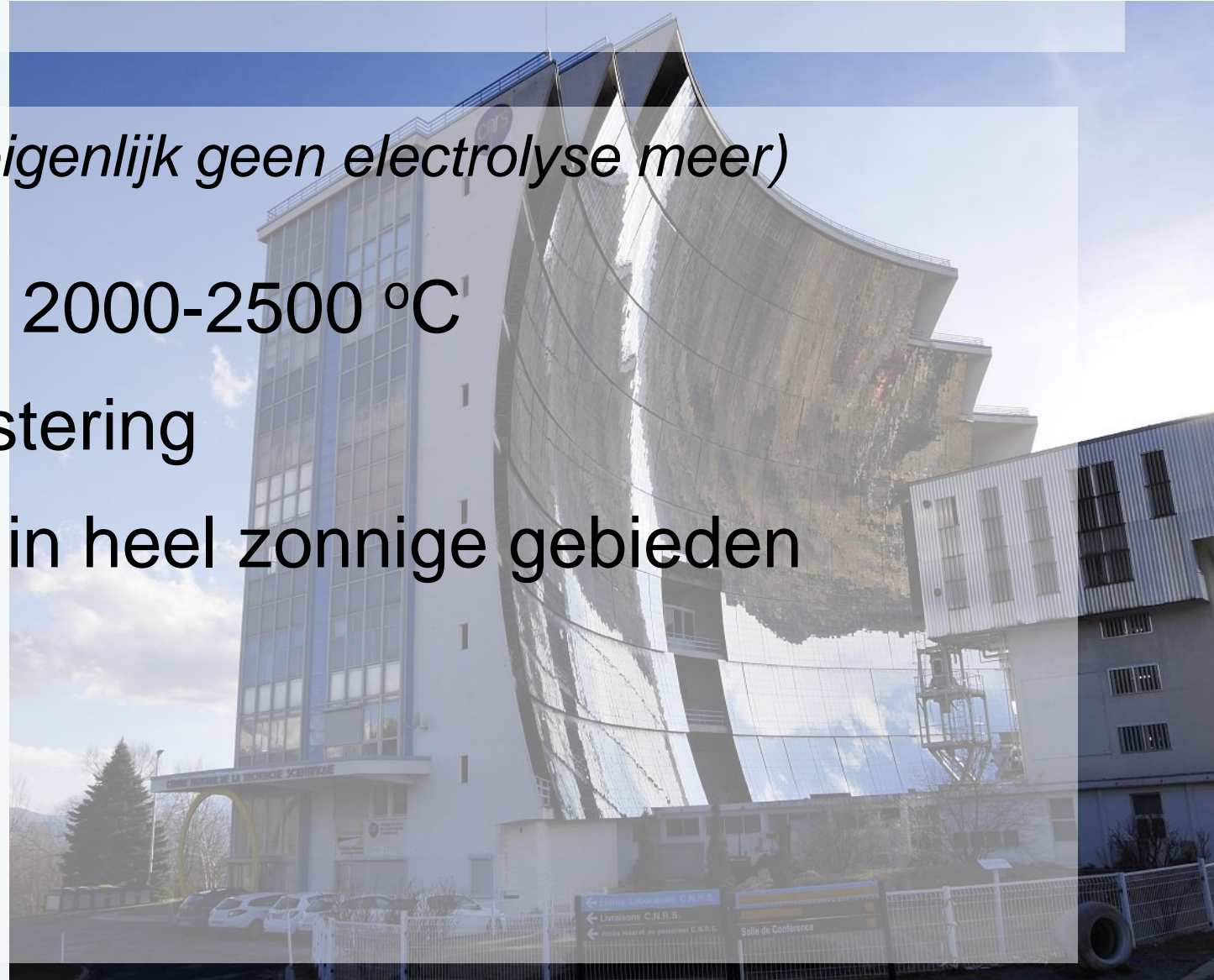
- Temperatuur 500-850 °C
- Hoog rendement (bij beschikbare restwarmte)
- Hoge investering en lange opstarttijd



# Electrolyse (3)

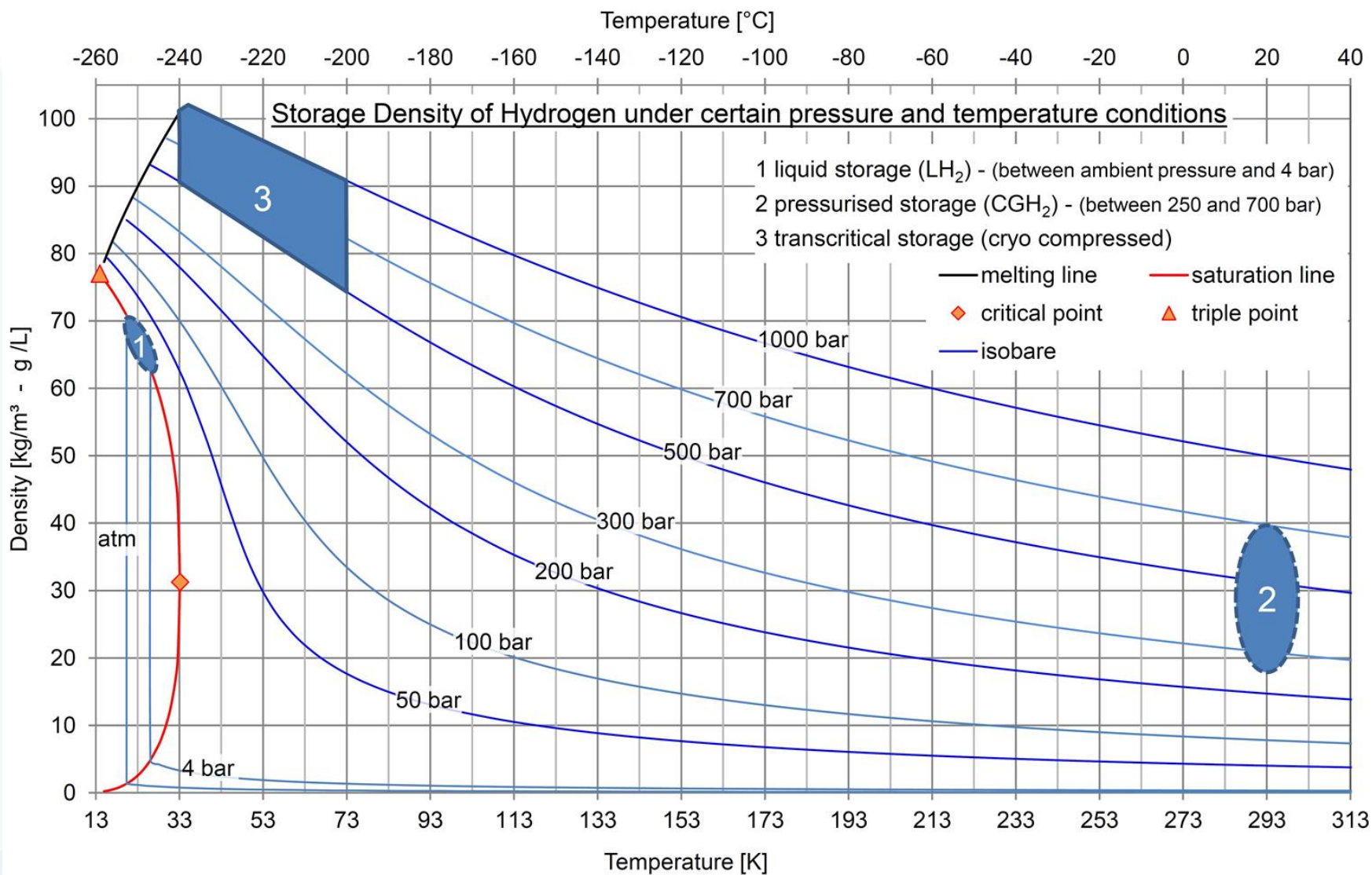
Solar Furnace (*eigenlijk geen electrolyse meer*)

- Temperatuur ca 2000-2500 °C
- Zeer hoge investering
- Alleen mogelijk in heel zonnige gebieden





# Waterstof Opslag



# Waterstof opslag (2)

- Grootschalig in oude aardgasvelden, zoutkoepels e.d. Enige reële mogelijkheid om grootschalig tegen aanvaardbare kosten waterstof op te slaan (3-20 euro/kg) 1kg waterstof is 33kWh
- The Teeside salt cavern in the UK stores 25 GWh of hydrogen at 45 bar pressure in three separate cavities, while the Clemens Dome salt cavern in Texas has a capacity of 92 GWh and pressure in the range 70–135 bar [79].



# Waterstof op buurtniveau?

1. Wellicht voor transport
2. Kleinschalige energie opslag in metaal hydrides, nu nog erg onzeker: (2000–80 000 2004-US\$/kg H<sub>2</sub> )
3. Zeer onwaarschijnlijk: voor verwarming.



# Tot slot....

1. Er zijn geen eenvoudige goedkope oplossingen
2. We lopen gigantisch achter.
3. Op lokaal niveau is gebruik van buurtbatterij wellicht mogelijk maar dan niet met Li-ion maar in een flow batterij.
4. Gebruik van warmte opslag in bodem is mogelijk maar duur.
5. Waterstof is het energie medium van de toekomst maar waarschijnlijk niet voor thuis.

