

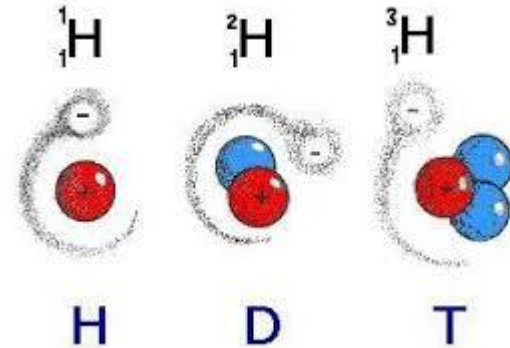
# Vodík a jeho využití k výrobě elektrické energie



Dvě věci na této zemi  
jsou všudypřítomné:  
vodík  
a **lidská blbost.**

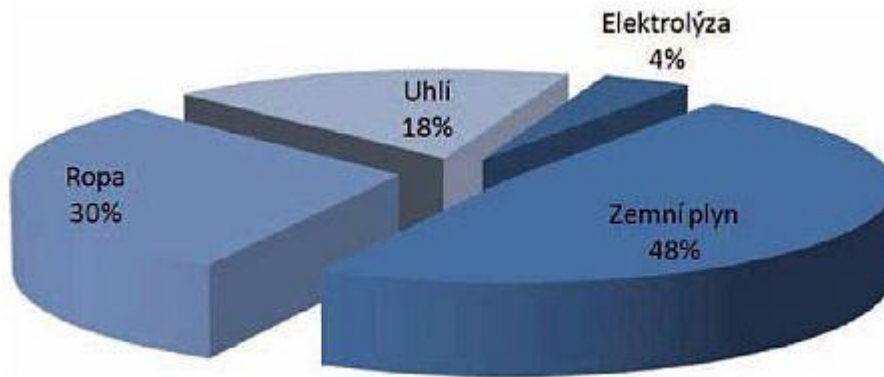
# Vodík (Hydrogen)

- V periodické tabulce číslo 1
- Chemická značka H
- Bezbarvý
- Volně se nevyskytuje je příliš reaktivní
- Izotopy vodíku jsou  $^1\text{H}$ -**protium**,  $^2\text{H}$ -**deuterium**,  $^3\text{H}$ -**tritium**
- Má ze všech látek nejmenší hustotu
- Má v jádře 1 proton a v obalu 1 elektron
- Při normální teplotě na zemi je v plynném skupenství
- Teplota samovznícení  $580^\circ\text{C}$
- Teplota hoření je  $3000^\circ\text{C}$



# Průmyslové získávání vodíku

- téměř 95% vodíku nyní vyrábíme z fosilních paliv (zdroj 2017)



Výroba vodíku v roce 2008

# Způsoby výroby vodíku

- **Parní reforming zemního plynu**

- Tato technologie je v současnosti nejlevnějším a nejrozšířenějším způsobem výroby vodíku. Teplo pro reformní reakci i následnou konverzi oxidu uhelnatého je dodáváno z přímého spalování části zemního plynu (tzv. autotermní reforming)

Nejlevnější metoda výroby

Účinnost : do 80%

Nevýhodou je vysoká produkce CO<sub>2</sub>

1kg vodíku = 7,05kg CO<sub>2</sub>



# Způsoby výroby vodíku

- **Elektrolýza vody**

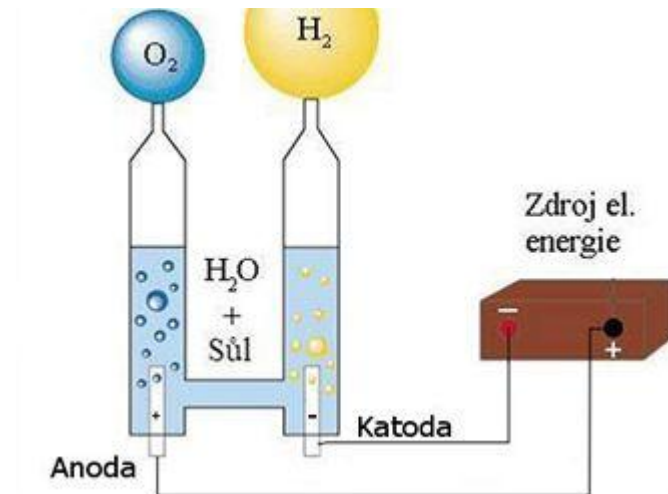
- Elektrolýza vody je proces, při kterém stejnosměrný proud při průchodu vodou (většinou s přidavkem dalších látek pro zvýšení vodivosti) rozštěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem

Účinnost procesu 80-92% (25-35%)

Vhodná metoda pro alternativní zdroje el.energie nebo přebytek

Výhody : současná produkce kyslíku  
vysoce čistý vodíkový plyn

Pro výrobu 1kg vodíku potřebujeme  
9l vody a 60kWh



# Způsoby výroby vodíku

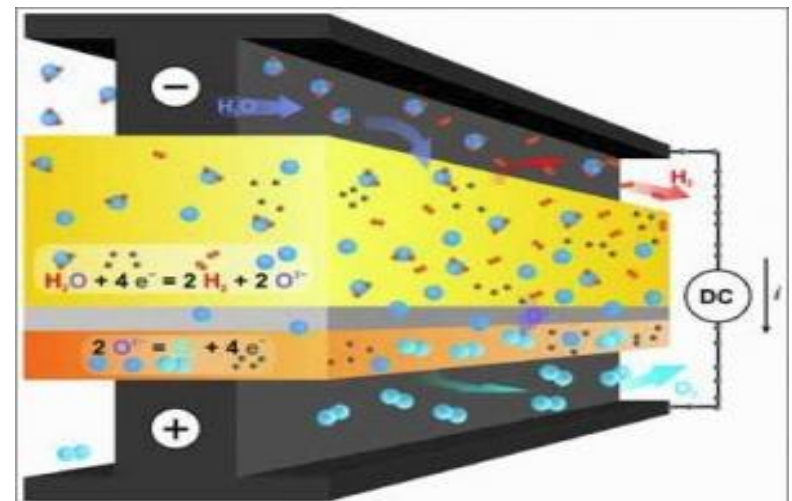
- **Vysokoteplotní elektrolýza SOEC** – solid oxide electrolyser cell
  - Reakce probíhající ve vysokoteplotním elektrolýzáru je reverzní k reakci probíhající v palivových článcích s pevnými oxidy. Elektrolytem je iontově vodivý keramický materiál tvořený oxidem zirkonu a yttria
  - Do elektrolýzáru vstupuje pára a vodík

Vysoká účinnost 45%

Bez chemických látek

Využití odpadního tepla

Výstup 75 %<sub>hm</sub> vodíku a 25 %<sub>hm</sub> páry



# Způsoby výroby vodíku

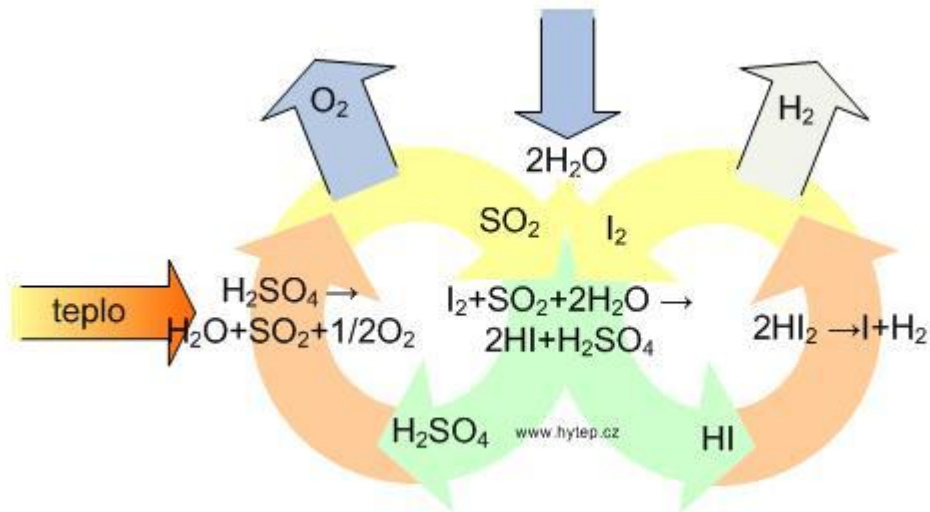
- **Termochemické cykly štěpení vody**
  - Při termochemickém štěpení vody je voda rozdělena na kyslík a vodík pomocí série chemických reakcí, které využívají energie ve formě vysokopotenciálního tepla anebo v případě hybridních cyklů tepla a elektřiny

# Způsoby výroby vodíku

- **S-I cyklus**

- Siřičito-jódový termochemický cyklus byl vyvinut v General Atomics (San Diego, USA) v polovině 70. let 20. století. Je předním kandidátem levné a účinné výroby vodíku pomocí jaderné energie

Využití jaderných reaktorů  
Vysoká vstupní teplota  
Účinnost 40-52%





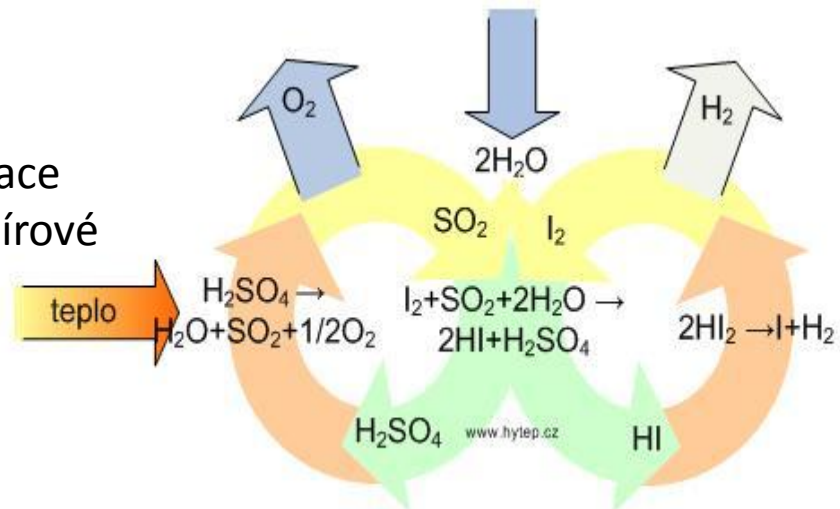
# Postup zpracování S-I cyklus

1. Bunsenova reakce - reaguje vstupující voda s jódem a oxidem siřičitým za vzniku kyseliny sírové a jodovodíkové, exotermická reakce při 120°C
2. Endotermický rozklad kyseliny sírové při 800-1000°C
3. Rozklad kyseliny jodovodíkové a současná produkce vodíku při 450°C

Oproti elektrolýze vyšší účinnost

Využití nových jaderných bloků IV.generace

Nevýhoda: korozivní působení kyseliny sírové

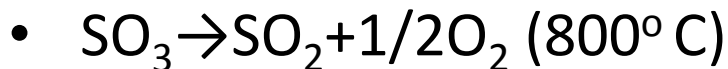
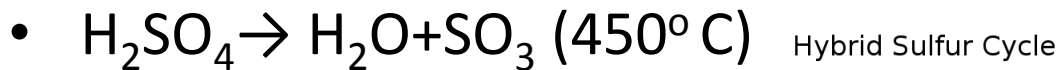
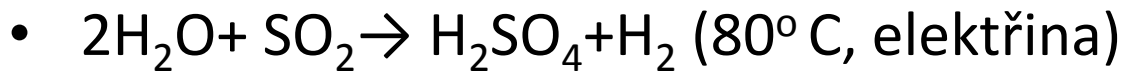


# Hybridní cyklus zpracování $\text{H}_2\text{SO}_4$

- **Westinghouse proces**

- do reakce vstupuje voda a oxid siřičitý a za přispění elektrické energie vzniká vodík a kyselina sírová

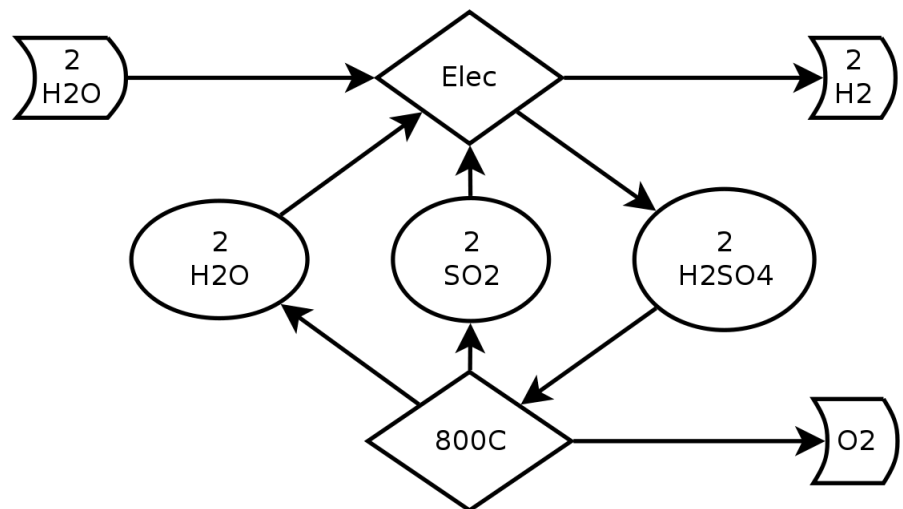
- dalšími reakcemi se rozpadá na vstupní suroviny a kyslík



Účinnost procesu je okolo 40%

3x4 nižší spotřeba el.energie než při elektrolytickém štěpení

Nevýhoda: korozivní působení

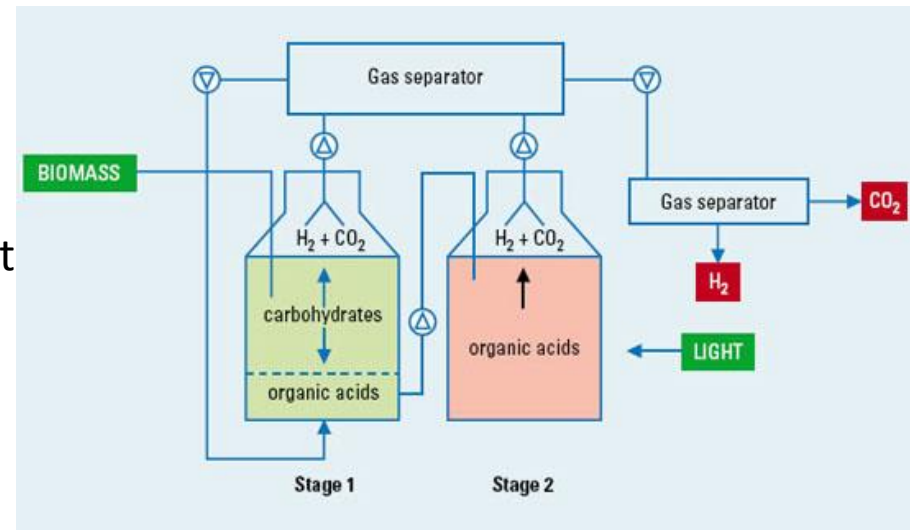


# Způsoby výroby vodíku

- **Biotechnologická produkce vodíku**

- výroba vodíku pomocí mikroorganismů, V první fázi je z organického substrátu produkován vodík pomocí vodíkové fermentace. V druhé fázi je pak z efluentu obsahujícího acetát získáván buďto bioplyn nebo pomocí fotofermentace vodík

Ekologické řešení využití biomasy  
Vzniklý bioplyn musíme na H<sub>2</sub> reformovat  
Lze zpracovat problematické kaly z ČOV  
Nerozložitelné zbytky je možné spalovat

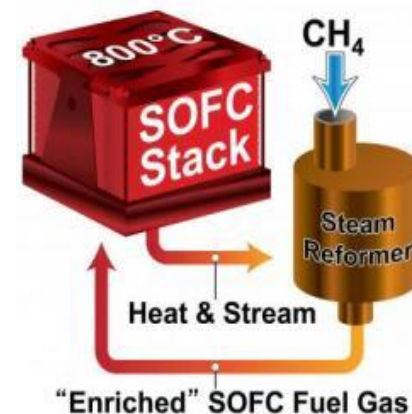


# Palivové články

## Porovnání účinnosti technologií

- 1 Parní stroje 12%
- 2 Benzínové a dieselové motory 25%
- 3 Turbokompresorové motory 35%
- 4 Stacionární turbína s výměníky 50%
- 5 **Palivové články s využitím odpadového tepla 80%**
- 6 **Palivové články PNNL (Pacific Northwest National Lab. 93%**
  - palivem je zemní plyn
  - výstupem je teplo a elektrická energie

Technologie PLLN



<https://www.youtube.com/watch?v=vZb6qslhEhw>

# Vodíkové palivové články

## Palivový článek MoRE Zero / POWER CELL

Výkon: 1-25kW

Palivo: vodík nebo metanol

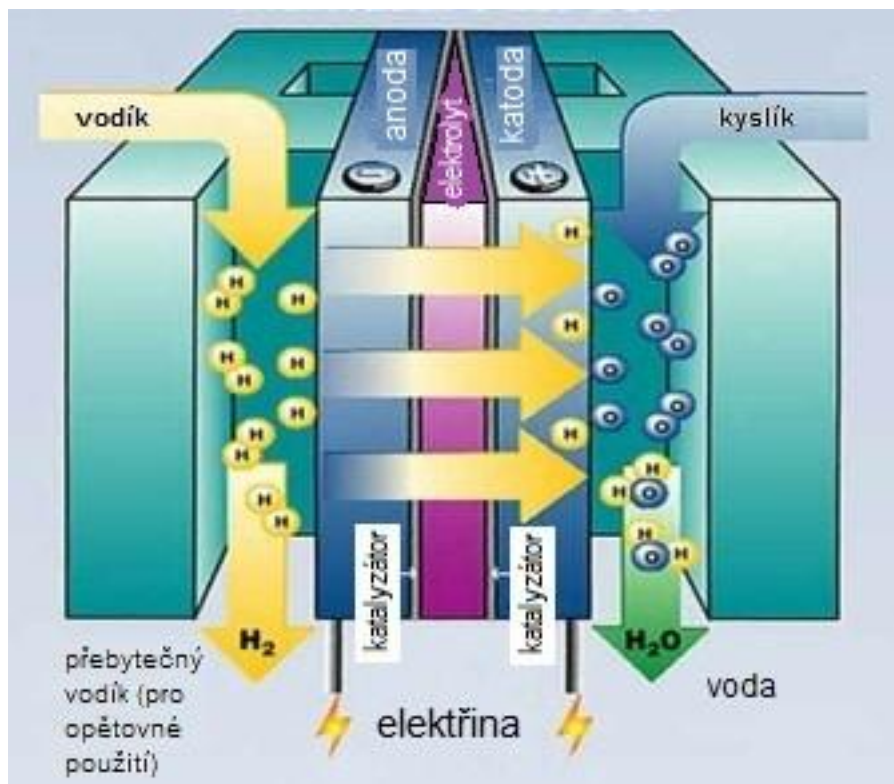
Okysličovadlo: vzduch nebo kyslík

Vyvíjený jako prodlužovač dojezdu elektromobilu



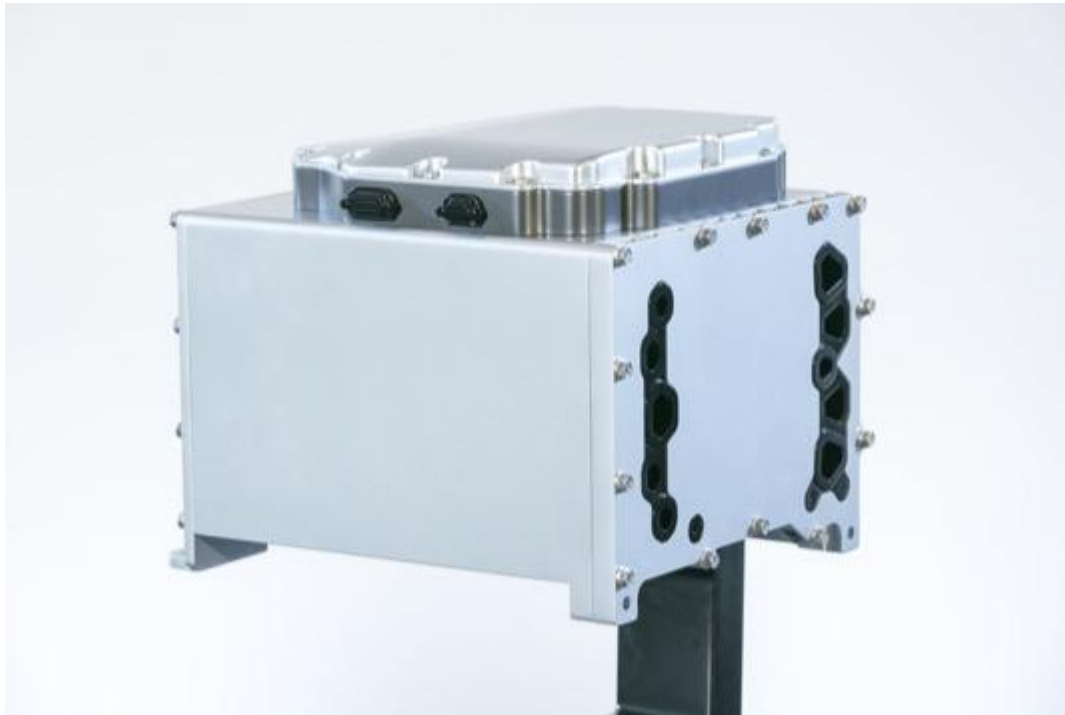
# Vodíkové palivové články

- Jak funguje palivový článek ?

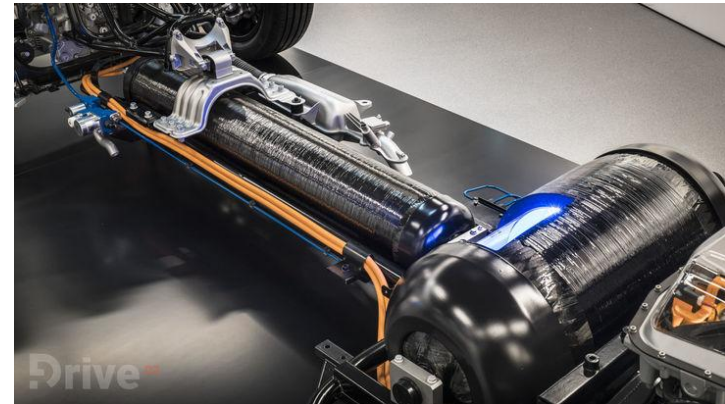


# Vodíkové palivové články vozidel

- Vodíkový článek GM/Honda (Clarity)
- <https://youtu.be/8rofx6Gaz40>



# Vodík jako palivo u vozidel

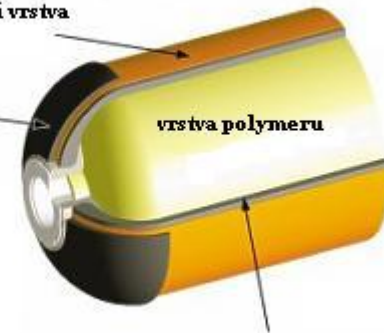


Tlak zkapalněného vodíku  
v tlakové nádrži až 800bar

QUANTUM  
TriShield™ Composite Hydrogen Storage Cylinder

vnější kompozitní vrstva

nárazuvzdorná  
vrstva z polymeru



vnitřní kompozitní vrstva



# Stav vodíkových čerpacích stanic

- ČR 2018 – 1 stanice – Praha ÚJV (tlak max 300bar)
- Německo 2018 otevřeno více jak 50  
- do konce roku 2019 až 100 čerpacích stanic

<https://h2.live/>

Ukázka sériově vyráběného osobního vozidla s pohonem na palivové články

<https://www.toyota.cz/world-of-toyota/news/new-toyota-mirai.json>