

# Membránové separace ve vodíkových technologiích

Doc. Ing. Martin Paidar, Ph.D.

[paidarm@vscht.cz](mailto:paidarm@vscht.cz)

Ústav anorganické technologie,  
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

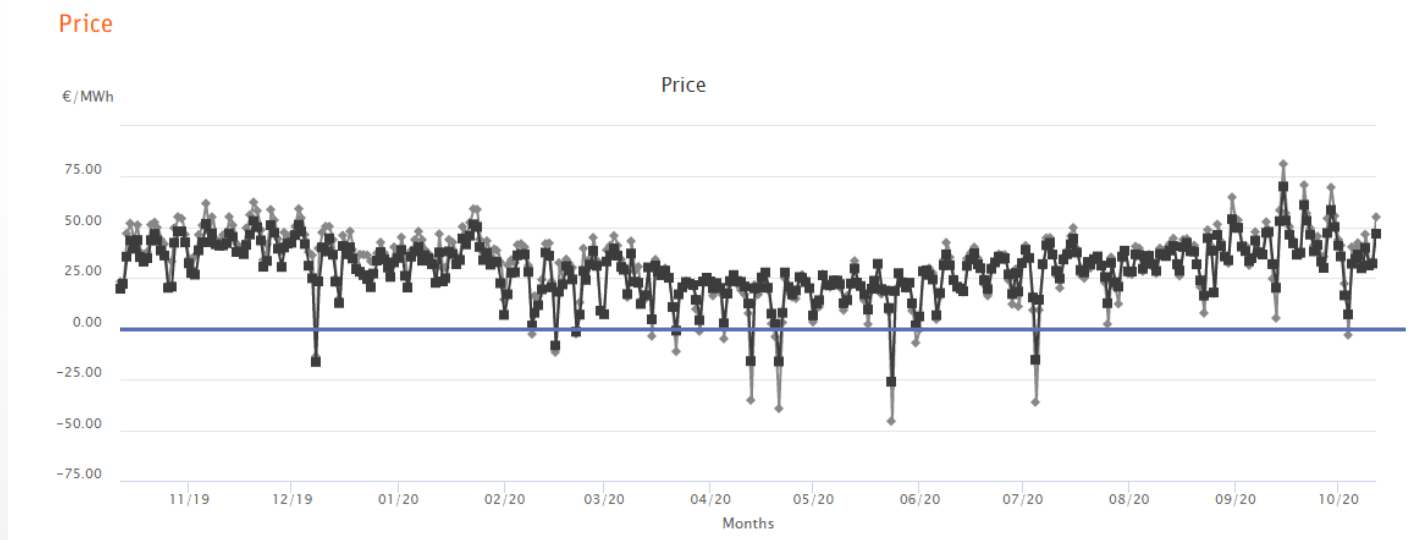
člen

České membránové platformy

# Green Deal / Plán EU na podporu oživení

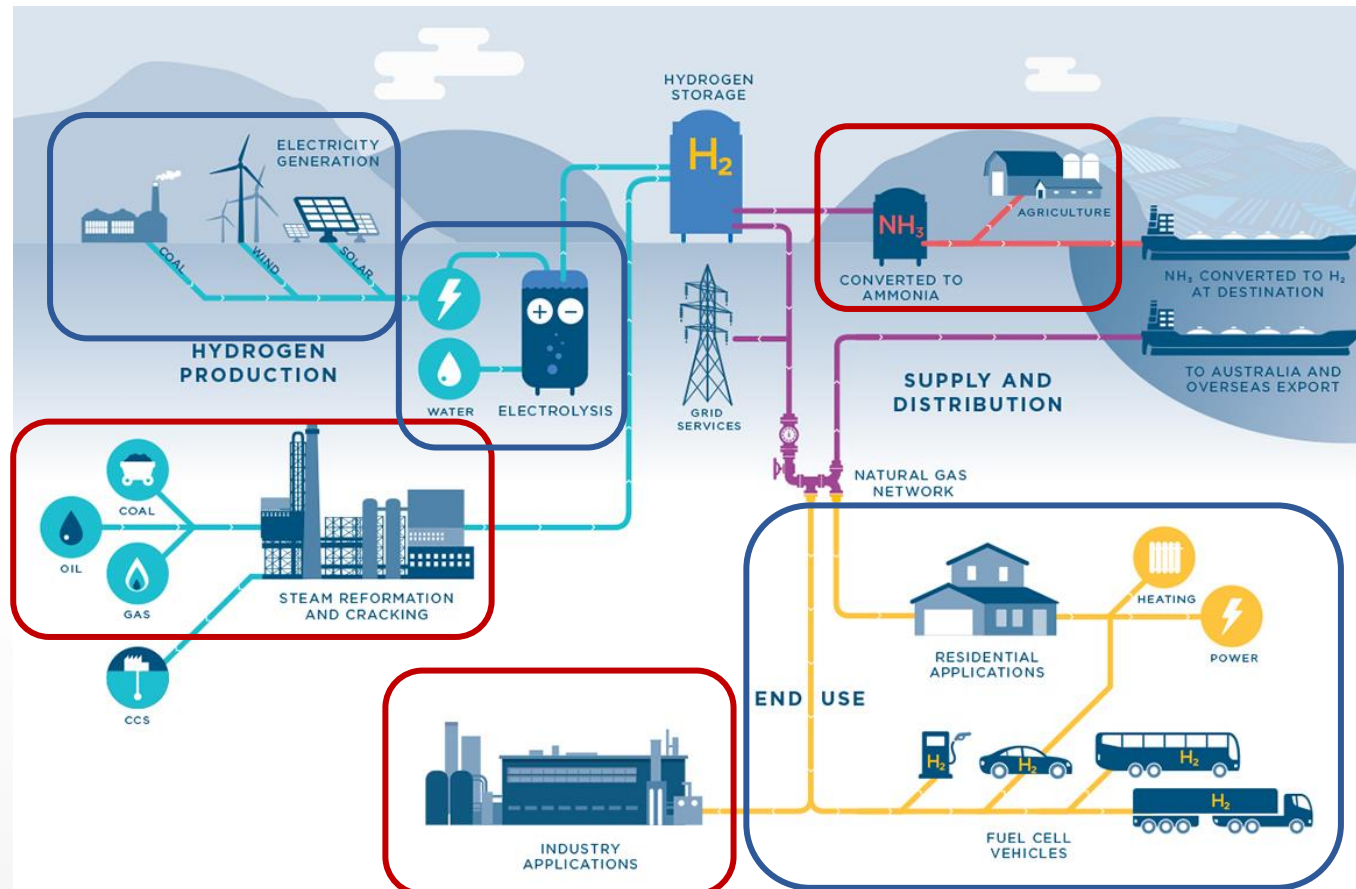
„Rolling out renewable energy projects, especially wind, solar and kick-starting a clean hydrogen economy in Europe“

- Dekarbonizace energetiky, dopravy a budov EU je závislá na intenzivním využití obnovitelných zdrojů ve všech oblastech.
- Vodík jako bezuhlíkaté palivo / redukční činidlo je jednou z alternativ současných procesů. I jako nástroj akumulace energie
- Vodíkové technologie zahrnují řadu technologických kroků využívajících membránové procesy - je třeba rozvíjet všechny kroky technologie.



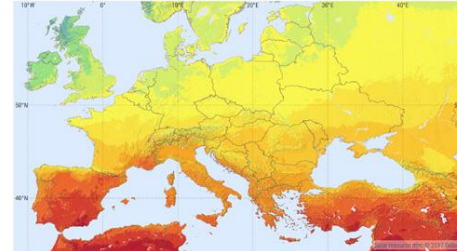
# Vodíkové technologie (vodíková ekonomika)

- široké spektrum technologií zahrnujících produkci, skladování a využití vodíku nejen k energetickým účelům
- většina technologií je známá více než 50-100 let



# Potenciál H<sub>2</sub> v transformaci ČR

- Klimatické podmínky ČR nemohou konkurovat offshore větrným na severu a PV elektrárnám na jihu Evropy ev. Ukrajině



Green Hydrogen Initiative 2x40 GW in 2030

- ČR má rozvinutý průmysl, který bude potřebovat dostupnou energii v souladu s GreenDeal i ve formě H<sub>2</sub>.
- Vedle výroby v rámci ČR bude významný i import

**elektrolýza** (PV+JE, přetoky) → nízkoemisní/bezemisní H<sub>2</sub>

**import** → součást NG / čistý

CCS/U → močovina, bio procesy,??

## H<sub>2</sub> v ČR

mobilita

bioplyn + H<sub>2</sub> → biometan

lokální akumulace energie P2G + G2P (ostrovní systémy)

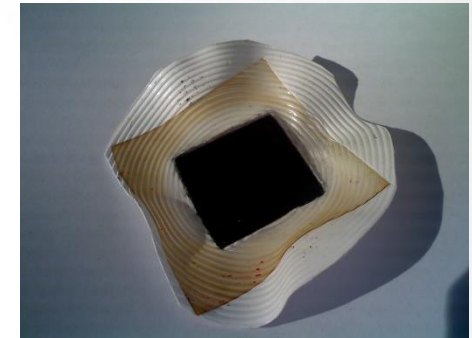
kogenerace FC-CHP

# Membránové procesy pro H<sub>2</sub> technologie

- **Přímá konverze energie**
  - elektrolýza PEMWE / AMWE
  - palivové články PEMFC / AFC / HTPEMFC

perfluorované membrány - technologicky náročná výroba (omezený počet výrobců)

anion selektivní membrány - vysoké nároky na stabilitu a elektrochemické vlastnosti (ve vývoji různé druhy)



- **Membránové separační procesy**
  - čištění vstupních surovin
  - úprava výstupních surovin
  - bezpečnost / inertizace

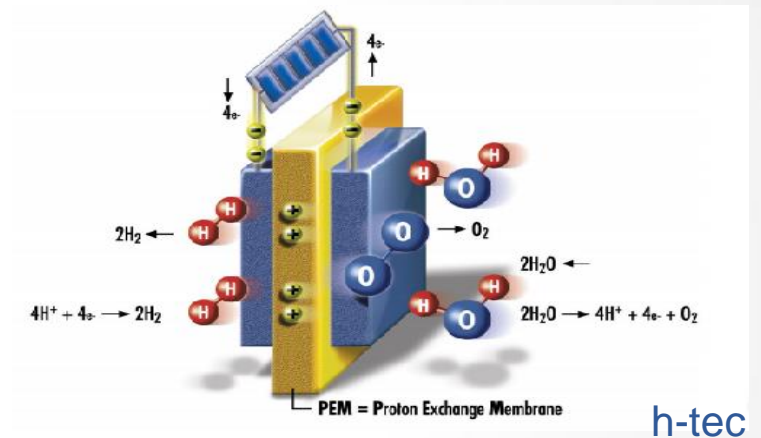
# Čištění vstupních surovin pro výrobu H<sub>2</sub>

**Voda** - výchozí surovina elektrolýzy vody  
- nečistoty vedou k poškození elektrolyzátoru - nutná vysoká čistota

Deionizace:

tlakový proces - RO + Iontová výměna

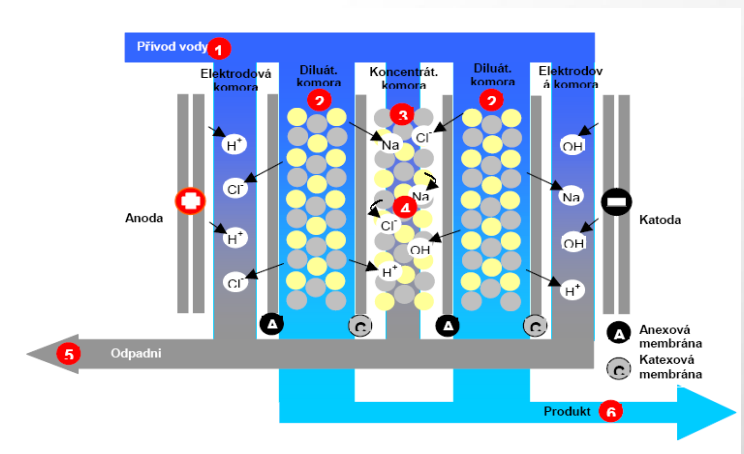
elektromembránový proces - EDI



Na 1 t H<sub>2</sub> je potřeba 9 t H<sub>2</sub>O vysoké čistoty

Pro dislokované provozy PV+Elektrolýza vhodná kontinuální technologie bez nutnosti chemických látek.

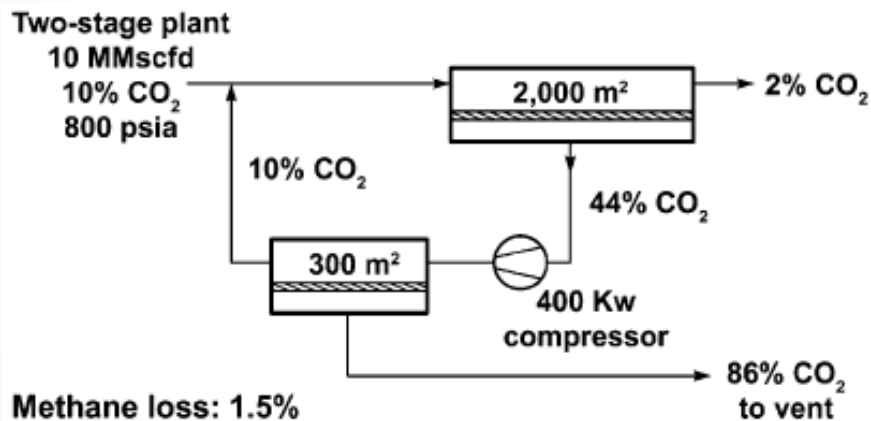
EDI-elektrodeionizace využívá kombinace iontové výměny a elektrodialýzy s iontově selektivními membránami



# Čištění vstupních surovin pro výrobu H<sub>2</sub>

**Bioplyn/Zemní plyn** - výchozí surovina pro výrobu H<sub>2</sub> parním reformingem metanu

membránová separace metanu/CO<sub>2</sub> - čistota vstupní suroviny



Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 47, No. 7, 2008

BioPlyn → Biomethan → SMR → Green H<sub>2</sub>

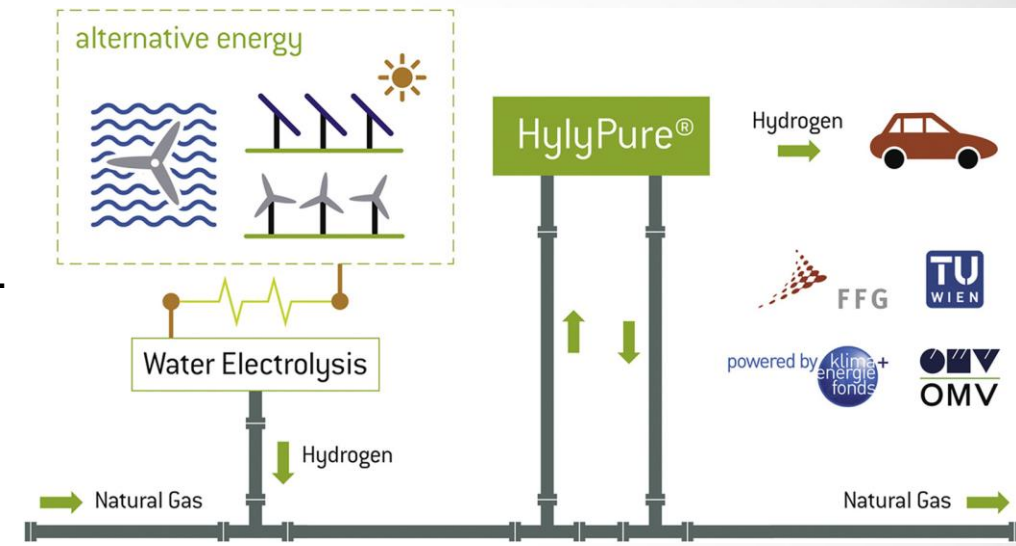
# Transport a skladování H<sub>2</sub>

Transport H<sub>2</sub> z místa produkce na místo spotřeby - nezbytná součást vodíkové ekonomiky

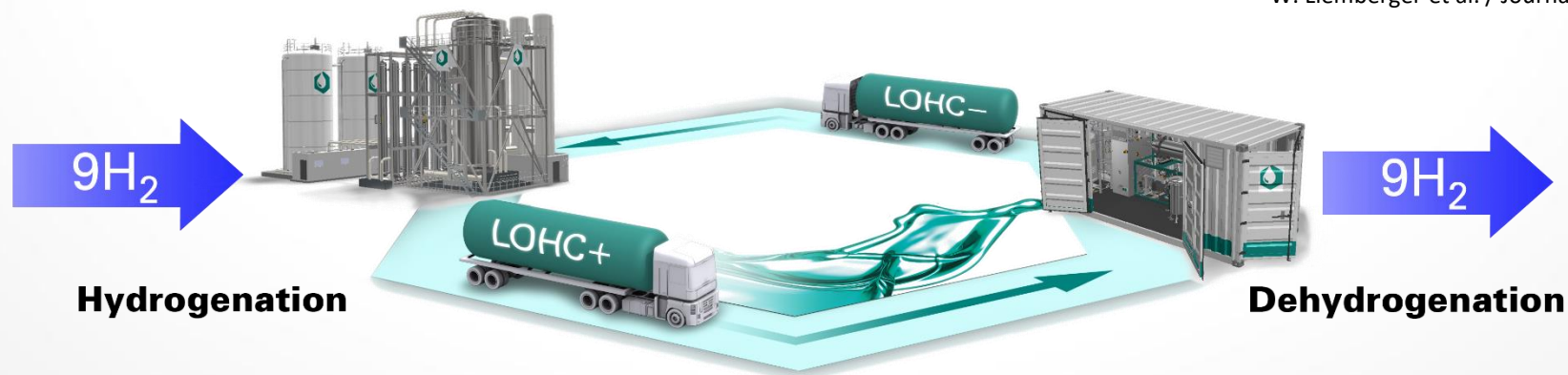
Možnosti transportu

- stlačený/kapalný H<sub>2</sub>
- příměs zemního plynu
- ve formě chemických látek  
uhlovodíky, amoniak,....

Separace ze zemního plynu H<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>  
Purifikace H<sub>2</sub> od residuů nosných látek



W. Liemberger et al. / Journal of Cleaner Production 167 (2017) 896e907

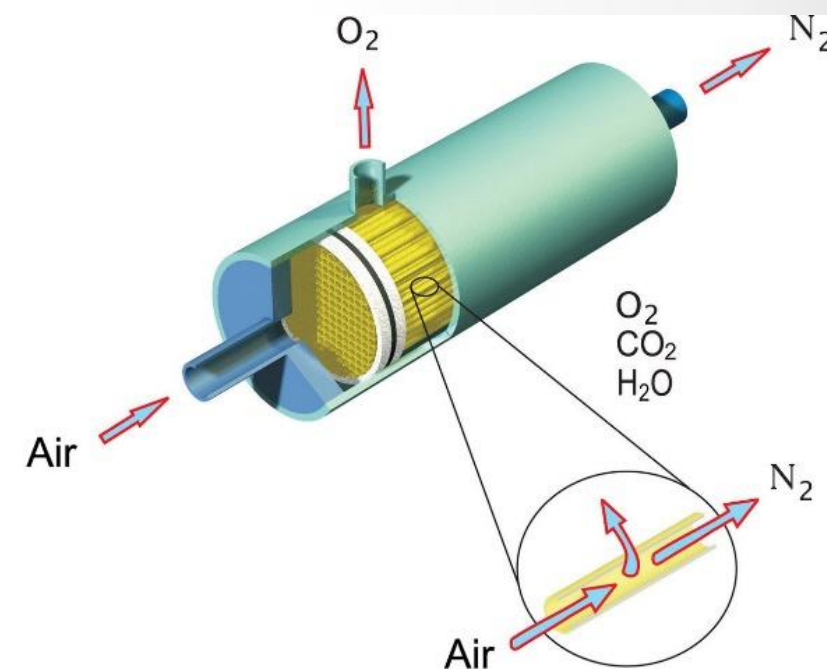




# Bezpečnost H<sub>2</sub>

**Klíčovou podmínkou rozvoje H<sub>2</sub> ekonomiky je zajištění bezpečnosti!!**  
od havárie vzducholodě Hindenburg převládá strach z vodíku

	zápalná mez	teplota plamene
Vodík	4-75 %	2045°C
Benzínové páry	1,4-7,6 %	2197°C
Zemní plyn	5,3-15 %	1875°C
Propan	2,1-10,1 %	1980°C



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flux\\_distribution\\_inside\\_the\\_fiber.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flux_distribution_inside_the_fiber.jpg)

Membránové technologie mohou přispět bezpečnosti např inertizací rizikových prostor

# Potenciál pro ČR

Adaptace již známých procesů na potřeby vodíkových technologií:

Demineralizace napojená na OZE - zdroj vstupní vody pro výrobu vodíku u ostrovních systémů

Separace  $H_2$  ze směsi s jinými plyny

- získávání  $H_2$  ze zemního plynu
- separace z plynů s vysokým podílem  $H_2$  (bio  $H_2$  / pyrolýzní plyny,...)
- dočišťování  $H_2$

Membránové separační procesy obsahují vedle membrány i kontrolní a regulační prvky, rozvody, kompresory, čerpadla.

Na trhu je velmi omezená nabídka komponent majících certifikaci pro  $H_2$

# Závěr

- V rámci EU převládá podpora plánu oživení ekonomiky přes GreenDeal
- Vysoké investiční možnosti představují velkou příležitost i pro podniky v ČR
- V ČR je dostatečná znalostní základna membránových separačních procesů i manipulace s H<sub>2</sub>
- Potenciál pro výrobu zařízení a komponent pro H<sub>2</sub> technologie
- Současná výrobní kapacita téměř všech komponent v EU nedosahuje potřebám plánované transformace
- Je třeba se připravit na import vodíku
- Bez ohledu na uhlíkovou stopu vodíku je třeba separačních technik pro jeho úpravu – potenciál i pro podniky v ČR



**VYSOKÁ ŠKOLA  
CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ  
V PRAZE**

**Děkuji za pozornost**

**doc. Ing. Martin Paidar, Ph.D.**

[paidarm@vscht.cz](mailto:paidarm@vscht.cz)

**Ústav anorganické technologie,**

**Vysoká škola chemicko-technologická v Praze**

**Technická 5**

**166 28, Praha 6**