

Výroba vodíku v ČR a její uhlíková stopa

Projekt: Regionální vodíkové vlaky na českých železnicích TAČR KAPPA (TO01000324)

Martin Paidar

paidarm@vscht.cz

Vodík: není zdroj energie, ale její nosič

+ populární informace

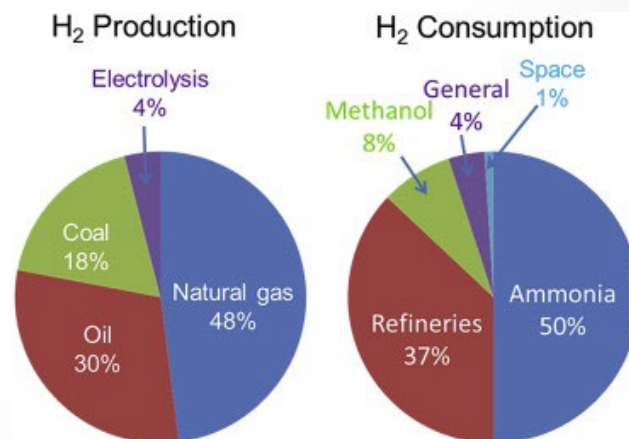
- ☞ vodík jako čistý zdroj energie budoucnosti

+ realita

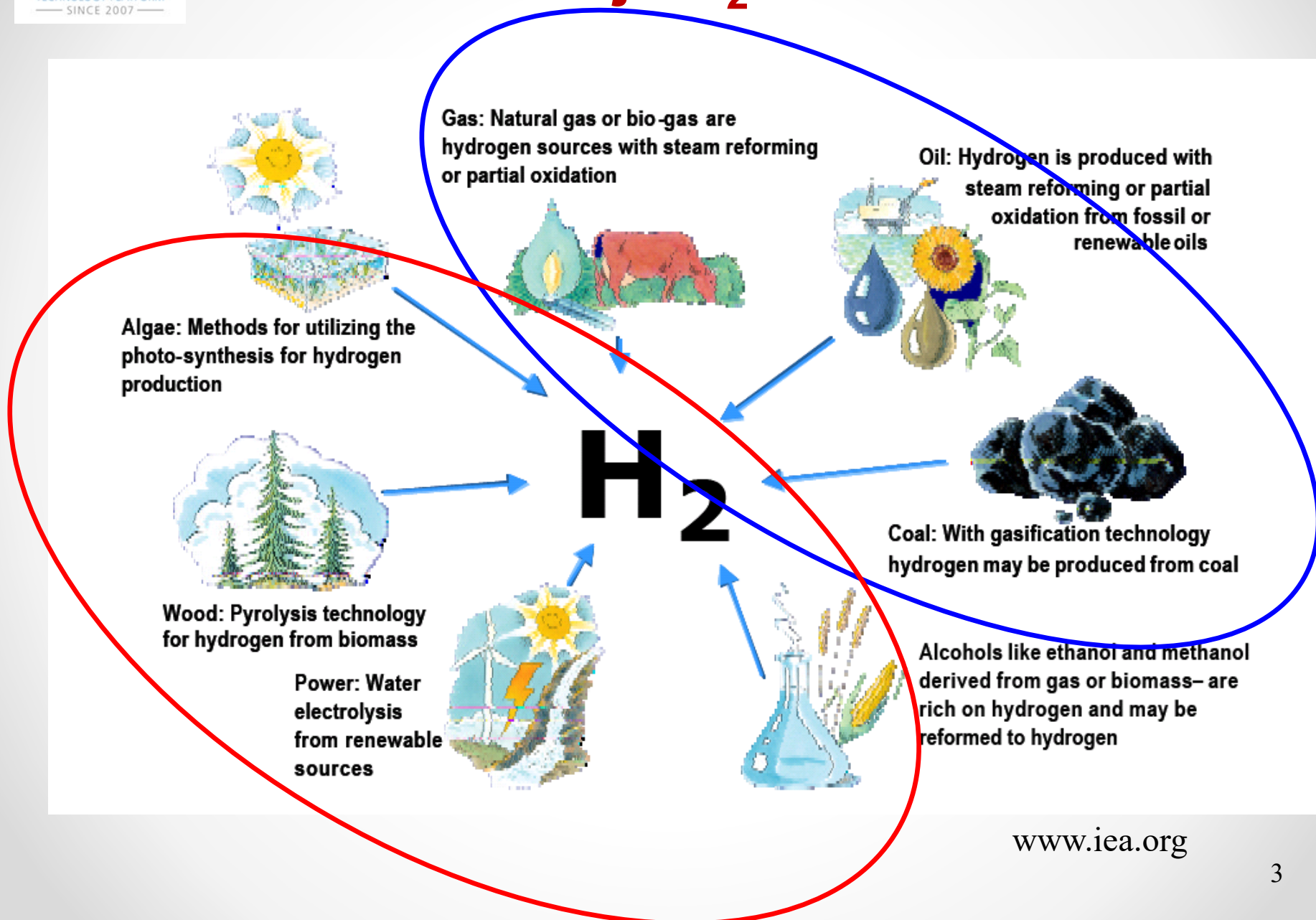
- ☞ vodík se na zemi nevyskytuje v elementární podobě
- ☞ vodík může představovat palivo, ale jeho využití je mnohem širší a propojuje mnoho oblastí
vodík = energetický vektor



**Vodík není pro průmysl
neznámá látka!**



Zdroje H₂



Emisní stopa vodíku

- Pro dekarbonizaci je klíčové snížení emisní stopy tj. zohlednění způsobu výroby vodíku
- Taxonomie vodíku
 - obnovitelný/dekarbonizovaný/fosilní vodík
 - bezemisní/nízkoemisní/fosilní vodík
 - barevné označení

zelený H₂

H₂ = 0 g CO₂/MJ

bezemisní

pro výrobu využity výhradně
obnovitelné zdroje
(primárně sluneční a větrné)



modrý H₂

H₂ <36,4 g CO₂/MJ

nízko-emisní

pro výrobu využity zemní
plyn (včetně CCS) nebo jádro



šedý H₂

H₂ >36,4 g CO₂/MJ

fosilní

pro výrobu využita fosilní
paliva (bez CCS)

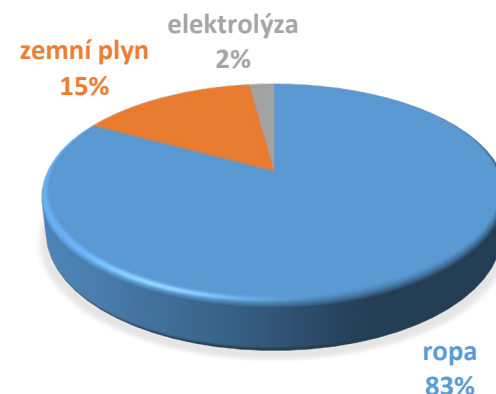


H₂ je doposud využíván pouze v chemickém průmyslu - petrochemie
- amoniak

Současní výrobci jsou zpravidla i spotřebitelé

V ČR je v současnosti pouze šedý vodík tj. emisně zatížený

jednotka	t/rok	technologie
Unipetrol Litvínov POX	55000	POX
Unipetrol Litvínov EJ	7000	EJ
Unipetrol Litvínov Reforming	12000	Kont. Reforming benzínu
Unipetrol Kralupy	7000	Semikont. Reforming benzínu
Synthos Kralupy	2500	Dehydrogenace Ethylbenzenu
BC-MCHZ Ostrava	13650	Parní reforming ZP
DEZA Valašské Meziříčí	1400	Parní reforming ZP
Spolchemie Ústí n. Labem	2100	Elektrolýza Na/K Cl



celkem výroba přes 100 000 t/rok

Vysoká emisní stopa H₂ během výroby – hlavní bariéra pro získání podpory v projektech transformace energetiky. Snaha o snížení emisí – „ozelenění“.

Situace v ČR

- Výroby jsou lokalizovány v regionech s chemickým průmyslem - H_2 jako meziprodukt pro další zpracování
- dostatečné kapacity (přebytky) pro rozjezd vodíkových aplikací (mobilita)
- omezený potenciál pro „ozelenění“



Výroba H₂ parním reformingem

technologie vhodná pro lehké uhlovodíky bez větších obsahů nežádoucích nečistot

- 1. krok 800°C, katalyzátor: $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$
- 2. druhý krok 300°C, katalyzátor: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$

separace CO₂ od H₂

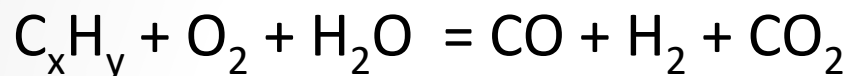


- Lokální produkce H₂ pomocí parního reformingu z bio- metanu (bioplynu) nebo zemního plynu
- Momentálně bioplynové stanice – kogenerační jednotky spalující bioplyn za výroby tepla a elektrické energie
- Možná konverze CNG čerpacích stanic

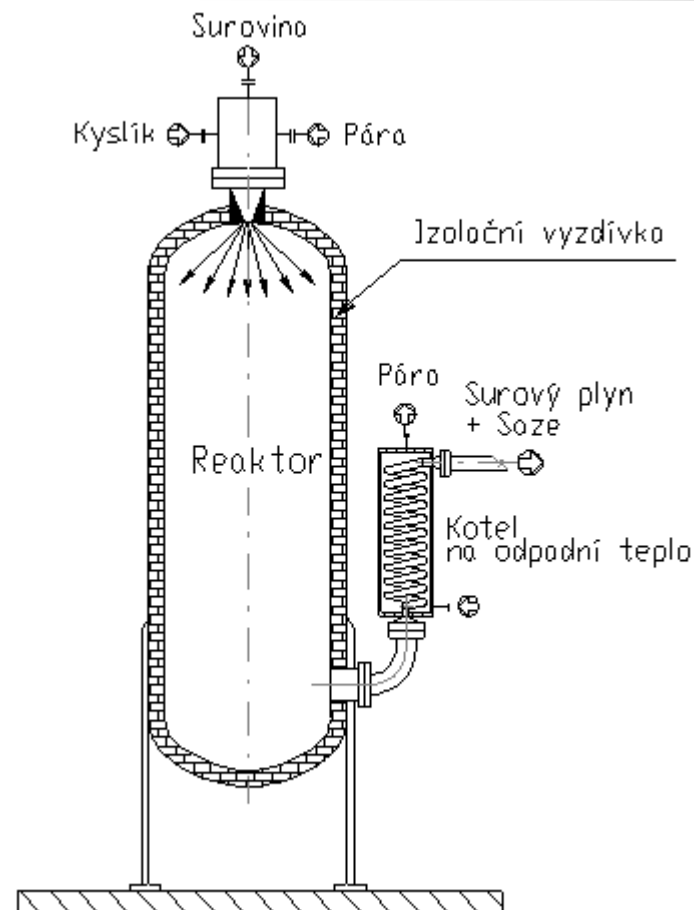


Parciální oxidace POX

- zpracování odpadních ropných frakcí

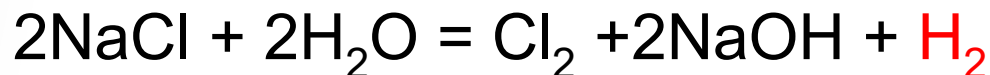


- největší produkce H_2 v ČR 55 kt/rok
- využití suroviny, která by jinak byla spalována
- vysoce tolerantní technologie ke kvalitě suroviny
- nelze zařadit jako nízkoemisní H_2
- nahrazení suroviny organickým odpadem např. UCO - nízkoemisní vodík



Elektrolýza v ČR

- chlor - alkalická elektrolýza roztoku NaCl a KCl
- prioritně výroba Cl₂ a NaOH resp. KOH
- nepřetržitý provoz - neřeší změny cen el. energie
- obtížné napojení na OZE, ideální v kombinaci s JE



BlueStar NBZ 2.7 - 4 x 5,6 MW roční kapacita až 3 000 t H₂/rok

Elektrolýza vody představuje nejčistší zdroj H_2 , ale je také energeticky nejvíce náročný

AWE

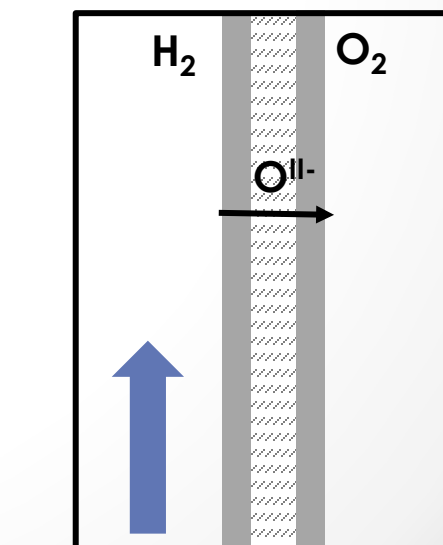
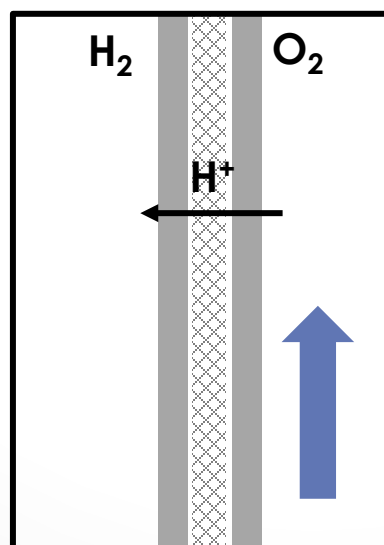
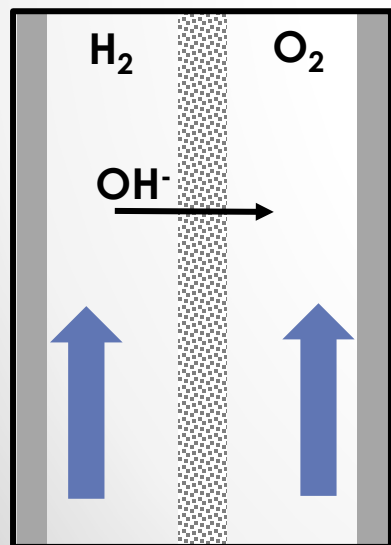
- 30 hm.% KOH
- 70 – 80 °C
- Diafragma

PEM WE

- demi. voda
- ~ 50 - 80 °C
- ion-selektivní membrána

SOEC

- pára
- 800-1000 °C
- $ZrO_2 + n\% Y_2O_3$



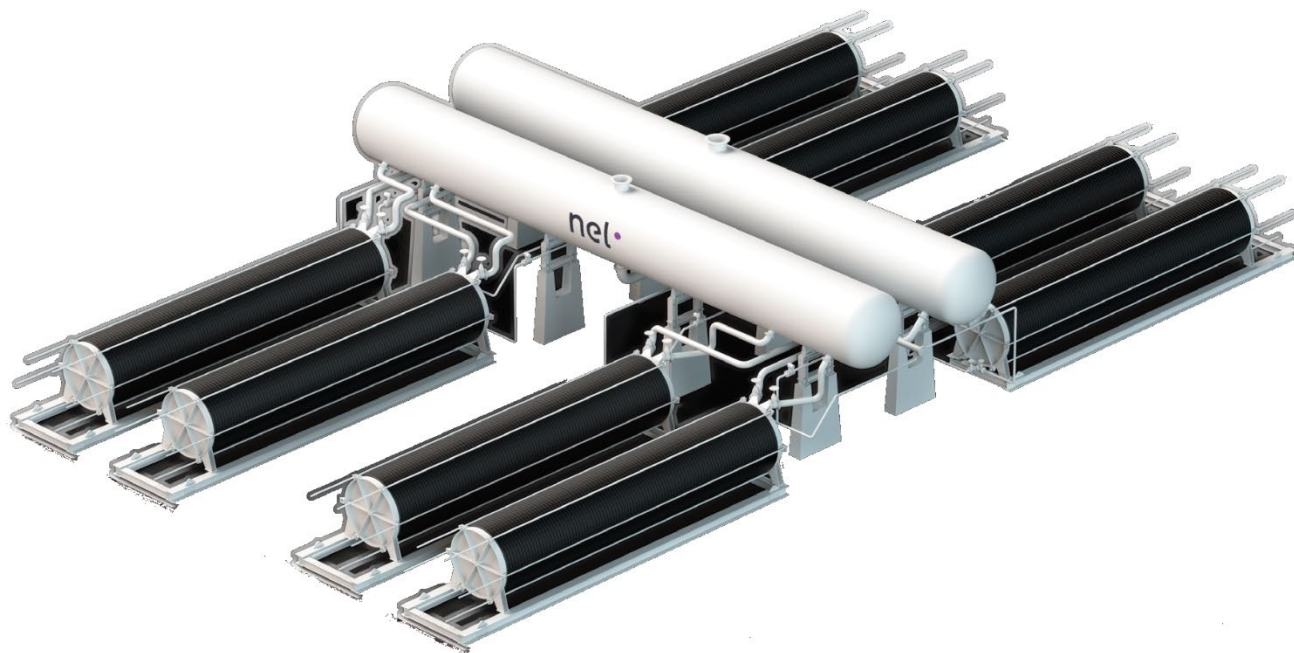
PEM elektrolýzér



H ₂ Production range	15 - 46.3 Nm ³ /h
H ₂ Purity	5.0 (meets ISO 14687:2019 Table 2)
Energy consumption nominal*	4.9 kWh/Nm ³ H ₂
Electrical power nominal*	225 kW
H ₂ Production modulation range	32 - 100 %
System efficiency nominal*	73 %
Load change	30 s (Minimum load to nominal load)
H ₂ Output pressure	15–30 bar(g)
O ₂ Output pressure	unpressurised
H ₂ O Required quality**	TrinkwV 2020 EU Directive 2020/2184-EU
H ₂ O Consumption nominal*	60 kg/h (at 10° dH)
Power supply electrolysis***	3 x 400 V / 50 Hz (acc. IEC 60038), Connecting power: 500 kVA

<https://www.h-tec.com/>

Alkalický způsob elektrolýzy vody



NEL A3880

A3880

2,400-3,880 Nm³/h

3.75-100% of flow range

3.8-4.4 kWh/Nm³

99.99-99.999%

< 2 ppm v

< 2 ppm v

1-200 barg

~770 m²

NA

NA

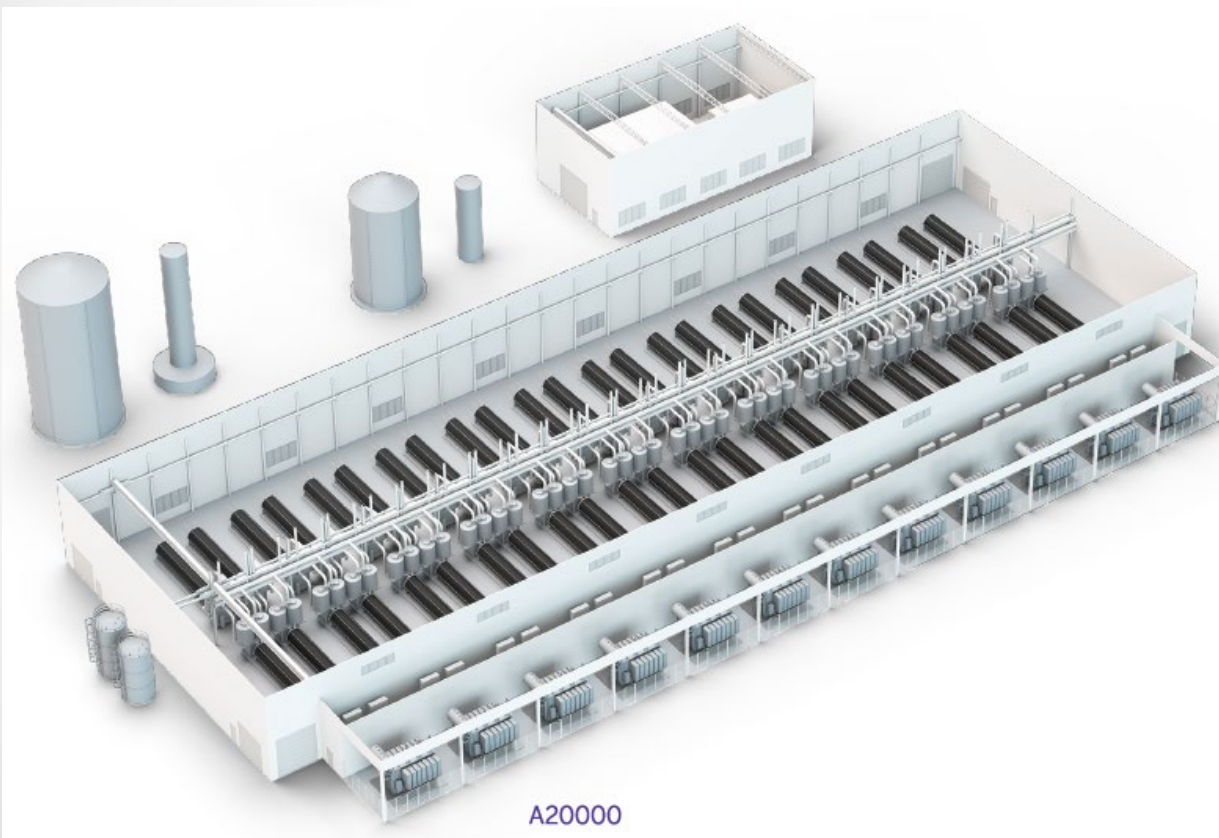
NA

5-35° C

25% KOH aqueous solution

0.9 l/Nm³

Velkokapacitní elektrolýza vody



A20000

15,520 to 19,400 Nm³/h

1 to 100% of flow range²

3.8 to 4.4 kWh/Nm³

99.99 to 99.998%

< 2 ppm v

< 2 ppm v

1 to 200 barg

Depends on configuration

2 to 40° C

2 to 35° C

25% KOH solution

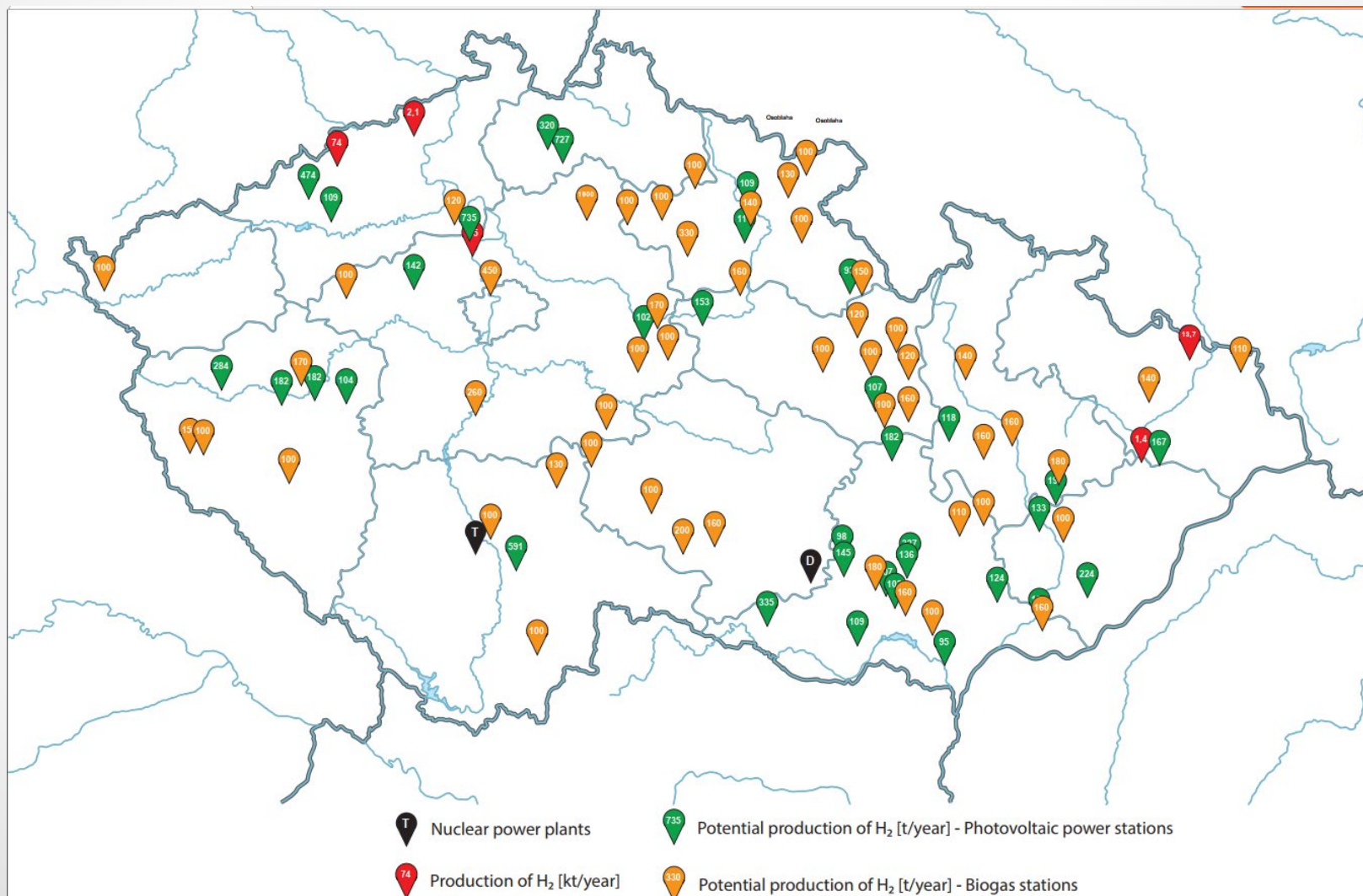
~1 l/Nm³

NEL A20000

Možnosti produkce nízkouhlíkového H₂

- využití nízkouhlíkové elektřiny – jaderné elektrárny + OZE
- dovoz ze zahraničí
- bio-suroviny pro konvenční produkci - SMR, POX
 - bioplyn resp. biomehan
 - org. odpady oleje, tuky
- pyrolýza / plazmatický rozklad organických odpadů –
(podle vstupní suroviny)
- zavedení technologií CCS / CCU (výroba močoviny,
methanolu, skladování v podzemních zásobnících)

Možné lokální zdroje H₂



Dovoz a skladování H_2

Transport H_2 z místa produkce na místo spotřeby - nezbytná součást vodíkové ekonomiky

Možnosti transportu

- stlačený/kapalný H_2
- příměs zemního plynu
- ve formě chemických látek
uhlovodíky, amoniak,....

Separace ze zemního plynu H_2/CH_4
Sorbování / uvolnění H_2 z nosných látek



Závěr

- V rámci EU převládá podpora GreenDeal i snahy o snížení závislosti na fosilních palivech
- ČR nemá výhodnou polohu pro OZE
- Je třeba se řešit import vodíku
- Primární odběratel/spotřebitel pro H₂ je průmysl
- Nízkoemisní vodík bude potřeba pro dopravu, zušlechťování bioplynu, dekarbonizaci energeticky náročných výroby
- Bez možnosti využití „zelených“ certifikátů bude všechn H₂ automaticky emisně nevhodný

Partneři projektu:



NUCLEAR
RESEARCH
INSTITUTE



VÝZKUMNÝ
ÚSTAV
ŽELEZNIČNÍ, a. s.



CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

Iceland
Liechtenstein
Norway grants

T A
C R

Programme **Kappa**

Projekt Regionální vodíkové vlaky na českých železnicích (TO01000324) je financován částkou 545 598 € z Islandu, Lichtenštejnska a Norska prostřednictvím fondů Evropského hospodářského prostoru a Technologické agentury ČR

Děkuji za pozornost

doc. Ing. Martin Paidar, Ph.D.

paidarm@vscht.cz

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Česká vodíková technologická platforma

