



INSTYTUT CHEMICZNEJ
PRZERÓBKI WĘGLA



niepodległa

POLSKA
STULECIE ODZYSKANIA
NIEPODLEGŁOŚCI

Wodór - paliwo przyszłości

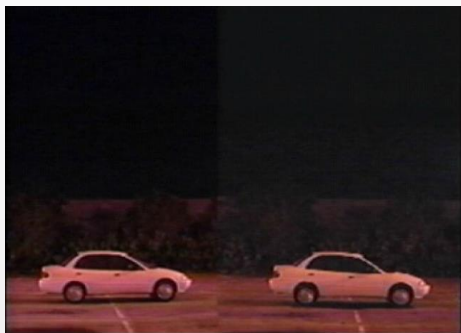
Marek Ściążko

Katastrofa „Hindenburga”, Lakehurst, N.Y. 6. maja, 1937 r.



- spłonęło 200 000 m³ wodoru
- zginęło 37 osób
- 2/3 pasażerów przeżyło
- pożar rozpoczął się od łatwopalnej powłoki sterowca
- większość ludzi zginęła na skutek poparzenia paliwem płynnym

Czas wypalenie zasobnika wodoru i zbiornika benzyny (min.)



0:00



0:03



1:00



1:30

Doświadczenie przeprowadzone przez College of Engineering w Miami University

Wrzesień 2018 – ostatnie doniesienia



Financial Time

Południowokoreański producent samochodów Hyundai w przyszłym roku rozpocznie produkcję 1000 ciężarówek z ogniwami paliwowymi dla Szwajcarii.

<https://www.ft.com/content/6eebd8da-bc7d-11e8-94b2-17176fbf93f5>

<https://hydrogentoday.info/>

Firma Ballard Power Systems ogłosiła, że podjęła strategiczną współpracę z Weichai Power, która obejmuje znaczące inwestycje kapitałowe w wysokości około 163 milionów USD, reprezentujące 19,9% udziałów w spółce, oraz utworzenie joint venture w celu wsparcia chińskiego rynku pojazdów elektrycznych. Umowa obejmuje program transferu technologii o wartości 90 milionów dolarów dla JV związanego z ogniwami paliwowymi nowej generacji.



The Guardian

Dwa pociągi zbudowane przez francuskiego producenta pociągów Alstom działają teraz na odcinku 100 km w północnych Niemczech

<https://www.theguardian.com/environment/2018/sep/17/germany-launches-worlds-first-hydrogen-powered-train>

www.hydrogenfuelnews.com/

Air Products buduje instalację, która ma codziennie produkować 30 ton ciekłego wodoru. Rurociąg o długości 1000 km pomiędzy Houston i Nowym Orleanem (USA) dostarczy ponad 30 ton dziennie wodoru.



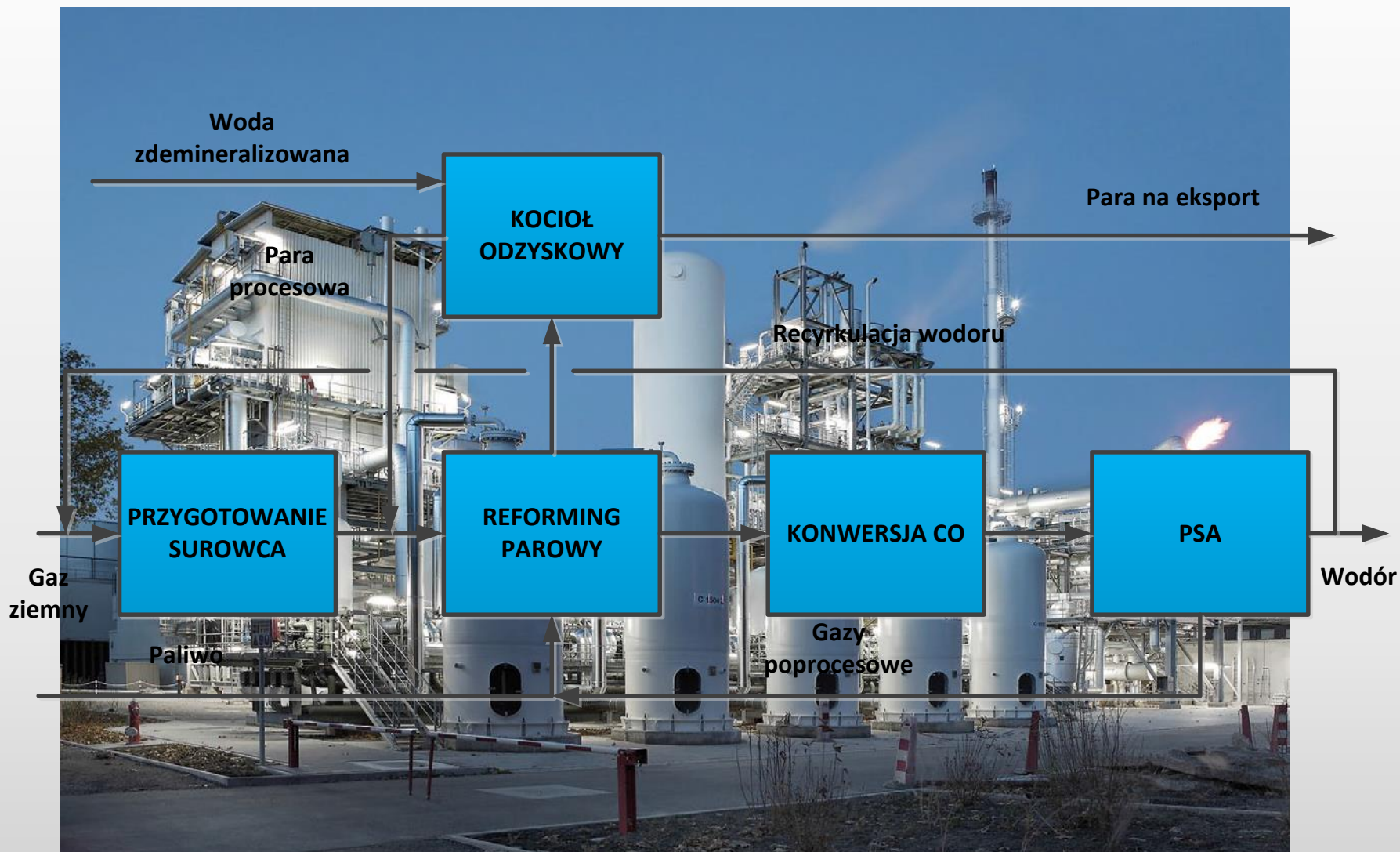
Strategiczny program wodorowy w Japonii

- Etap 1 – Wdrożenie małoskalowych układów kogeneracyjnych (energia elektryczna + ciepło), komercjalizacja pojazdów z ogniwami paliwowymi i instalacji stacji tankowania wodoru
 - FC CHP (~ 1 kW), 5,3 mln jednostek do 2030 r.
 - FCV : $\sim 800,000$ do 2030 (dzisiaj ~ 2000)
 - HRS: ~ 320 H₂ stacji tankowania do 2025 (dzisiaj ~ 90)
- Etap 2 – Wielkoskalowy import wodoru w postaci ciekłej do wytwarzania energii elektrycznej do 2030 r.
- Etap 3 - Produkcja i wykorzystanie wodoru bez emisji CO₂ do 2040 r

Linde – koncepcja europejskiej sieci dystrybucji wodoru



Parowy reforming gazu ziemnego - Linde



Przyszłość: Integracja systemu energetycznego z mikrośieciami

BATERIA DOMOWA LUB FC +
ENERGETYKA ROZPROSZONA



LINIE WYSOKIEGO NAPIĘCIA +
ENERGETYKA SYSTEMOWA

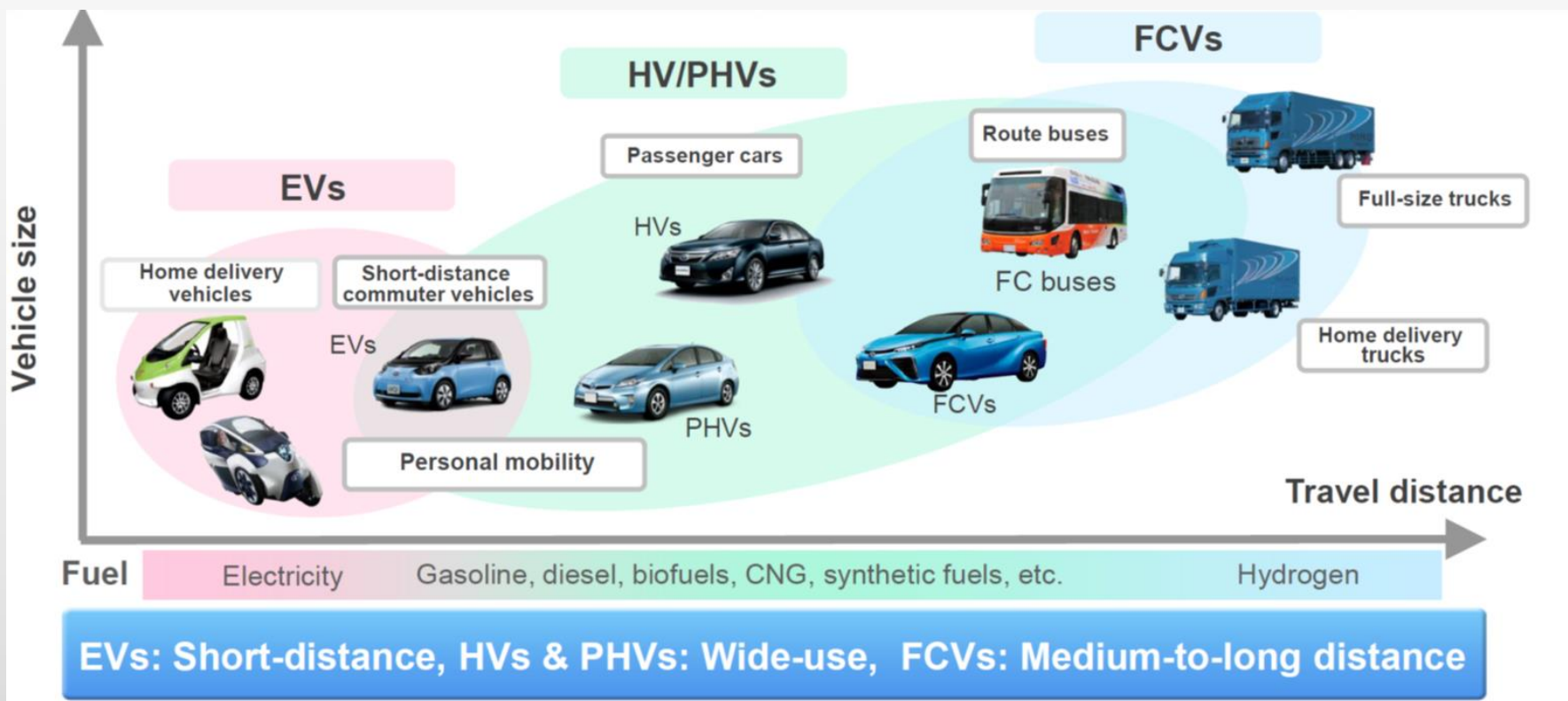


Wytwarzanie
lokalne

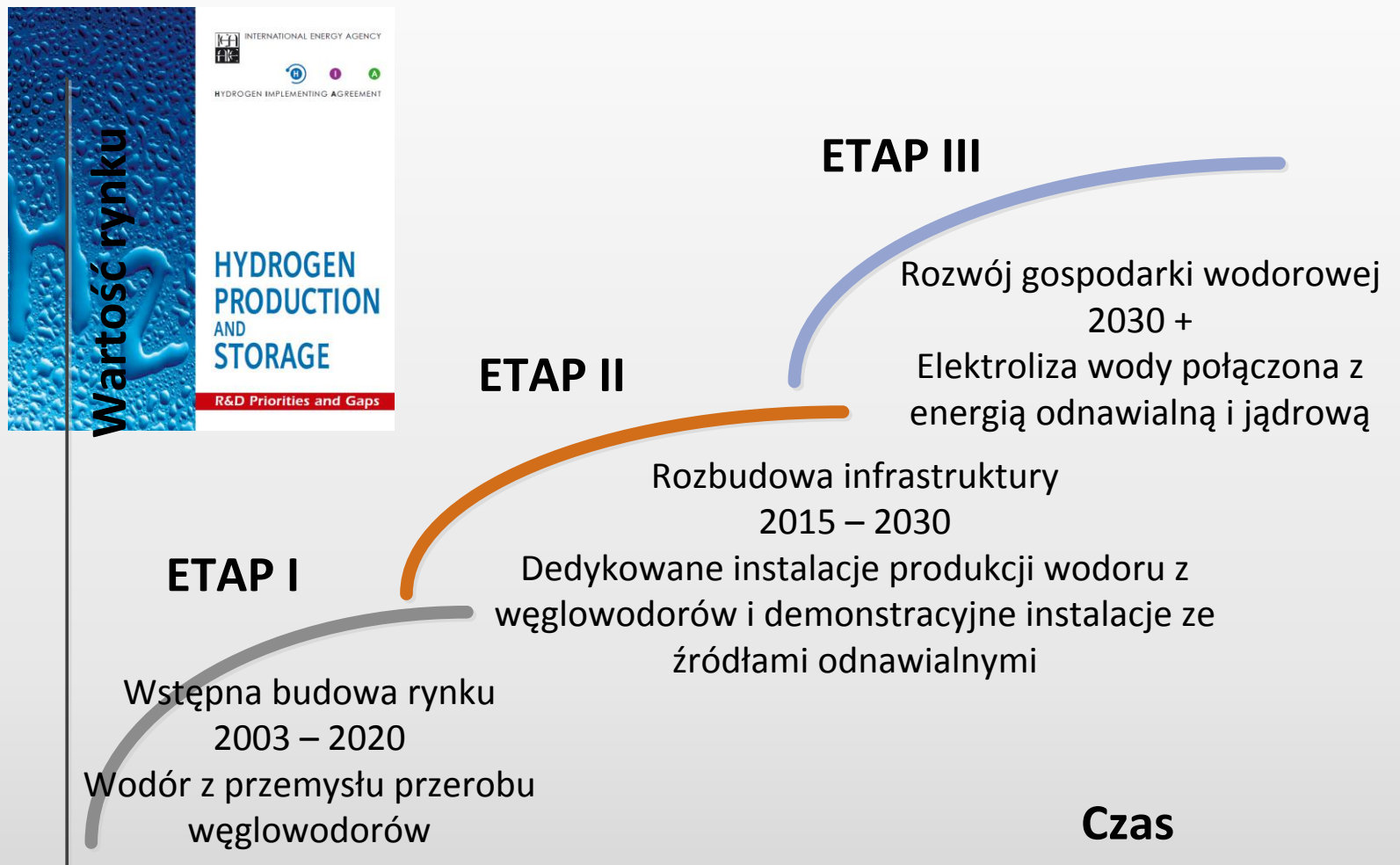


Wytwarzanie
scentralizowane

Ewolucja źródeł energii dla transportu samochodowego



Etapy rozwoju gospodarki wodorowej

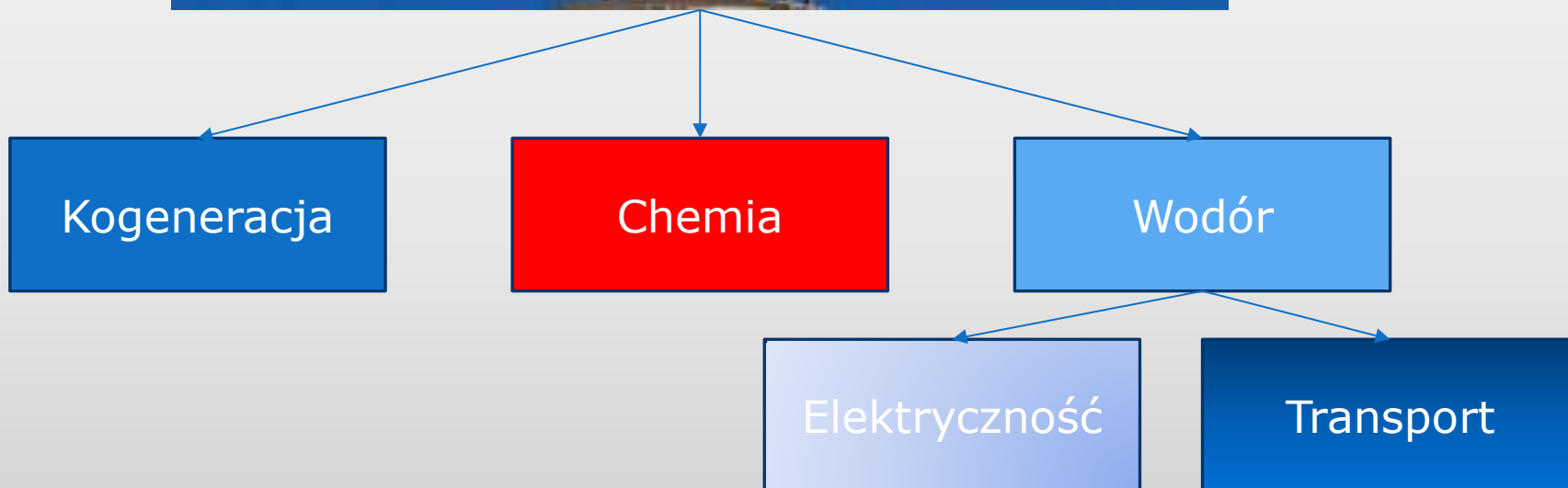


Wydajność wodoru w zależności od źródła i technologii

Źródło bazowe	Proces	Ilość potrzebna do wyprodukowania 1kg H ₂		Sprawność en. (E _{out} /E _{in} , Wd)
Gaz ziemny	Reforming parowy	4,73 m ³	165 MJ	73,1 %
Węgiel	Zgazowanie	9,8 kg	271 MJ	44,3 %
En. jądrowa	Wysokotemperaturowa elektroliza	6,72x10 ⁻⁵ kg U	260 MJ	46,0 %
En. jądrowa	Metoda termochemiczna	7,03x10 ⁻⁵ kg U	273 MJ	44,0 %
Biomasa	Zgazowanie	13,0 kg (stan suchy)	242 MJ	48,3 %
En. wiatrowa	Elektroliza	46 kWh	166 MJ	72,6 %
En. słoneczna	Elektroliza	46 kWh	166 MJ	72,6 %
Biogaz	Reforming parowy	8,8 m ³	202 MJ	61,0 %

M. Melaina, M. Penev, and D. Heimiller, Resource Assessment for Hydrogen Production National Renewable Energy Laboratory, 2013

Potencjał gazu koksowniczego



Separacja z gazów wodoronośnych

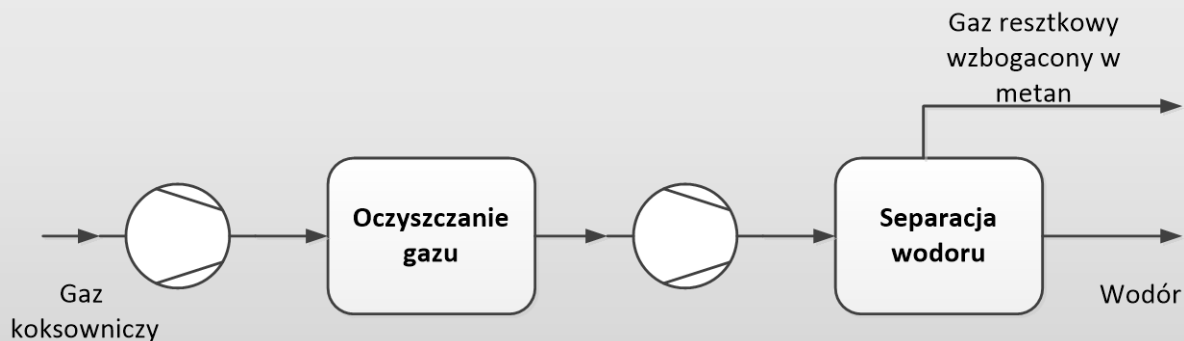


Właściciel: Nippon Steel Corporation (NSC)

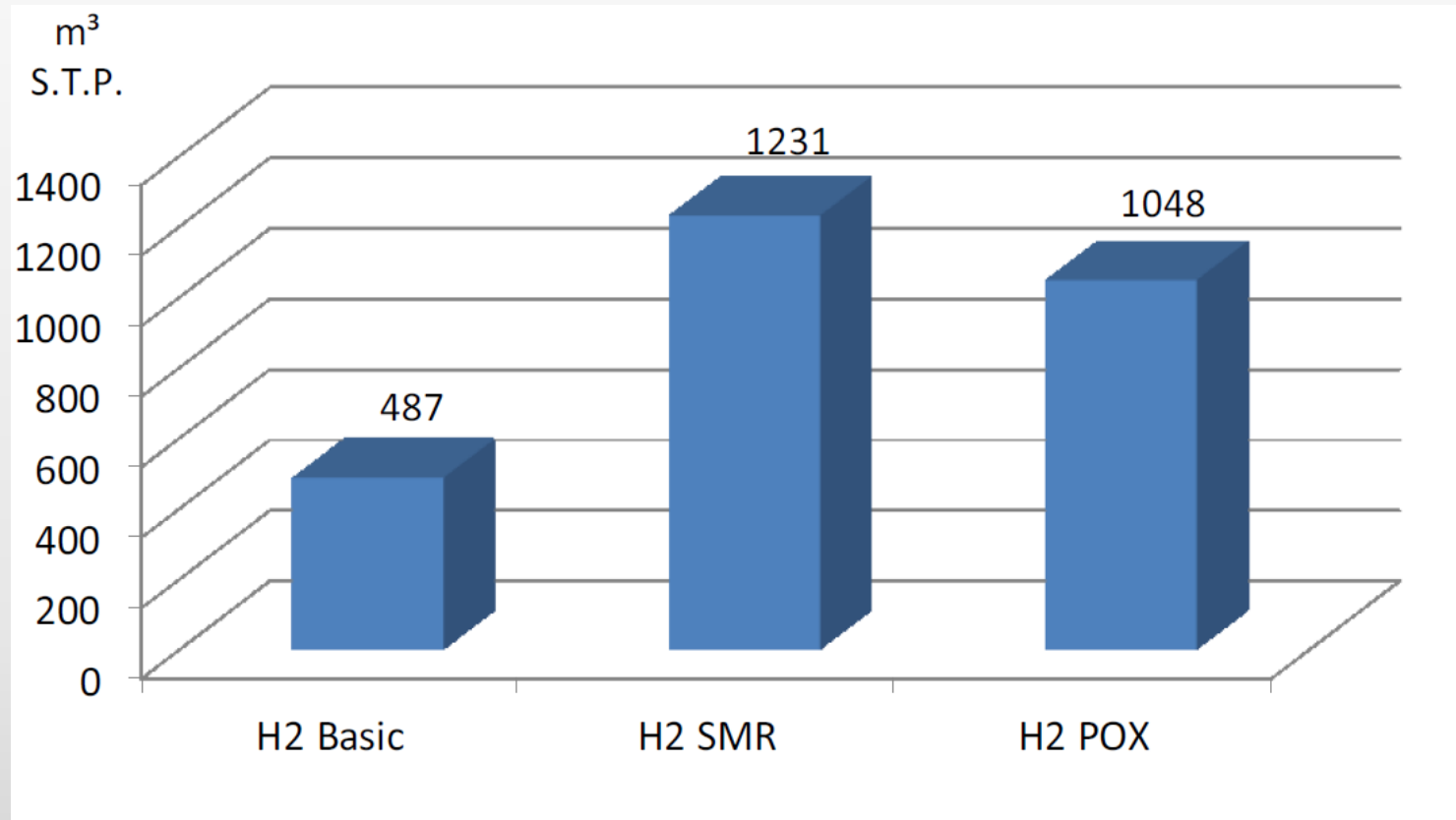
Surowiec: gaz koksowniczy

Wydajność: 220m³/dzień

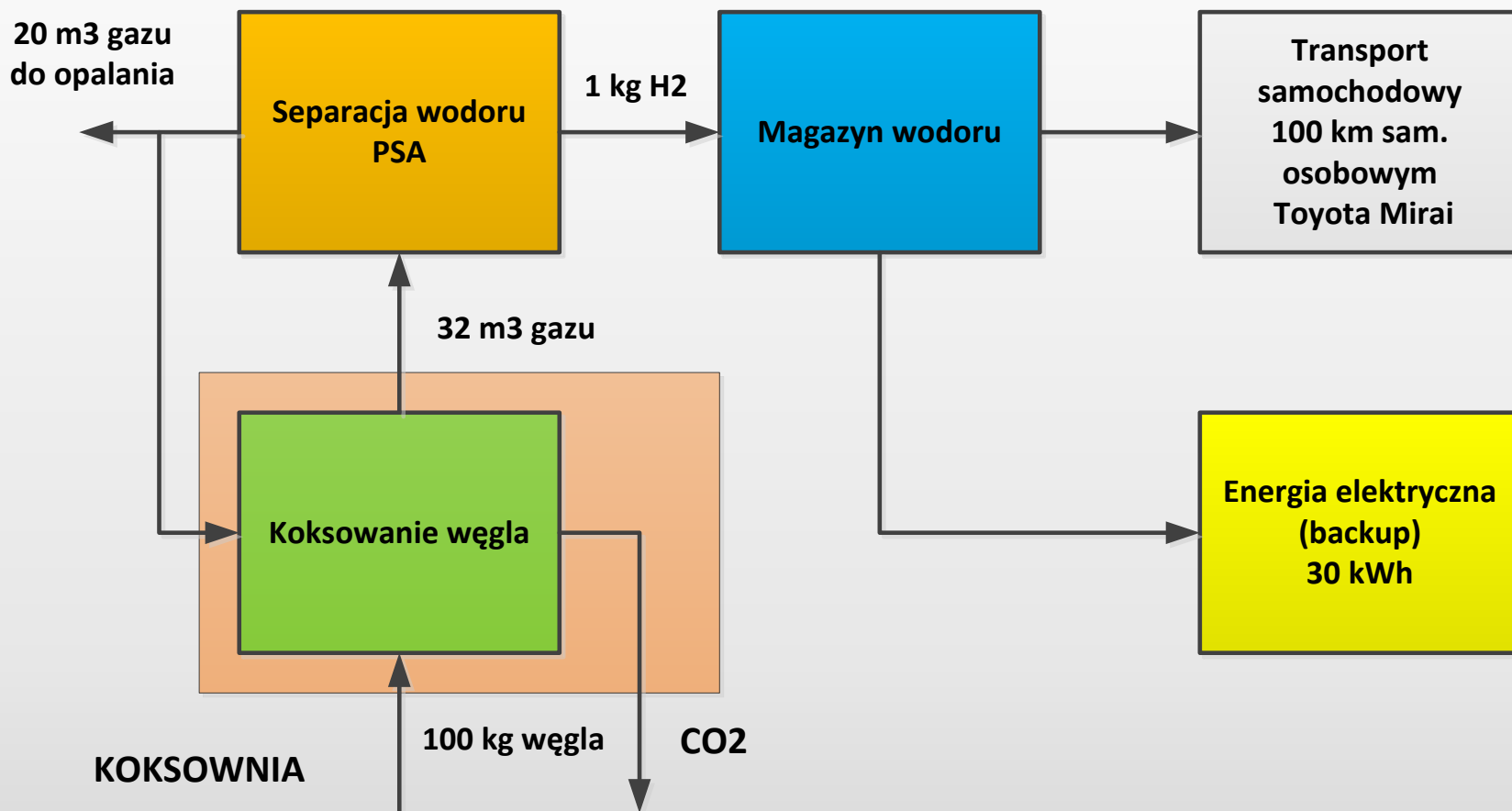
Czystość: 99,999%



Porównanie technologii – wydajność wodoru z gazu koksowniczego



Wodór – gaz koksowniczy

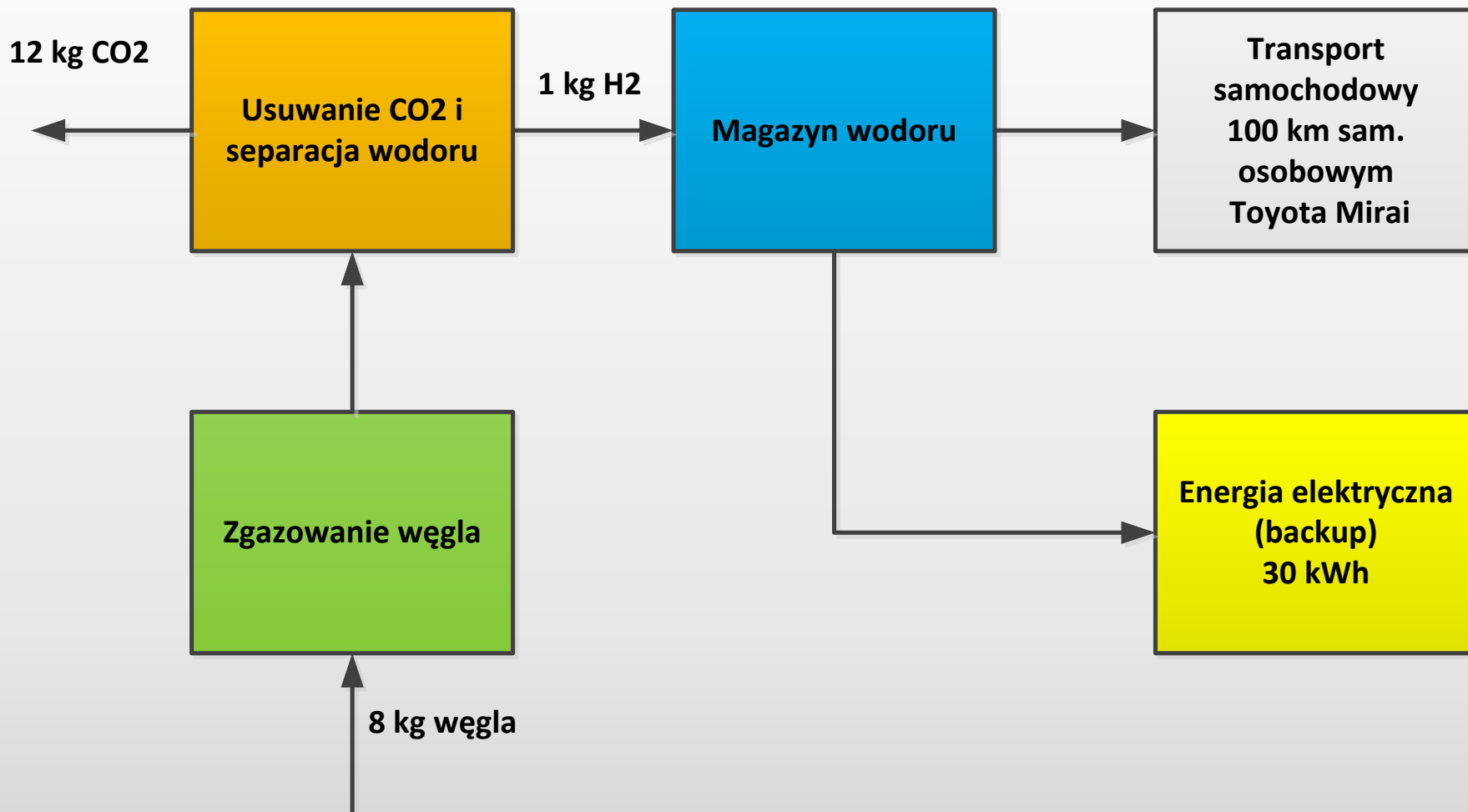


Skład gazu koksowniczego i uzysk wodoru

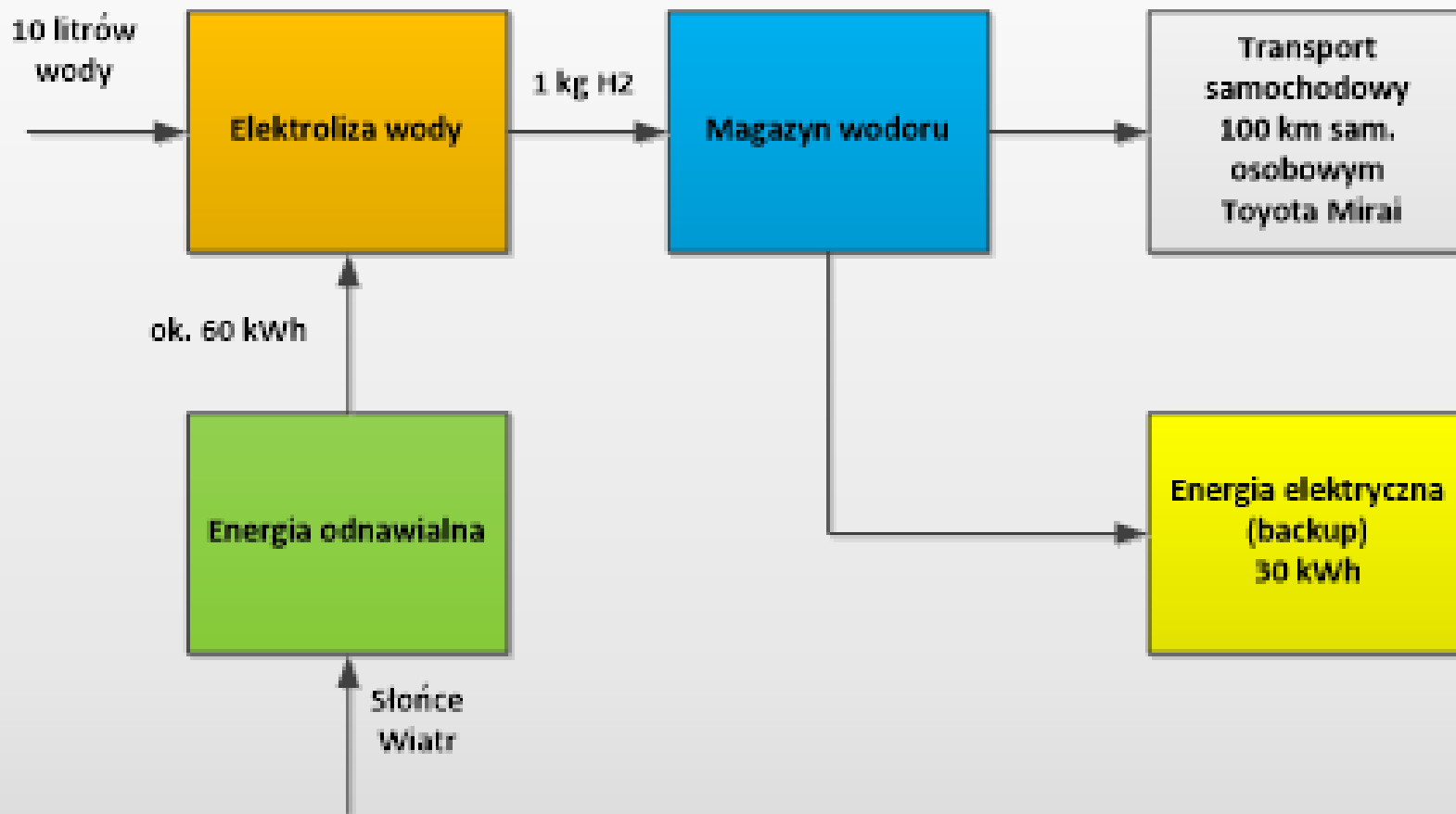
Description	Feed Gas		Product H ₂ Gas		Off gas	
	V%	Nm ³ /h	V%	Nm ³ /h	V%	Nm ³ /h
H ₂	55.19	12141.8	99.99260	10441.62	14.71	1699.9
O ₂	0.26	57.2	0.00001	0.00	0.49	57.2
N ₂	8.5	1870.0	0.00537	0.56	16.18	1869.4
CO	5.23	1150.6	0.00000	0.00	9.96	1150.5
CO ₂	5.75	1265.0	0.00000	0.01	10.95	1265.0
CH ₄	22.42	4932.4	0.00093	0.10	42.68	4932.4
C _n H _m	2.65	583.0	0.00006	0.01	5.04	583.0
H ₂ O			0.00093	0.10		
Total	100.00	22000.0		10442.4		
Moisture	Saturated		DP: -65°C			
P, MPaG	1.60		1.50			
T, °C	≤40		≤40			



Wodór - zgazowanie węgla



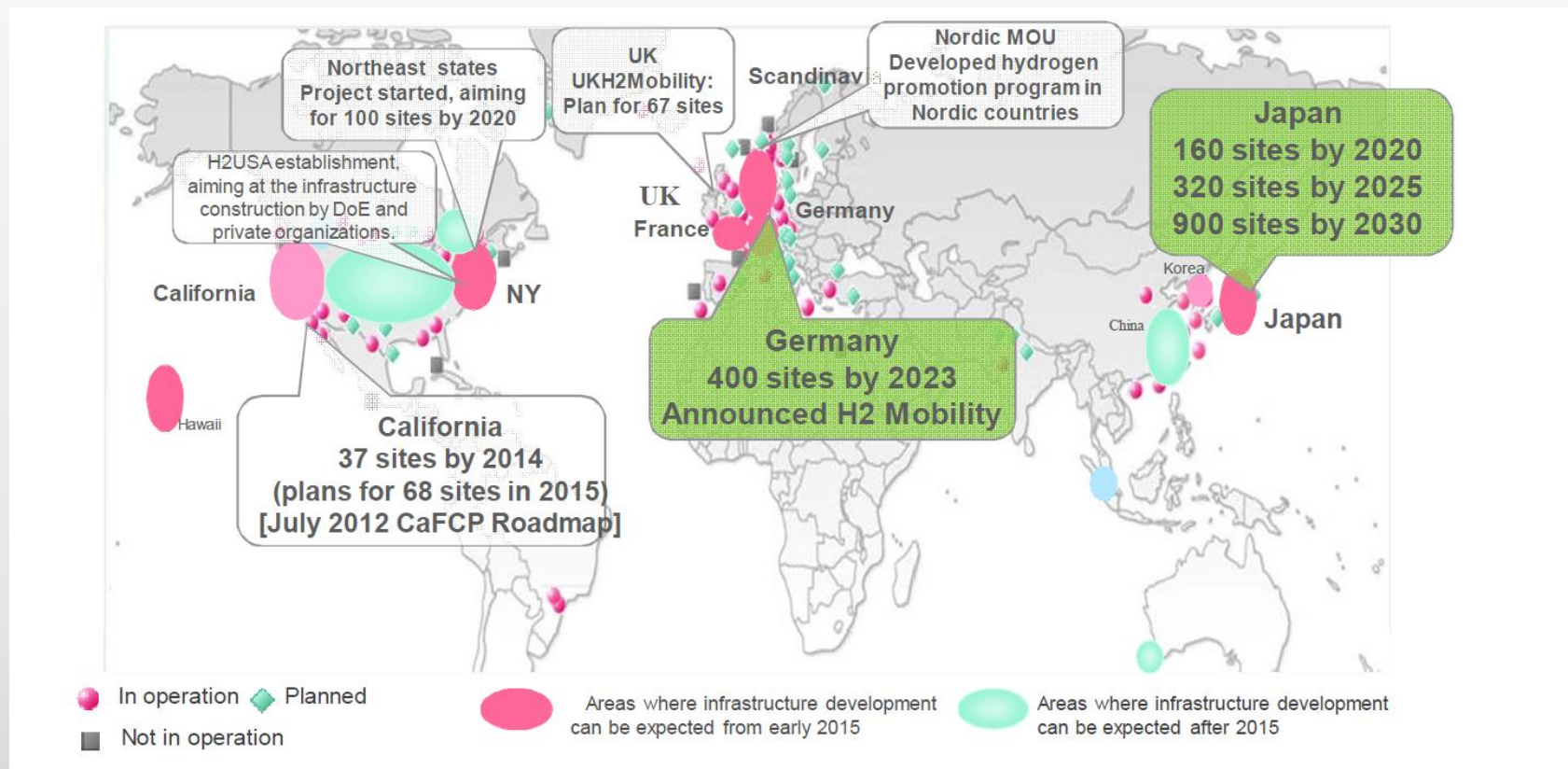
Wodór – en. odnawialna - elektroliza wody



Wymagania jakościowe dla wodoru wg ISO 14687-2:2012

Parametr	Wartość wymagana
Czystość wodoru	99,97%
Całkowite stężenie zanieczyszczeń	300 $\mu\text{mol/mol}$
Górne granice stężeń dla poszczególnych zanieczyszczeń	
Woda (H_2O)	5 $\mu\text{mol/mol}$
Suma węglowodorów (w przel. na CH_4)	2 $\mu\text{mol/mol}$
Tlen (O_2)	5 $\mu\text{mol/mol}$
Hel (He)	300 $\mu\text{mol/mol}$
Suma azotu (N_2) i argonu (Ar)	100 $\mu\text{mol/mol}$
Ditlenek węgla (CO_2)	2 $\mu\text{mol/mol}$
Tlenek węgla (CO)	0,2 $\mu\text{mol/mol}$
Suma związków siarkowych (w przel. na H_2S)	0,004 $\mu\text{mol/mol}$
Formaldehyd (HCHO)	0,01 $\mu\text{mol/mol}$
Kwas mrówkowy (HCOOH)	0,2 $\mu\text{mol/mol}$
Amoniak (NH_3)	0,1 $\mu\text{mol/mol}$
Suma związków zawierających wiązania halogenowe	0,05 $\mu\text{mol/mol}$
Maksymalne zanieczyszczenie cześciami stałymi	1 mg/kg

Lokalizacja stacji tankowania wodorem w świecie



Prognozy KPMG - 2017

- ▶ Samochody z silnikiem benzynowym zachowają swoją pozycję w przyszłości.
- ▶ Samochody z silnikiem dieslowskim zostaną wyparte co najmniej z miast, a zatem znikną w dłuższej perspektywie.
- ▶ Samochody elektryczne bateryjne (BEV) mają ograniczony zasięg, a zatem ich szerokie zastosowanie ma ograniczenia.
- ▶ Samochody z napędem elektrycznym wodorowym z uwagi na porównywalne przebiegi jak obecne pojazdy ma znacznie lepszą przyszłość i prawdopodobnie zdominuje rynek.
- ▶ Szacuje się, że rynek FCEV przekroczy wartość 9 mld USD do 2024 r .; zgodnie z nowym raportem badawczym firmy Global Market Insights, Inc. W tym okresie ilość pojazdów elektrycznych z ogniwami wodorowymi przekroczy 300 000.

<https://globenewswire.com/news-release/2018/01/22/1298259/0/en/Fuel-Cell-Electric-Vehicle-Market-worth-over-9bn-by-2024-Global-Market-Insights-Inc.html>

file:///C:/Users/msc/Documents/MyLibrary/Hydrogen_all/Hydrogen/Production/Japan/global-automotive-executive-survey-2017.pdf

Wodór w transporcie



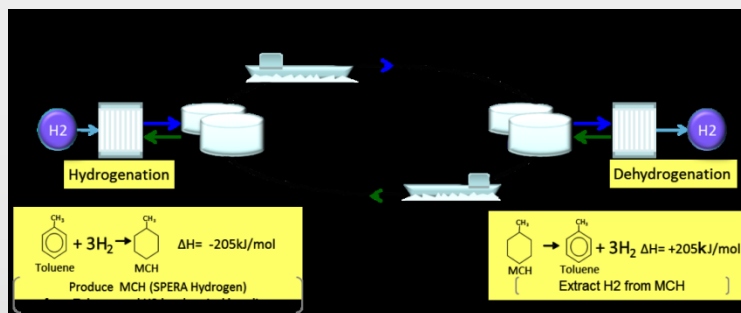
Efektywność napędu wodorowego

- ▶ W oparciu o specyfikację Toyoty Mirai, pojazd elektryczny z ogniwami paliwowymi (FCEV) potrzebuje w przybliżeniu 1 kg wodoru na 100 km na kg. Przy średnim przebiegu pojazdu - samochodu osobowego np. w Norwegii wynoszącej 12 289 km rocznie 500 ton wodoru dziennie może zasilić 1,4 miliona samochodów.
- ▶ 500 kg wodoru dziennie wymaga instalacji separacji o zdolności przerobowej ok. 10 mln m³ gazu koksowniczego, co odpowiada dwóm bateriom koksowniczym.
- ▶ Uwzględniając ciepło spalania wodoru, 1 kg wodoru w przybliżeniu daje taką samą ilość energii jak 4 litry benzyny.
- ▶ Autobusy stosowane w transporcie miejskim zużywają ok. 8 kg wodoru na 100 km.

Transport wodoru z Australii do Japonii



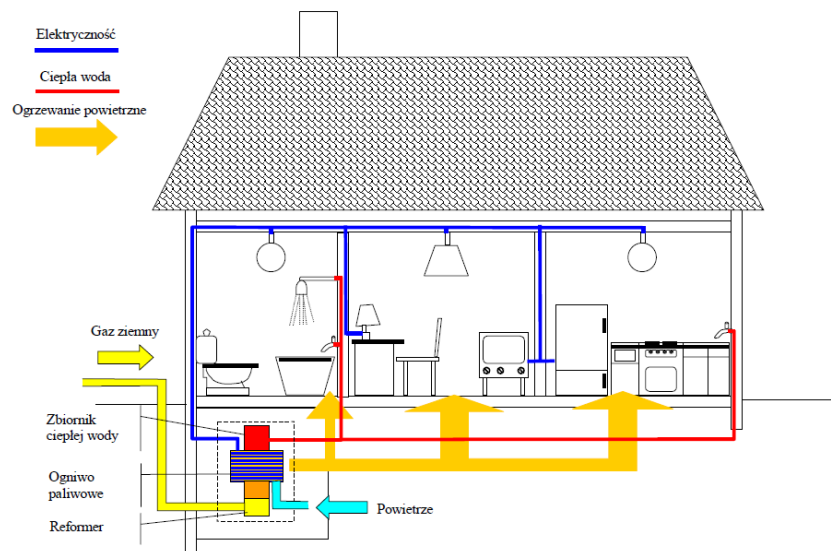
Uwodornienie toluenu



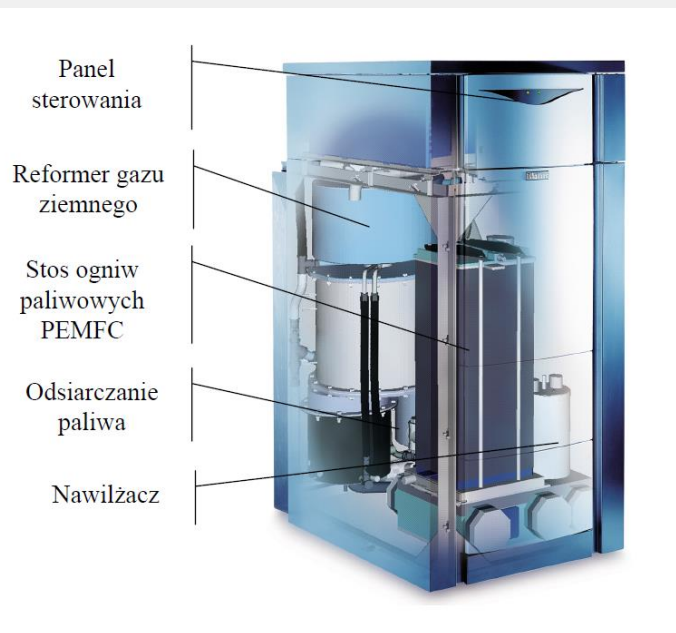
Dehydrogenizacja MCH

http://www.nyk.com/english/news/2017/1188404_1553.html

Ogniwo paliwowe w budownictwie rozproszonym



„Grzewcze ogniwo paliwowe” f-n Vaillant + Plug Power



Obszary oddziaływania

Produkcja



Transport



Magazynowanie



Ogniwa paliwowe



Wytwarzanie R&D



Dystrybucja



Zmiany rynkowe



Regulacje i standardy



Edukacja



Podsumowanie

- ▶ Wodór jest postrzegany jest jako przyszłościowe paliwo dla transportu i energetyki.
- ▶ Obecne źródła wodoru oparte są głównie na technologiach przerobu paliw kopalnych (gaz ziemny, ropa naftowa, węgiel).
- ▶ Rozwój technologii pozyskiwania wodoru z wykorzystanie źródeł odnawialnych jest bardzo intensywny i przewiduje się, że w 2050r. uzyska się ok. 25% wodoru poprzez elektrolizę lub bezpośrednio poprzez zgazowanie biomasy.
- ▶ W dłuższej perspektywie rozwój transportu elektrycznego, w szczególności długodystansowego oparty będzie na napędzie wodorowym z wykorzystaniem ogniw paliwowych. W zastosowaniach energetycznych wielkoskalowych barierą jest rozwój ogniw paliwowych dużej mocy.
- ▶ Jednym z poważnych źródeł wodoru w Polsce jest nadmiarowy gaz koksowniczy, który zawiera ponad 55% wodoru.
- ▶ Włączenie się Polski w światowy trend rozwoju gospodarki wodorowej możliwy jest poprzez budowę zakładu demonstracyjnego produkcji wodoru z gazu koksowniczego i stacji tankowania pojazdów.

INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKİ WĘGLA

ul. Zamkowa 1 • 41-803 Zabrze

Telefon: **32 271 00 41**
Fax: **32 271 08 09**

E-mail: **office@ichpw.pl**
Internet: **www.ichpw.pl**

NIP: **648-000-87-65**
Regon: **000025945**



CENTRUM BADAŃ TECHNOLOGICZNYCH

Tel. sekretariat 32 271 00 41 w. 300

Tel. Dyrektor Centrum 32 271 00 41

e-mail: cit@ichpw.pl



CENTRUM BADAŃ LABORATORYJNYCH

Tel. sekretariat 32 271 00 41 w. 200

Tel. Dyrektor Centrum 32 271 00 41

e-mail: cba@ichpw.pl

