



Łukasiewicz
Poznański
Instytut
Technologiczny

Przewidywany trend rozwoju i wdrażania technologii ogniw wodorowych w transporcie drogowym i szynowym

Dawid Gallas¹⁾, Paweł Stobnicki¹⁾

¹⁾Poznański Instytut Technologiczny, Centrum Pojazdów Szynowych

PTNSS
Young
Scientists
Academy

WSTĘP

Nowe trendy w przemyśle i transporcie prowadzą do przyspieszonego rozwoju nowych technologii zasilania, zwłaszcza tych o niższej emisji spalin niż obecnie dostępne rozwiązania konwencjonalne. Zastosowanie wodoru jako paliwa sięga aż do 1806 roku, kiedy Francois Isaac de Rivaz zbudował silnik spalinowy zasilany wodorem i tlenem [1]. W ostatnich dekadach rozpatrywano również zastosowanie wodoru jako dodatku do paliwa konwencjonalnego w silnikach benzynowych i diesla, ale żadne z tych rozwiązań nie wykazały wystarczającego wzrostu sprawności procesu spalania aby uzasadnić wysokie koszty dodatkowego systemu elektrolizy (urządzenia HHO) do produkcji wodoru [2].

TECHNOLOGIE OGNIW WODOROWYCH

Dzięki dużej gęstości mocy oraz bardzo dobrych właściwościach dynamicznych ogniwa PEMFC znalazły szerokie zastosowanie w transporcie. Pomimo ich licznych zalet istnieje również szereg problemów związanych ze stosowaniem ogniw PEMFC w układach napędowych pojazdów. Główne problemy tej kategorii ogniw to ich koszt, żywotność, podatność na zanieczyszczenie tlenkiem węgla oraz konieczność utrzymania odpowiedniej temperatury i wilgotności w ogniwie.

Ogniwo z kwasem fosforowym (PAFC)

- sprawność do 50%
- tolerancja CO do 1,5%
- duże straty ciepłe

Ogniwo ze stałym tlenkiem (SOFC)

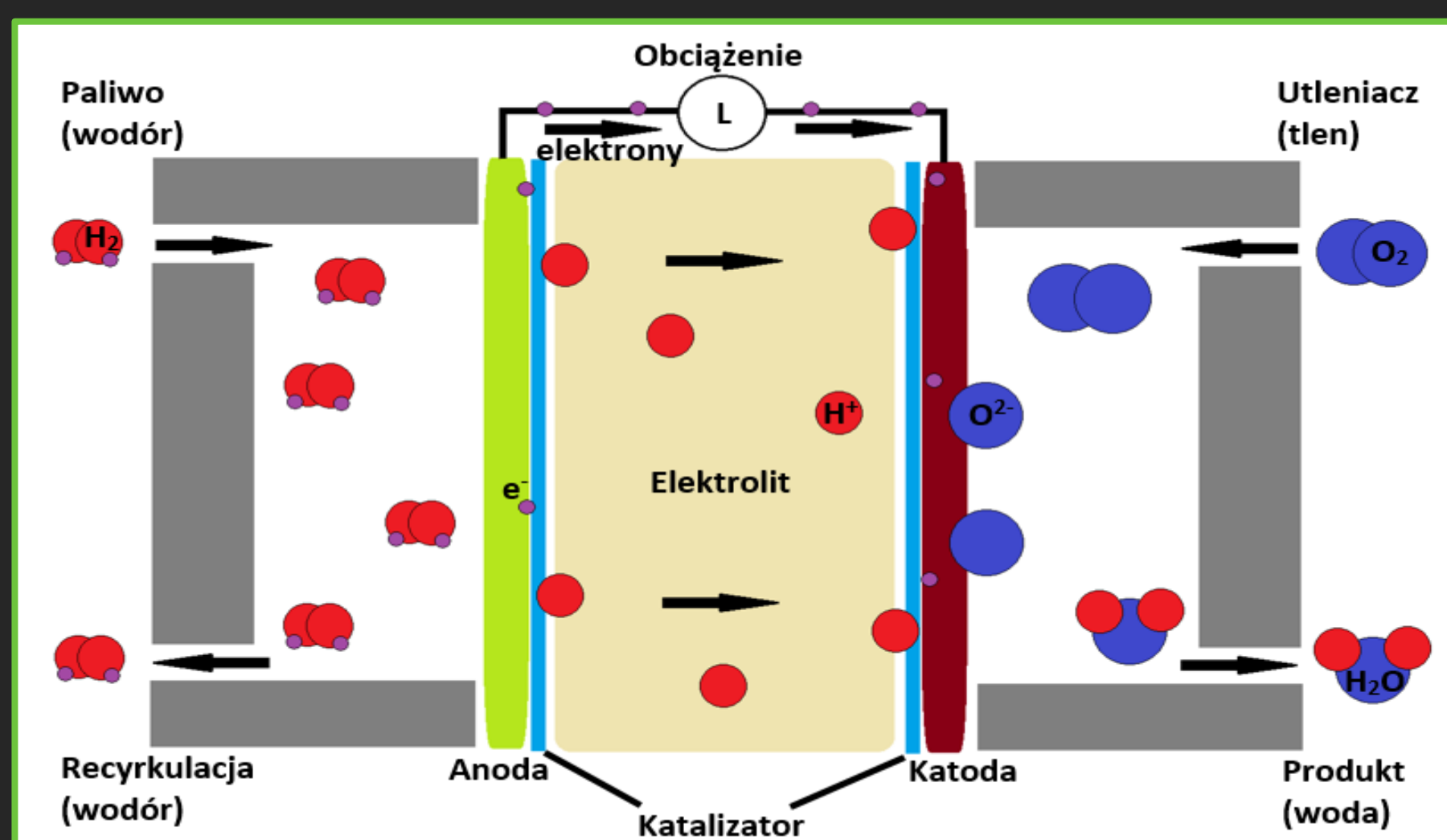
- możliwe stosowanie różnych paliw
- brak recykulacji H₂
- wysoka temp. pracy

Ogniwo z membraną wymiany protonów (PEMFC)

- niska temp. pracy
- sprawność do 60%
- zanieczyszczenie CO

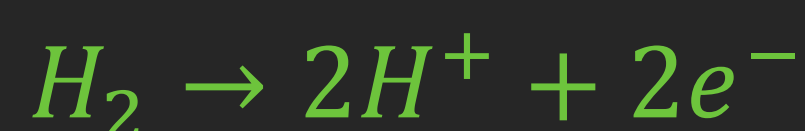
Ogniwo alkaliczne

- większa sprawność w temp. do 90°C
- zanieczyszczenie CO₂

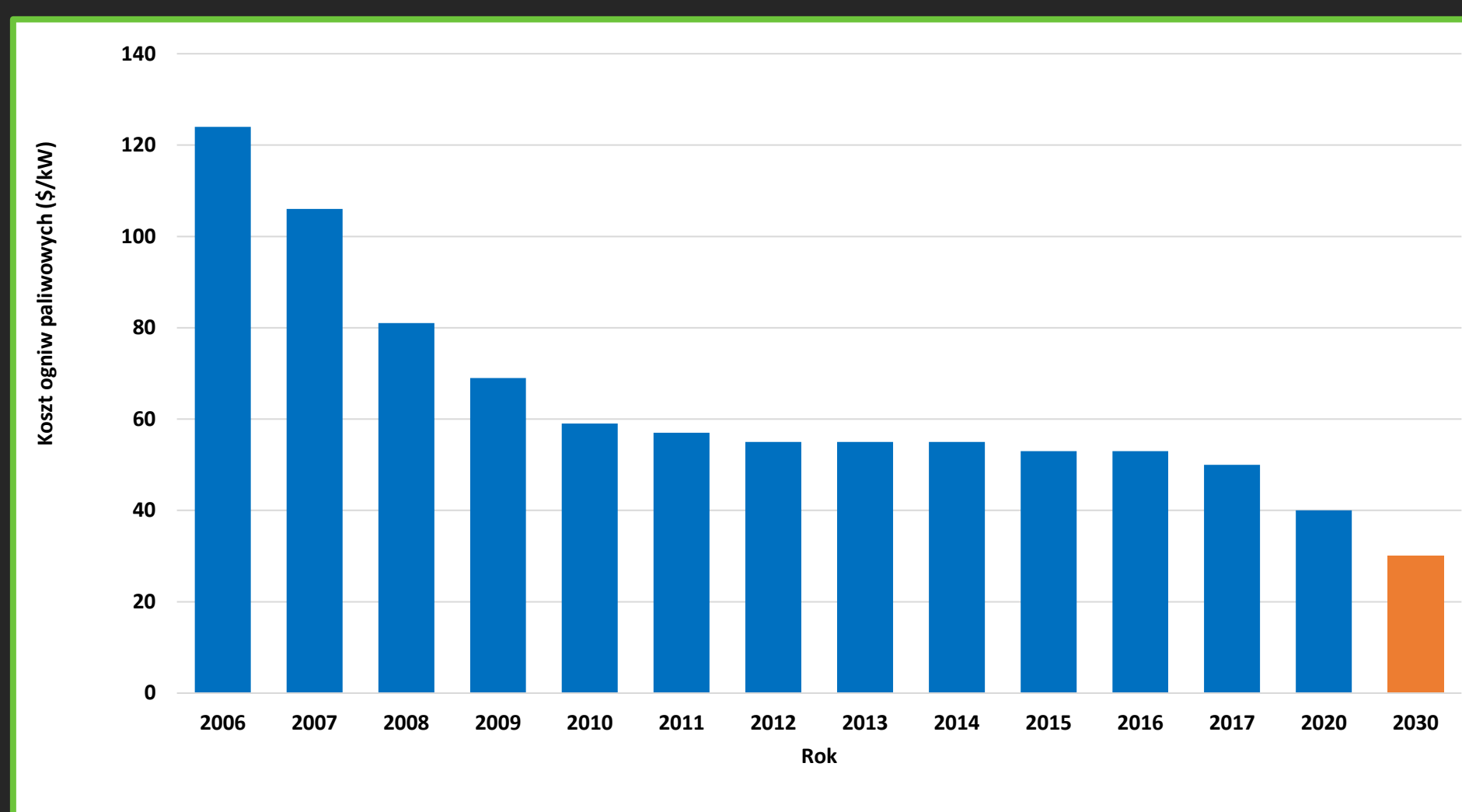
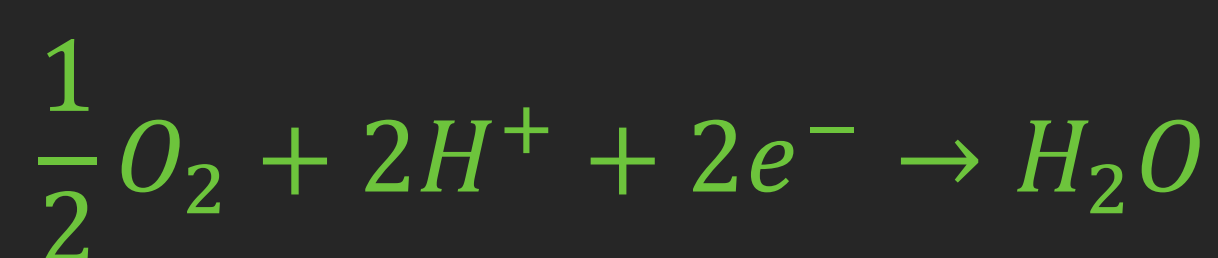


Rysunek 1. Schemat ogniwa typu PEMFC

Najpopularniejszym rozwiązaniem w transporcie jest stosowanie ogniw typu PEMFC. Reakcja na katodzie:



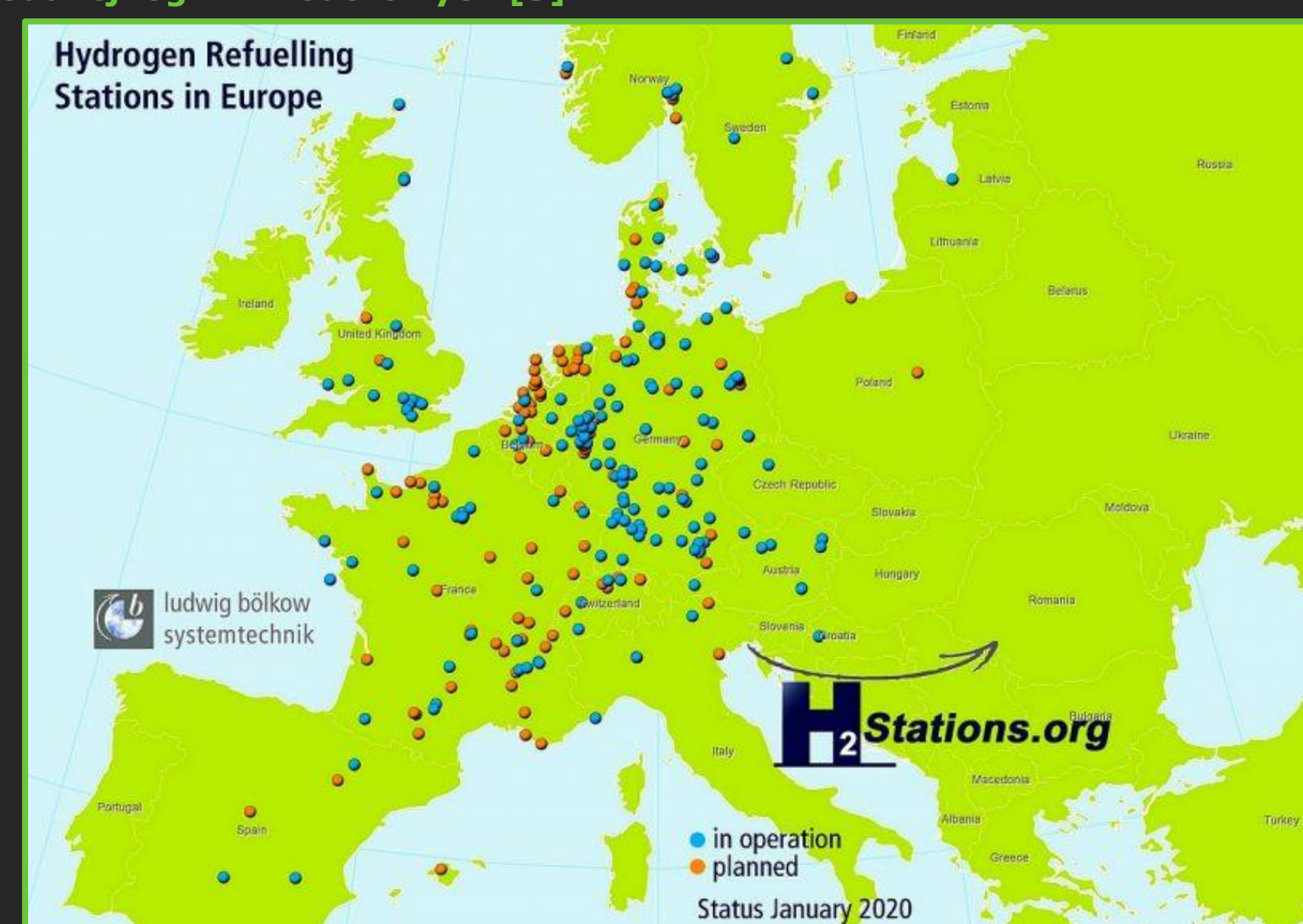
Reakcja na anodzie:



Rysunek 2. Trend zmian kosztów produkcji ogniw wodorowych [3]

Planowane jest osiągnięcie kosztów produkcji ogniw wodorowych na poziomie \$35/kW, co umożliwi zastosowanie tej technologii w szerokim zakresie. Jednym z nadrzędnych celów UE jest rozpowszechnienie zastosowania ogniw wodorowych w różnych gałęziach transportu.

Obecny stan infrastruktury wodorowej zbliża się do poziomu infrastruktury stacji szybkiego ładowania samochodów elektrycznych sprzed kilku lat. Planowana rozbudowa tej infrastruktury określi tempo wdrażania technologii ogniw wodorowych. Powstawanie infrastruktury ogranicza natomiast koszt i dostępność paliwa wodorowego.



Rysunek 3. Dostępność stacji tankowania wodoru w UE (działające – niebieski, planowane – pomarańczowy) [4]

W celu całkowitego przejścia do transportu bezemisyjnego w UE konieczne jest znaczące zwiększenie produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych. Obecnie zdecydowana większość wodoru produkowana jest z paliw kopalnych (~90%), w mniejszym stopniu jako produkt uboczny (~7%), natomiast wódz zielony stanowi około 0,1% produkowanego wodoru.

Tabela 1. Typy wodoru i metody ich produkcji

Kolor wodoru	Proces wytwarzania
Biały	Wydobywany z geologicznych źródeł naturalnych w formie H ₂
Szary	Reforming metanu
Czarny	Zgazowanie węgla kamiennego czarnego
Brązowy	Zgazowanie węgla kamiennego brunatnego
Niebieski	Reforming metanu wraz z wychwyceniem towarzyszącej mu emisji dwutlenku węgla
Turkusowy	Piroliza metanu
Purpurowy	Chemo-termiczna elektroliza wody zasilana energią i ciepłem elektrowni atomowej
Różowy	Elektroliza wody zasilana energią atomową
Czerwony	Wysokotemperaturowa separacja katalityczna wody zasilana ciepłem z elektrowni atomowej
Zielony	Elektroliza zasilana energią ze źródeł odnawialnych

Podsumowanie

Zakładając dalszy wzrost udziału produkcji energii ze źródeł odnawialnych oraz powiązany z tym spadek kosztów i zwiększenie produkcji zielonego wodoru można oczekiwać, że pozyskanie taniego paliwa wodorowego stanie się łatwiejsze w perspektywie kilkunastu najbliższych lat. Ponadto dalszy rozwój technologii ogniw wodorowych może umożliwić zwiększenie konkurencyjności tej technologii jak i rozpowszechnienie jej zastosowań. Produkcja wodoru może być wykorzystana jako metoda przechowywania energii, jako alternatywa do najczęściej stosowanych elektrowni szczytowo-pompowych. W połączeniu z redukcją kosztów ogniw wodorowych do oczekiwanego poziomu optymalnego \$35/kW zastosowanie zasilania opartego na paliwie wodorowym umożliwia płynne przejście z paliw kopalnych na bezemisyjne źródła odnawialne.

Literatura

- [1] Eckermann E. World history of the automobile. SAE (2001), Pages 18–19. ISBN 0-7680-0800-X
 [2] Luo Y., Wu Y., Li B., Mo T., Li Y., Feng S.P., Qu J., Chu P.K. Development and application of fuel cells in the automobile industry. Journal of Energy Storage (2021), Volume 42, 103124, ISSN 2352-152X
 [3] Office of Energy Efficient and Renewable Energy
 [4] <https://www.h2stations.org>