



Łukasiewicz

Instytut Organizacji i Zarządzania
w Przemśle ORGMASZ



BEZPIECZEŃSTWO W TECHNOLOGIACH WODOROWYCH

**VI - ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA
ZWIĄZANE Z WYKORZYSTANIEM WODORU**

BEZPIECZEŃSTWO W TECHNOLOGIACH WODOROWYCH

VI

ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ZWIĄZANE Z WYKORZYSTANIEM WODORU

Warszawa, czerwiec 2023 r.

Recenzenci: prof. dr. hab. inż. Piotr Wolański, dr inż. Katarzyna Stec, dr inż. Renata Kulesza, dr hab. inż. Grzegorz Wojtasiewicz, dr inż. Antoni Migdał, dr inż. Piotr Wieczorek, Damian Wijatyk, dr inż. Kamil Kulesza.

Kierownik projektu: dr Katarzyna Iwińska.

Zespół projektu: dr Katarzyna Iwińska, dr inż. Kamil Kulesza, dr hab. Michał Wróblewski, Joanna Grudowska.

Publikacja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Nauka dla Społeczeństwa” nr projektu NdS 545480/2022/2022, kwota dofinansowania 1 410 152 zł, całkowita wartość projektu 1 410 152 zł.



Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ
ul. Żelazna 87 00-879 Warszawa

SPIS TREŚCI.

| | |
|--|----|
| SPIS TREŚCI..... | 2 |
| 1. Wstęp – cel opracowania | 3 |
| 2. Analiza obowiązujących przepisów prawa, standardów, wytycznych oraz kryteriów oceny, w tematyce związanej z wykorzystaniem wodoru | 4 |
| 3. Definiowanie obszaru projektowego i jego elementów | 4 |
| 4. Analiza podsystemów technicznych w procesie projektowym dla wodorowej inżynierii bezpieczeństwa | 14 |
| 5. Zagadnienia związane z oddziaływaniem na otoczenie..... | 15 |
| 6. Metody minimalizowania zagrożeń oraz ich skutków. | 16 |
| 7. Analiza jakościowa w procesie projektowym dla wodorowej inżynierii bezpieczeństwa. 19 | |
| 8. Techniki inżynierskie: scenariusze kryzysowe (w ujęciu jakościowym i ilościowym) . | 20 |
| 9. Podsumowanie | 22 |
| Bibliografia | 23 |

1. WSTĘP – CEL OPRACOWANIA

Celem opracowania jest analiza zagadnień bezpieczeństwa związanych z wykorzystaniem wodoru. Wykorzystanie wodoru można podzielić na przemysłowe oraz detaliczne^a. Obecnie głównym źródłem wodoru w Polsce jest przetwarzanie gazu ziemnego¹, jednakże zgodnie z dokumentem Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r., opublikowanym 2 listopada 2021 r., planowany jest wzrost udziału technologii wodorowych w gospodarce wraz ze zwiększeniem udziału zielonego wodoru w tym procesie do 2 GW wytworzonej mocy, do roku 2030². Z punktu widzenia polskiej gospodarki obecnie, najbardziej właściwe jest znalezienie uzasadnionej ekonomicznie metody zagospodarowania CO₂ w procesie wytwarzania wodoru metodą reformingu parowego metanu, co pozwoli na znaczne obniżenie jego emisyjności. Główne, najszerzej obecnie dyskutowane kierunki wykorzystania zielonego wodoru to:

- transport lądowy i morski,
- rozwiązania kogeneracyjne w procesach wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej,
- dekarbonizacja przemysłu.

W tabeli 1 przedstawiono zastosowanie wodoru w różnych sektorach przemysłu.

Tabela 1 Zastosowanie wodoru w różnych sektorach przemysłu, opracowanie na podstawie³.

| Sektor | Możliwe wykorzystanie wodoru |
|--|---|
| Transport lądowy (drogowy i kolejowy). | Transport oparty na ogniwach paliwowych (auta osobowe, ciężarówki, lokomotywy, samoloty etc.). |
| Transport morski i powietrzny. | Amoniak i metanol, jako paliwo. |
| | W procesie wytwarzania ciekłych paliw syntetycznych |
| Energetyczny. | Ogniwa paliwowe |
| | Mieszanie wodoru z gazem naturalnym w turbinach spalinowych. |
| | Spalanie w turbinach wodorowych (100% H ₂). |
| | Spalanie w zasilanych węglem elektrowni w udziale z amoniakiem. |
| | Sezonowy magazyn energii. |
| | Mieszanie wodoru z gazem naturalnym w celach grzewczych |
| Przemysł. | Hydrorafinacja i hydrokraking w przerobieniu ropy naftowej. |
| | Produkcja amoniaku i metanolu. |
| | Produkcja żelaza i stali. |
| | Mieszanie z gazem naturalnym w procesie spalania w piecach oraz systemach dostarczających energię do kotłów |
| | Mieszanie z gazem naturalnym w procesie spalania w turbinach spalinowych |
| | |

W raporcie tym opisane zostały zagadnienia bezpieczeństwa związanego z obszarami wykorzystania wodoru.

^a Detaliczny – dla odbiorców indywidualnych.

2. ANALIZA OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW PRAWA, STANDARDÓW, WYTYCZNYCH ORAZ KRYTERIÓW OCENY, W TEMATYCE ZWIĄZANEJ Z WYKORZYSTANIEM WODORU

Aspekty związane z przepisami prawa, standardami, wytycznych oraz kryteriami oceny bezpieczeństwa opisano w raporcie nr 3, pt. „Inżynieria bezpieczeństwa technologii wodorowych – bezpieczeństwo w obszarze otrzymywania wodoru.”.

W przypadku wykorzystania wodoru ustawy, normy i wytyczne należy traktować interdyscyplinarnie oraz stosować się do wytycznych jednostek odpowiedzialnych za dopuszczenia infrastruktury wodorowej do użytkowania, ponieważ mogą one obejmować one zarówno kwestie wytwarzania, magazynowania, transportu oraz dystrybucji wodoru.

3. DEFINIOWANIE OBSZARU PROJEKTOWEGO I JEGO ELEMENTÓW

Definiowanie obszaru projektowego oraz jego elementów w zakresie bezpieczeństwa wodorowego w obszarze wykorzystania wodoru opiera się na przedstawieniu głównych wyzwań technologicznych stojących przed rynkiem wodorowym w ujęciu wykorzystania wodoru dla głównych obszarów jego wykorzystania.

W przemyśle transportowym wykorzystanie wodoru jako paliwa może odbywać się w dwojaki sposób. Po pierwsze, wodór może stanowić paliwo zasilające ogniwo wodorowe, a sam środek transportu wyposażony jest w silnik elektryczny. Drugą metodą jest wyposażenie środka transportu w silnik z wewnętrzną komorą spalania paliwa z udziałem. Jako pojazdy można tutaj wskazać między innymi samochody osobowe, ciągniki siodłowe, wózki widłowe, pojazdy szynowe, czy jednostki pływające.

Główne technologie wykorzystywania wodoru do napędu środków lokomocji:

- pojazdy elektryczne napędzane wodorowymi ogniwami paliwowymi (FCEV^b),
- silniki spalinowe napędzane wodorem (H2ICE^c).

Jak wspomniano powyżej, wodorowe ogniwa paliwowe wytwarzają energię elektryczną z wodoru w urządzeniu zwanym ogniwem paliwowym, które służy do zasilania silnika elektrycznego, jest to technologia FCEV, podczas gdy technologia H2ICE polega na spalaniu wodoru bezpośrednio w silniku spalinowym.

Definiowanie obszaru projektowego dla środka transportu wyposażonego w ogniwo paliwowe oraz zbiornik wodoru obejmują zarówno obszar bezpieczeństwa związanego z wodorem, jak i z obwodem elektrycznym. Podstawowe obszary rozpatrywane w tym rozwiązaniu technicznym, to ^{4,5}:

- zagrożenia związane z własnościami wodoru jako paliwa (palność, wybuchowość),
- zagrożenia związane z siecią elektryczną (iskra, porażenie),
- zagrożenia związane z urządzeniami ciśnieniowymi,
- zagrożenia związane z wysokimi temperaturami.

^b FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle, elektryczny środek transport zasilany ogniwem paliwowym.

^c H2ICE – Hydrogen 2 Internal Combustion Engine, silnik wodorowy z wewnętrzną komorą spalania.