



**Mapa rozwoju rynku  
i technologii dla obszaru  
technologii wodorowych**

Niniejsze opracowanie jest współfinansowane z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości nie ponosi odpowiedzialności za opinie wyrażone w publikacji, które są opiniami autorów i jako takie nie odzwierciedlają stanowiska Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości, ani też nie są dla niej w żaden sposób wiążące.

---

### **Zamawiający**

Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości

### **Wykonawca**

PwC Advisory spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.

---

### **Autorzy**

Rozdziały 2.6 i 3.8 – adwokat, rzecznik patentowy Klaudia Błach-Morysińska

Pozostałe rozdziały – dr hab. Grzegorz Tchorek oraz Zespół Innowacji PwC Polska

---

### **Współpraca merytoryczna PARP**

Dorota Frączek

Wojciech Sadowiec

Aleksandra Walczyk-Jansson

Copyright by Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, 2022



Niniejsze opracowanie jest rezultatem tzw. Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania (PPO), prowadzonego przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii w partnerstwie z Polską Agencją Rozwoju Przedsiębiorczości, w ramach projektu pozakonkursowego pn. *Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji*.

Celem projektu pozakonkursowego jest monitorowanie i aktualizacja obszarów B+R+I priorytetowych dla rozwoju polskiej gospodarki, tzw. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS). Lista tych obszarów ma charakter otwarty i jest aktualizowana stosownie do zachodzących zmian społeczno-gospodarczych.

# Streszczenie

Niniejszy dokument stanowi ekspertyzę Business Technology Roadmap (BTR), tj. w przyjętym tłumaczeniu na język polski mapę rozwoju rynku i technologii, podsumowującą cykl spotkań warsztatowych Smart Lab (SL) z udziałem przedstawicieli przedsiębiorstw, instytucji otoczenia biznesu oraz środowisk naukowych funkcjonujących w obszarze technologii wodorowych w Polsce. Celem ekspertyzy BTR jest określenie niszy technologicznych w tym obszarze, które stanowić mogą polskie specjalizacje i przewagi konkurencyjne względem podmiotów funkcjonujących na rynku globalnym. Wnioski płynące ze spotkań warsztatowych zostały pogłębione o wyniki własnych analiz autorów ekspertyzy, co pozwoliło na dokładniejsze oszacowanie potencjału oraz wyzwań dla tego obszaru.

Ekspertyza została sporządzona w ramach projektu pozakonkursowego Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji. Projekt ten realizowany jest wspólnie przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości.

Niniejszy dokument powstawał pomiędzy lutym a sierpniem 2022 r. W tym czasie przeprowadzono prace przygotowawcze oraz zorganizowano cztery spotkania warsztatowe Smart Lab, który jest jednym z etapów Procesu Przedsiębiorczego Odkrywania. W ramach prac przygotowawczych oraz realizowanych spotkań, przeprowadzono szereg analiz m.in. raportów rynkowych i publikacji powiązanych z tematem SL, jak również materiałów z konferencji i wydarzeń targowych dedykowanych tematyce z zakresu analizowanego obszaru, a także korzystano z wiedzy eksperckiej przedstawicieli podmiotów i instytucji funkcjonujących w obszarze technologii wodorowych. W trakcie spotkań SL uczestnicy dzielili się swoją wiedzą z zespołem ekspertów przy wykorzystaniu różnorodnych technik moderacji dyskusji i pracy, zarówno grupowej, jak i indywidualnej, m.in. z użyciem narzędzi Design Thinking oraz rozwiązań informatycznych dedykowanych współpracy w środowisku online. Kluczowe wnioski płynące z rezultatów prac uczestników spotkań SL zostały poddane krytycznej ocenie i agregacji przez interdyscyplinarny zespół ekspertów PwC pod nadzorem merytorycznym dr hab. Grzegorza Tchorka.

Efekty tych działań znalazły swoje odzwierciedlenie na kartach sporządzonej ekspertyzy BTR. W dokumencie można wyodrębnić 3 główne sekcje tematyczne. Sekcja pierwsza i druga zawiera wieloaspektową analizę obszaru technologii wodorowych, odpowiednio w kontekście globalnym i krajowym. Sekcja trzecia zawiera opis scenariuszy rozwoju ww. obszaru i mapę BTR.

Pojęcie „technologii wodorowych”, stanowiące nazwę obszaru, wokół którego skupia się niniejsza ekspertyza, jest pojęciem bardzo szerokim, gdyż obejmuje swoim zakresem praktycznie cały łańcuch wartości gospodarki wodorowej, począwszy od produkcji wodoru, przez jego przesył i magazynowanie, aż po możliwe obszary zastosowania. To właśnie w wodorze upatruje się przyszłości energetyki, bowiem jest to gaz, surowiec lub paliwo, którego proces produkcyjny może być realizowany bez emisji CO<sub>2</sub> i innych zanieczyszczeń do środowiska, jak również sama konwersja wodoru na energię nie emituje CO<sub>2</sub> i innych szkodliwych substancji do atmosfery. Oprócz wysokich oczekiwań odnośnie technologii wodorowych, należy jednak podkreślić, że stopień rozwoju

łańcucha wartości tego obszaru (nie tylko w Polsce, ale również na świecie) jest jeszcze relatywnie niski. Stanowi to z jednej strony dużą szansę na wygenerowanie nowych technologii w tym obszarze, jednak z drugiej strony konieczność budowy całego łańcucha wartości (a nie jak w przypadku innych technologii – np. „jedynie” dokonywania znaczących ulepszeń lub koncentracji na wybranym ogniwie łańcucha) wiąże się z bardzo wysoką kapitałochłonnością projektów realizowanych w tym obszarze oraz z ponadprzeciętnie wysokim ryzykiem niepowodzenia prac B+R. W perspektywie kilku dekad wodór może radykalnie odmienić praktycznie cały świat – będzie on bowiem zarówno paliwem, dzięki któremu do domów dostarczane będzie ciepło oraz paliwem do produkcji energii elektrycznej, wodorowe ogniwa paliwowe będą napędzały samochody, a także inne środki transportu (pociągi, statki) i będzie on wypierał powszechnie stosowane paliwa kopalne.

Technologie wodorowe są obecnie w centrum uwagi gospodarek na całym świecie, a Polska jako 3 producent wodoru (przede wszystkim szarego) w Europie i 5 na świecie ma szansę na zdobycie dominującej pozycji na rynku globalnym.

Po przeprowadzeniu spotkań warsztatowych SL oraz dodatkowych analiz, wyselekcjonowano cztery Scenariusze Rozwoju dla obszaru technologii wodorowych. Stanowią one zagregowane rodziny potencjalnych projektów badawczo-rozwojowych i innowacyjnych, które mogą być realizowane w Polsce w najbliższych latach. Wyselekcjonowane scenariusze rozwoju zostały podzielone zgodnie z ogniwami łańcucha wartości gospodarki wodorowej i przedstawiają się następująco:

- **Metody produkcji wodoru** – scenariusz obejmuje różnorodne technologie wytwarzania wodoru z paliw syntetycznych, w procesie elektrolizy, wodoru niskoemisyjnego, a także produkcję wodoru z odpadów oraz wodoru odpadowego (*by product*);
- **Magazynowanie wodoru** – scenariusz obejmuje technologie fizykochemicznego, niskociśnieniowego magazynowania wodoru, wysokociśnieniowego magazynowania wodoru, a także technologie opomiarowania powiązane z magazynowaniem wodoru;
- **Przesył i dystrybucja wodoru** – scenariusz obejmuje technologie pomiaru i monitorowania wodoru oraz związane z bezpieczeństwem, technologie materiałowe, technologie sprzyjające integracji systemów gazowniczych i wodorowych, technologie dotyczące możliwości badań mieszaniny gazu ziemnego i wodoru oraz odporności materiałowej, a także systemy IT ukierunkowane na dystrybucję wodoru;
- **Zastosowanie wodoru w różnych aplikacjach** – scenariusz obejmuje technologie aplikacyjne, takie jak kogeneracja, technologie układów napędowych do pojazdów zasilanych ogniwami paliwowymi, technologie współspalania wodoru i gazu ziemnego, technologie zasilania awaryjnego oraz zintegrowanego wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru.

Wypracowane scenariusze zakładają realizację 295 projektów w okresie najbliższych 8 lat, których budżety opiewają łącznie na kwotę 6 054,5 mln PLN.

Mając na uwadze zakres merytoryczny samego obszaru technologii wodorowych, jak również zakres projektów planowanych do realizacji w ramach poszczególnych scenariuszy, analizie poddano także obszary technologiczne wyszczególnione w Krajowych oraz Regionalnych Inteligentnych Specjalizacjach. Przeprowadzone analizy wykazały, że technologie proponowane w scenariuszach rozwoju są już w większości wskazane w KIS i RIS jako priorytetowe, a zakres merytoryczny technologii opisany w tych dokumentach nie ogranicza potencjału realizacji nowych projektów, które zostały uwzględnione w mapie drogowej BTR. W związku z tym zaproponowano jedynie kilka zmian w obecnie zdefiniowanych Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach, które precyzują zapisy dot. zagadnień z szeroko pojętego obszaru technologii wodorowych.

Kluczowe wnioski płynące z ekspertyzy zostały przedstawione w formie rekomendacji. Podobnie jak sama tematyka rozwoju obszaru technologii wodorowych, tak również i rekomendacje mają w zdecydowanej większości charakter horyzontalny, bowiem koncentrują się na aspektach ograniczających efektywność tworzenia całego łańcucha wartości technologii wodorowych w Polsce. Istotne będzie także wsparcie funkcjonowania przedsiębiorstw oferujących rozwiązania wpisujące się w obszar technologii wodorowych – zarówno podmiotów z sektora MŚP, jak i dużych przedsiębiorstw. W zdecydowanej większości wsparcie to powinno mieć charakter finansowy, tj. powinno dotyczyć finansowania projektów B+R+I i wdrożeń pilotażowych, przy czym działania te powinny być również silnie wspierane przez szeroko zakrojone kampanie edukacyjno-informacyjne, których celem będzie zwiększenie zaufania społecznego do wodoru.

Co najważniejsze przeprowadzone analizy pokazują, że polskie podmioty funkcjonujące w obszarze technologii wodorowych dysponują kadrą o szerokiej wiedzy i kompetencjach (co jest kluczowe dla rozwoju całego łańcucha wartości gospodarki wodorowej, a nie jedynie wybranych jego ogniw), a posiadany przez firmy know-how realnie może stanowić przewagę konkurencyjną w skali globalnej. Mając na uwadze wspomnianą już wysoką pozycję Polski pod względem produkcji wodoru, należy dążyć do wszelkich starań, aby ten potencjał udało się przekuć w realny sukces gospodarczy, a sama produkcja wodoru nie była realizowana wyłącznie na potrzeby własne przedsiębiorstw z branży chemicznej czy petrochemicznej, lecz również dla szerokiego grona odbiorców krajowych i zagranicznych.

# Summary

This document is a Business Technology Roadmap (BTR), summarizing a series of Smart Lab workshops that brought together representatives of enterprises, business support providers and scientific organizations operating in Poland in the field of hydrogen technologies. The aim of BTR is to define technological niches, which may constitute Polish specialization and competitive advantages over entities operating globally. Conclusions drawn from workshops have been complemented with own in-depth analyses by the authors to allow for even more accurate estimation of the potential and challenges of the area.

The expertise has been developed under the non-competitive project Monitoring of the National Smart Specialization, implemented by the Ministry of Development and Technology and Polish Agency for Enterprise Development.

This document has been prepared between February and August 2022. During this time, preparatory work has been carried out, and four Smart Lab workshop meetings were held in accordance with the methodology of the Entrepreneurial Discovery Process. Within the preparatory work and meetings, various analyzes have been conducted, including the analysis of market reports and publications related to the Smart Lab topic, materials from conferences and events focused around the analyzed area, as well as expert knowledge of the representatives of entities and institutions operating within a given area has been utilized. During Smart Lab meetings, participants shared their knowledge with a team of experts using various techniques of moderating discussions and work (both – in groups and individually), including the use of Design Thinking tools and IT solutions dedicated to the cooperation in the online environment. Key conclusions developed by the SL participants have been subject to a critical assessment and aggregation by an interdisciplinary team of PwC experts under the substantive content supervision of Grzegorz Tchorek, DSc, PhD.

The effects of these activities are reflected on the pages of the BTR expertise. The document can be divided into 3 main sections. The first and second include multifactor analysis of the area of hydrogen technologies in a global and Polish context, respectively. The third section covers the description of this area's development scenarios and a BTR graphic map.

The term "hydrogen technologies" is a very broad concept as it covers the entire value chain of the hydrogen economy, from hydrogen production, through its transfer and storage, to the possible application areas. Hydrogen is considered the future of the energy sector, as it is a gas, raw material and a fuel whose production process can be carried out without CO<sub>2</sub> and pollution emissions to the environment. Moreover, the conversion of hydrogen into energy itself does not emit CO<sub>2</sub> or pollutants as well. In addition to high expectations regarding hydrogen technologies, it should be particularly noted that the development level of hydrogen technology value chain (not only in Poland, but in the whole world) is still relatively low. On one hand, this is a great opportunity to discover or develop new technologies in this area, but on the other hand, the need to build the entire value chain is associated with a very high capital intensity and an above-average

risk of failure of R&D works. Hydrogen has the potential to radically change our world in the next few decades – becoming a new basic source of heat at homes, one of the keys to green, cheap and effective electricity production, and a core fuel source for vehicles. In all of these roles, hydrogen will displace traditional energy sources, including fossil fuels.

Hydrogen technologies are currently at the center of attention of economies around the world, and Poland, as the 3rd producer of (mostly grey) hydrogen in Europe and 5th in the world, has a chance to gain a dominant position in the global market.

After conducting workshop meetings and preparing additional analyzes, four Development Scenarios for the area of hydrogen technologies have been developed. Those scenarios constitute aggregated groups of potential research and development and innovative projects that can be implemented in Poland:

- **Methods of hydrogen production** - the scenario covers various technologies for producing hydrogen from synthetic fuels, in the electrolysis process, low-emission hydrogen, as well as the production of hydrogen from waste and waste hydrogen (*by product*);
- **Hydrogen storage** - the scenario includes physicochemical, low-pressure hydrogen storage, high-pressure hydrogen storage technologies, as well as metering technologies related to hydrogen storage;
- **Hydrogen transmission and distribution** - the scenario includes hydrogen measurement and monitoring technologies as well as technologies related to security, material technologies, technologies supporting the integration of gas and hydrogen systems, technologies for gas structure research and material resistance, as well as IT systems focused on hydrogen distribution;
- **Use of hydrogen in various applications** - the scenario includes application technologies such as cogeneration, fuel cell driveline technologies, hydrogen and natural gas co-firing technologies, backup power technologies, and integrated hydrogen production, storage and use.

The developed scenarios assume the implementation of 295 projects within the next 8 years, with budgets totaling nearly PLN 6 054,5 million.

Bearing in mind the scope of the area of hydrogen technologies, as well as the scope of projects planned for implementation under individual scenarios, the technological areas specified under the National and Regional Smart Specializations have also been analyzed. The analyzes carried out showed that the technologies proposed within the development scenarios had already been indicated as priorities, and the substantive scope present in the list of National Smart Specializations in no way limits the potential for the implementation of new projects which have been presented in the BTR roadmap. Therefore, only a few changes have been proposed within the current scope of the National Smart Specializations which clarify the provisions concerned with the hydrogen technologies.



The key conclusions of the expertise have been presented in the form of recommendations. Similarly to the subject of hydrogen technologies, the recommendations are of horizontal nature as well, as they focus on the aspects limiting the effectiveness of the development of the entire hydrogen technology value chain in Poland. It will also be important to support the enterprises offering solutions that fit in the area of hydrogen technologies: entities from the SME sector as well as large enterprises. The vast majority of support should be financial, i.e. financing R&D&I projects and pilot implementations, but these activities should also be supported by extensive education and information campaigns to increase public confidence and trust in hydrogen.

Most importantly, conducted analyzes show that Polish entities operating in the field of hydrogen technologies employ experts with extensive knowledge and competences (which are crucial for the development of the entire hydrogen economy value chain), and know-how possessed by the companies can provide a competitive advantage on a global scale. Bearing in mind the abovementioned high position of Poland in terms of hydrogen production, every effort should be made to turn this potential into real economic success, and to commercialize the production of hydrogen (which is now manufactured mostly for the individual needs of chemical and petrochemical companies).

# Spis treści

1. Cel i zakres BTR .....	11
2. Charakterystyka rynku globalnego .....	12
2.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii.....	12
2.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku.....	28
2.3. Analiza cyklu życia produktów.....	40
2.4. Analiza barier rynkowych .....	44
2.5. Kluczowi gracze rynkowi.....	48
2.6. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej .....	51
2.6.1. Analiza otoczenia prawnego.....	51
2.6.2. Wprowadzenie metodologiczne do analizy otoczenia patentowego .....	54
2.6.3. Analiza otoczenia patentowego .....	54
2.7. Analiza trendów rozwojowych .....	64
3. Charakterystyka rynku krajowego .....	68
3.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii.....	68
3.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku.....	70
3.3. Analiza cyklu życia produktów.....	81
3.4. Analiza barier rynkowych .....	82
3.5. Kluczowi gracze rynkowi.....	84
3.6. Analiza powiązań kooperacyjnych .....	93
3.7. Najważniejsze cykliczne wydarzenia branżowe .....	96
3.8. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej .....	100
3.9. Analiza trendów rozwojowych .....	104
3.10. Analiza SWOT i PESTEL .....	109
4. Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego.....	117
5. Program rozwoju dla obszaru technologii wodorowych w perspektywie 8 lat .....	132
5.1. Scenariusze rozwoju obszaru technologii wodorowych .....	132
5.1.1. Scenariusz 1 – Metody produkcji wodoru .....	134
5.1.2. Scenariusz 2 – Magazynowanie wodoru .....	147
5.1.3. Scenariusz 3 – Przesył i dystrybucja wodoru .....	156
5.1.4. Scenariusz 4 – Zastosowanie wodoru w różnych aplikacjach .....	172
5.2. Mapa drogowa .....	186









6. Ocena potencjału obszaru technologii wodorowych w kontekście KIS oraz RIS.....	188
7. Wnioski i rekomendacje.....	192
8. Metodyka .....	196
9. Słownik pojęć/ wykaz skrótów.....	202
10. Spis tabel.....	206
11. Spis rysunków .....	208



## 1. Cel i zakres BTR

Niniejsza ekspertyza *Business Technology Roadmap* (BTR) podsumowuje cykl spotkań *Smart Lab* z udziałem przedstawicieli przedsiębiorstw, instytucji otoczenia biznesu oraz środowisk naukowych funkcjonujących w obszarze technologii wodorowych. Jej celem jest określenie niszy technologicznych tego obszaru, które stanowić mogą polskie specjalizacje i przewagi konkurencyjne względem podmiotów funkcjonujących na rynku globalnym. Wiedza na temat potencjału analizowanego obszaru w Polsce może posłużyć do wsparcia procesów decyzyjnych instytucji publicznych w zakresie planowania i wdrażania mechanizmów wspierających rozwój polskiej gospodarki, w tym m.in. przez różnorodne instrumenty wsparcia finansowego dla projektów badawczo-rozwojowych (B+R) i innowacyjnych.

### Zakres przedmiotowej ekspertyzy obejmuje w szczególności:

-  Charakterystykę globalnego oraz krajowego rynku dla technologii wodorowych, w tym przedstawienie rysu historycznego, analizę dostępnych produktów i technologii, analizę wielkości i dynamiki rynku czy analizę cyklu życia produktów w ujęciu globalnym i krajowym.
-  Analizę barier i trendów rynkowych.
-  Opis kluczowych podmiotów funkcjonujących na rynku z perspektywy globalnej oraz krajowej.
-  Analizę otoczenia prawnego oraz w zakresie ochrony własności intelektualnej, z perspektywy globalnej oraz krajowej.
-  Analizę oraz charakterystykę kierunków rozwoju technologii wodorowych w Polsce w oparciu o Scenariusze Rozwoju wypracowane podczas warsztatów SL.
-  Mapę Drogową, tj. uproszczony harmonogram prac i projektów B+R planowanych do realizacji, określonych jako kluczowe dla rozwoju obszaru technologii wodorowych w Polsce.
-  Rekomendacje dotyczące działań, które należy podjąć w celu usprawnienia funkcjonowania przedsiębiorstw z segmentu technologii wodorowych w Polsce.
-  Rekomendacje w zakresie potencjalnych zmian w Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach w odniesieniu do usprawnienia opracowywania lub wdrażania technologii wymienionych w Mapie Drogowej.



## 2. Charakterystyka rynku globalnego

W rozdziałach 2.1-2.7 zaprezentowana została charakterystyka rynku globalnego w obszarze technologii wodorowych, w tym rys historyczny obszaru wraz z analizą dostępnych produktów i technologii. Przedstawiono analizę wielkości i dynamiki rynku, a także dokonano analizy cyklu życia produktów oraz barier rynkowych. Omówiono również profile kluczowych podmiotów funkcjonujących w tym obszarze oraz dokonano analiz otoczenia prawnego i związanej z nim ochrony własności intelektualnej. Całość zwieńczono przeprowadzeniem analizy trendów rozwojowych dla obszaru technologii wodorowych w skali globalnej.

### 2.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii

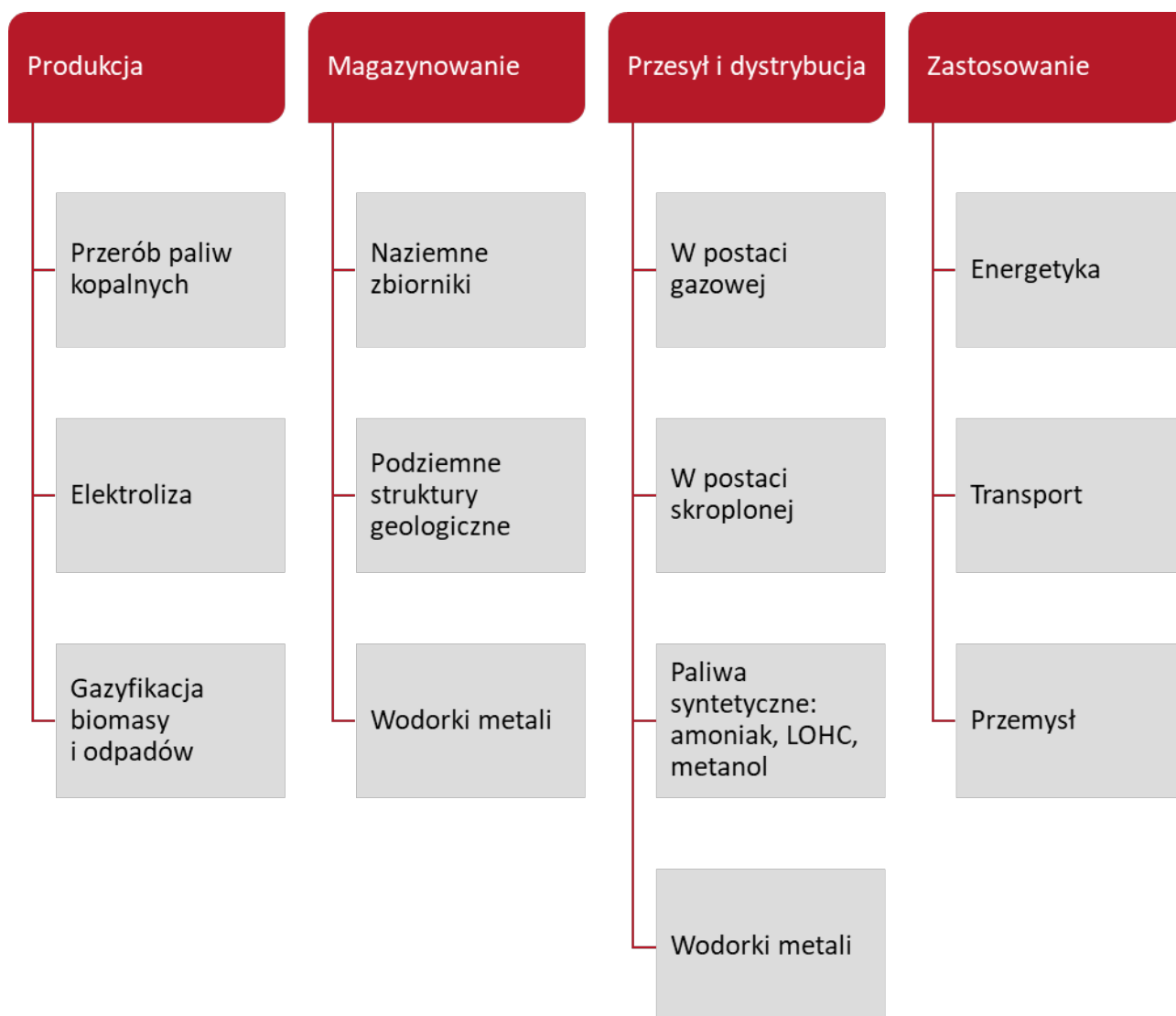
Wobec złożoności obszaru technologii wodorowych i samej gospodarki wodorowej zasadne jest jej zdefiniowanie. W tym celu wykorzystano koncepcję tzw. łańcucha wartości gospodarki wodorowej, którą wykorzystuje się dla opisu procesów, technologii i wyzwań związanych z budową tej gałęzi przemysłu. Według Ministerstwa Klimatu i Środowiska „gospodarka wodorowa to łańcuch wartości związany z wytwarzaniem, przesyłem, magazynowaniem i zastosowaniem wodoru we wszystkich obszarach aktywności człowieka, w szczególności w głównych działach gospodarki – transporcie, energetyce, ciepłownictwie, a przede wszystkim w przemyśle”<sup>1</sup>. Przeprowadzenie analizy technologii wodorowych wraz z ujęciem pozycji rynkowej poszczególnych ogniw łańcucha wartości pozwoli na lepsze zidentyfikowanie krajowego potencjału wodorowego oraz globalnych trendów rozwojowych.

Przedstawiony na Rysunku 1 łańcuch wartości gospodarki wodorowej należy przyjąć jako wyjściowy dla dokonania dalszych analiz.

---

<sup>1</sup> Strona internetowa Ministerstwa Klimatu i Środowiska, [Gospodarka wodorowa](#). Dostęp 5.05.2022.

Rysunek 1. Przykładowy łańcuch wartości gospodarki wodorowej



Źródło: opracowanie na podstawie: Tchorek i inni, 2021, w: Nowak, Kurtyka, Tchorek (ed.) 2021, *Transformacja energetyczna i klimatyczna wybrane dylematy i rekomendacje*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego

Należy podkreślić, że docelowy łańcuch wartości gospodarki wodorowej może obejmować zróżnicowane technologie jego produkcji, magazynowania, transportu, dystrybucji oraz zastosowania, a ich ukształtowanie oraz zakres będą zależę od konkretnego sektora, czasu, dostępności i akceptowalności technologii. Na w pełni rozwiniętym rynku, wodór może pełnić rolę uniwersalnego nośnika energii, zapewniając niską lub zerową emisję gazów cieplarnianych oraz prowadzić do konwergencji sektorów w gospodarce, czyli ich wzajemnego oddziaływania i przenikania się.

---

## Rys historyczny technologii wodorowych

Z perspektywy historycznej rosnące zainteresowanie wykorzystaniem technologii wodorowych na dużą skalę widać już w okresie lat 70' XX w. z uwagi na pojawiającą się świadomość destrukcyjnej dla środowiska aktywności człowieka, ale przede wszystkim z uwagi na dwa szoki naftowe (1973 i 1979 r.) i trudności w dostępie do paliw kopalnych. Należy jednak pamiętać, że początkowe prace nad zagadnieniem wodoru sięgają 1783 r. i nieco wcześniej, kiedy wodór został uznany za pierwiastek (zasadę działania ogniw paliwowych świat poznał w 1838 r.). W 1800 roku odkryto elektrolizę, a już w 1927 r. duński producent Nel dysponował instalacją elektrolizerów alkaicznych o mocy 135 MW.

Lata 70. poprzedniego wieku to również czas zdefiniowania podstawowych pojęć, do których powraca się w ostatnim okresie – gospodarka wodorowa i energetyka wodorowa (z ang. *hydrogen economy, hydrogen energy*)<sup>2</sup>. Mimo braku upowszechnienia technologii wodorowych prace nad nimi były prowadzone intensywnie w laboratoriach, doskonaląc rozwiązania w zakresie produkcji, magazynowania i wykorzystania wodoru. Dzięki temu postępowi Apollo 11, napędzany skroplonym wodorem, w 1969 r. wylądował na Księżycu, a wodór jest produkowany w dużych ilościach i wykorzystywany w różnych gałęziach przemysłu, np. w przemyśle chemicznym, rafineryjnym czy spożywczym.

W zakresie zastosowań na małą skalę i w małych urządzeniach technologie wodorowe są relatywnie drogie, wymagają sprawnego zarządzania często skomplikowanym łańcuchem dostaw oraz wciąż istotnego komponentu B+R dla większej sprawności i efektywności działania.

## Produkcja wodoru

Historycznie produkcja wodoru szarego wynikająca z przerobu paliw kopalnych była konsekwencją realizacji zapotrzebowania ze strony przemysłu, w tym głównie chemicznego (produkcja nawozów), rafineryjnego (hydrokraking ropy naftowej, rafinacja) oraz stalowego (obróbka stopów żelaza), gdzie wodór był i jest jednym z podstawowych pierwiastków używanych w procesach technologicznych. Gwałtowny wzrost wykorzystania wodoru w przemyśle można było zaobserwować przede wszystkim na początku XX w., kiedy to trwała II rewolucja przemysłowa. Był to okres patentowania wielu metod produkcji przemysłowej z wykorzystaniem wodoru, m.in. reakcji Habera czy hydrokrakingu. Należy zaznaczyć, że w pierwszej połowie XX w. skomercjalizowano dużą część metod produkcji wodoru z użyciem paliw kopalnych (gazyfikacja węgla – ok. 1900 r.; reforming parowy metanu – ok. 1950 r.)<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> J.O.'M. Bockris, A hydrogen economy, *Science*, 179 (1972), p. 1323, Veziroglu TN, editor. *Hydrogen energy, Parts A and B. Proceedings Hydrogen Economy Miami Energy Conference (THEME)*. New York: Plenum Press, 1975., Veziroglu TN, Seifritz W, editors. *Hydrogen energy progress (4 vols.)*. Proceedings of the Second WHEC. Oxford: Pergamon Press, 1979.

<sup>3</sup> Strona internetowa The Canadian Encyclopedia, [Coal Gasification](#). Dostęp 05.05.2022.

---

Elektroliza jest znana światu naukowemu od ponad 220 lat, jednak w skali komercyjnej zaczęła być stosowana w pierwszej połowie XX w., w szczególności na potrzeby przemysłu chemicznego, a także w wybranych projektach wojskowych. Szacuje się, że na początku XX w. na świecie pracowało około 400 elektrolizerów alkaicznych. Niemniej w poprzednim wieku elektroliza była rzadko wykorzystywaną metodą produkcji wodoru w porównaniu do metod bazujących na przerobieniu paliw kopalnych<sup>4</sup>. Zwiększone zainteresowanie elektrolizą jako alternatywną metodą produkcji wodoru rozpoczęło się na początku XXI w., co było związane z rosnącą świadomością klimatyczną oraz popularyzacją koncepcji zasilania elektrolizerów energią elektryczną z odnawialnych źródeł energii (OZE).

### Magazynowanie wodoru

Magazynowanie wodoru w aplikacjach naziemnych w różnych formach zaczęło rozwijać się wraz ze zwiększeniem skali produkcji przemysłowej w sektorach chemicznym i rafineryjnym w XX w.

W magazynowaniu wodoru skroplonego dużą rolę odegrał przemysł kosmiczny, w szczególności amerykańska NASA. W latach 40' XX w. na Uniwersytecie Ohio prowadzone były testy zastosowania skroplonego wodoru do zasilania rakiet. Wykorzystywano wtedy pierwsze prototypy zbiorników na skroplony wodór. W przypadku zbiorników na wodór sprężony, pierwszy prototyp zbiornika typu IV (kompozytowego) zdolnego magazynować wodór w ciśnieniu 700 bar został przedstawiony w 2001 r. przez Toyotę. W początkowych etapach, jak również obecnie w niektórych przypadkach, magazynowanie odbywało się przy niższych ciśnieniach w zbiornikach stalowych.

W zakresie magazynowania wielkoskalowego, wykorzystanie i rozpoznanie podziemnych struktur geologicznych wynikało z rozwoju wydobycia ropy naftowej i gazu ziemnego w czasie ostatnich kilkuset lat. Jednak początki stosowania podziemnych struktur geologicznych do magazynowania paliw kopalnych datuje się na drugą połowę XX w., kiedy to dążono głównie do zapewnienia bezpieczeństwa dostaw krytycznych surowców dla gospodarek rozwiniętych oraz szukano alternatywy dla magazynowania ropy w korodujących zbiornikach stalowych. Dane źródłowe wskazują, że pierwsze podziemne zatłoczenia gazu ziemnego miały miejsce w byłym ZSRR na przełomie lat 50' i 60' XX w., a podziemne magazynowanie ropy naftowej było dogłębnie analizowane przez amerykańskich potentatów naftowych w latach 70' XX w.<sup>5</sup>. Pierwsze zatłoczenie wodoru do podziemnej struktury geologicznej, zapewniając udział wodoru w gazie na poziomie ok. 95%, miało miejsce w 1972 r. w Teeside w Wielkiej Brytanii (magazyn ten funkcjonuje do dziś<sup>6</sup>).

---

<sup>4</sup> Smolinka, T., & Garce, J. (Eds.). (2021). *Electrochemical Power Sources: Fundamentals, Systems, and Applications: Hydrogen Production by Water Electrolysis*. Elsevier.

<sup>5</sup> Strona internetowa Steeltank, [Underground Storage Tanks: A History](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>6</sup> Strona internetowa engie, [H2 in the underground: Are salt caverns the future of hydrogen storage?](#) Dostęp 05.05.2022.



---

Podziemne struktury geologiczne w dalszym ciągu, i to w znaczącym stopniu, są wykorzystywane do magazynowania paliw kopalnych z możliwością ich stosunkowo łatwego dostosowania do magazynowania wodoru (w szczególności kawerny solne).

Prace badawcze nad fizyko-chemicznymi metodami magazynowania wodoru były prowadzone w latach 30' – 40' XX w. przez grupę niemieckich naukowców, m.in. przez Waltera Hiebera. Istotny wkład w rozwój magazynowania wodoru z wykorzystaniem metali wniósł amerykański naukowiec Jack R. Norton z Uniwersytetu w Kolumbii, który wraz ze swoim zespołem pracował nad wykorzystaniem metali do reakcji z wodorem. Jego dokonania są rozwijane do dzisiaj, jednak technologia wodorków metali pozostaje na wczesnym etapie B+R.

### Przesył i dystrybucja wodoru

W zakresie przesyłu i transportu wodoru, rurociągi służące do tego celu były budowane już w latach 30' XX w., co także wynikało z wymagań jakie generował dynamicznie rozwijający się sektor rafineryjny i chemiczny. Pierwsze rurociągi wodorowe (o długości od kilkuset do nawet tysiąca mil) w większości były zlokalizowane w rozwiniętych przemysłowo regionach USA oraz w krajach Beneluksu. Część z tych rurociągów, po przeprowadzonych remontach, funkcjonuje do dzisiaj. Szczególnie jest to widoczne na terenach Francji, Belgii oraz Holandii, gdzie występuje najgęstsza sieć rurociągów wodorowych w całej UE. Należy jednak zaznaczyć, że większość budowanych rurociągów wodorowych była konstruowana na potrzeby konkretnych zakładów produkcyjnych, a przesyłany wodór był stosowany jako substrat procesów wzdłuż ciągu technologicznego (tzw. *in-plant pipelines*). Część ekspertów nie uznawała tego typu rurociągów jako przesyłowych, jednocześnie nie wliczając ich do globalnych zasobów infrastrukturalnych, tłumacząc to między innymi znacznie mniejszymi ciśnieniami transportu, a także innymi standardami bezpieczeństwa. Badania naukowe na temat możliwości mieszania wodoru w rurociągach przesyłu gazu ziemnego były realizowane już na początku lat 90' XX w., kiedy to wskazywano możliwość mieszania na poziomie ok. 20 %<sup>7</sup>. Odnosząc się do transportu wodoru związanego w postaci amoniaku lub metanolu, taka technologia nie jest powszechnie dostępna rynkowo. Pierwsza historycznie dostawa niebieskiego amoniaku została zrealizowana w 2020 r. przez Saudi Aramco w projekcie partnerskim z japońskim Mitsui<sup>8</sup>. Holenderski operator gazowniczy Gasunie we współpracy z Royal Vopak N.V. (Holandia) oraz portem w Rotterdamie ogłosili na początku 2022 r. rozpoczęcie realizacji projektu, który zakłada budowę terminalu odbiorczego dla zielonego amoniaku<sup>9</sup>. Zaawansowane badania nad wykorzystaniem LOHC (z ang. *Liquid organic hydrogen carriers*) do transportu wodoru były prowadzone od lat 80' XX w. na Uniwersytecie ETH Zurich w Szwajcarii.

---

<sup>7</sup> Gillette, J. L., & Kolpa, R. L. (2008). Overview of interstate hydrogen pipeline systems (No. ANL/EVS/TM/08-2). Argonne National Lab.(ANL), Argonne, IL (United States).

<sup>8</sup> Strona internetowa aramco, [Blue hydrogen and blue ammonia](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>9</sup> Strona internetowa offshore-energy, [Gasunie, HES, Vopak to develop green ammonia terminal in Rotterdam](#). Dostęp 05.05.2022.

---

LOHC jest stopniowo komercjalizowane w transporcie morskim z wykorzystaniem tankowców, gdyż podobnie do amoniaku i metanolu charakteryzuje się niskimi wymaganiami materiałowymi oraz dużą kompatybilnością z obecną infrastrukturą.

Spośród metod dystrybucji małych ilości wodoru początkowo wykorzystywane były (i w dalszym ciągu będą) bateriowozy (tzw. *trailery*), których głównym komponentem są butle/ zbiorniki. Zbiorniki do transportu kołowego wodoru w postaci sprężonej były wykonane z bardzo podobnego materiału co do transportu ropy naftowej, czyli ze stali. Kołowy transport skroplonego wodoru z wykorzystaniem butli kriogenicznych był rozwijany równoległe do rozwoju transportu wodoru sprężonego, głównie w drugiej połowie XX w.

Pierwszego skroplenia wodoru dokonał brytyjski naukowiec James Dewar w 1898 r. Jedno z najwcześniejszych komercyjnych zastosowań skroplonego wodoru miało miejsce przy okazji rozwoju linii helikopterów produkcji amerykańskiej firmy Sikorsky, gdzie w 1938 r. do ich zasilania użyto LH<sub>2</sub> (liquid hydrogen). W drugiej połowie XX w. skroplony wodór był także powszechnie wykorzystywany przez NASA zarówno w przeprowadzaniu badań, jak i do startów rakiet kosmicznych różnego typu. NASA do dzisiaj posiada jedną z najbardziej zaawansowanych infrastruktur do magazynowania skroplonego wodoru w zbiornikach sferycznych oraz lokalnego transportu skroplonego wodoru<sup>10</sup>. W lutym 2022 r. w ramach projektu HyStra została zrealizowana pierwsza w historii dostawa skroplonego wodoru z wykorzystaniem tankowca morskiego.

### Zastosowanie wodoru

Zastosowanie wodoru w **energetyce** jako nośnika energii jest stosunkowo nową koncepcją, a historycznie jego zużycie w tym w sektorze było na bardzo niskim poziomie (wodór był i jest wykorzystywany jako potencjalne chłodziwo w wybranych jednostkach gazowych) lub w ogóle nie występowało. Zauważalne zmiany w tym zakresie nastąpiły wraz z globalnymi zmianami klimatycznymi, które wymusiły proces odchodzenia od paliw kopalnych.

Początki zastosowania wodoru w energetyce sięgają 1960 r., kiedy to General Electric zaprezentował ogniwa paliwowe do produkcji energii elektrycznej na potrzeby misji kosmicznych Apollo i Gemini. Był to jednak projekt małoskalowy mający charakter demonstracji technologii. Pierwsza komercyjna instalacja typu Power to Gas (PtG) o mocy 2 MW została uruchomiona w 2013 r. w miejscowości Falkenhagen w Niemczech. Jej zdolność produkcyjna to 360 metrów sześciennych wodoru na godzinę, tj. taka ilość jest zatłaczana do lokalnej sieci gazowniczej<sup>11</sup>. Prawdopodobnie największa na świecie instalacja do produkcji wodoru metodą elektrolizy pracuje

---

<sup>10</sup> Strona internetowa NASA, [Stennis Space Center](#). Dostęp: 5.05.2022.

<sup>11</sup> Strona internetowa Power Technology, [Hydrogen: Timeline](#). Dostęp 05.05.2022.

---

od 2021 r. w kanadyjskim Quebec, a jej właścicielem jest Air Liquide. Elektrolizer o mocy 20 MW podłączony do instalacji OZE ma zdolność produkcyjną 8 ton wodoru dziennie<sup>12</sup>.

Jedno z pierwszych komercyjnych zastosowań wodoru w **transporcie** miało miejsce w 1957 r. Wówczas silnik marki Pratt & Whitney został testowo zasilony wodorem na potrzeby napędzania samolotu Lockheed CL-400 Suntan<sup>13</sup>. Następnie w 1965 r. wodór został użyty jako paliwo zasilające w misji kosmicznej Gemini, a w 1966 r. do zasilania pojazdów na ogniwa paliwowe zaprezentowanych przez General Motors o nazwie Electrovan<sup>14</sup>. Ważną datą dla rozwoju wykorzystania wodoru w transporcie osobowym było zaprezentowanie przez Toyotę w 2001 r. pojazdu na ogniwa paliwowe o nazwie FCEV-4. Był to protoplasta modelu Mirai oficjalnie przedstawionego na targach motoryzacyjnych w Tokio w 2013 r.

**Przemysł chemiczny i rafineryjny** już na początku XX w. generował duży popyt na wodór, który utrzymuje się do dzisiaj. Przed rozpoczęciem I wojny światowej większość amoniaku uzyskiwano w procesie suchej destylacji roślinnych i zwierzęcych produktów zawierających azot. Bardziej zaawansowane procesy przemysłowe z wykorzystaniem wodoru były realizowane już w latach 10' i 20' XX w. (1910 r. - opatentowanie reakcji Habera w produkcji amoniaku; 1920 r. – uruchomienie jednej z pierwszych komercyjnych instalacji hydrokrakingu w Leuna, Niemcy)<sup>15</sup>. Rozpowszechnienie stosowania wodoru w przemyśle rafineryjnym wynikało z dążenia do oczyszczania i klarowania ropy naftowej metodami hydorafinacji i hydrokrakingu w celu uzyskania jak największej ilości wysokomarżowych produktów ropopochodnych.

### **Dostępność technologii i produktów wodorowych**

Z uwagi na niepełną dojrzałość technologii wodorowych, do oceny ich dostępności zastosowano klasyfikację poziomu gotowości technologicznej TRL w skali 1-9 (z ang. *Technology Readiness Level*, opracowana przez NASA), której użyto do oceny poszczególnych elementów wodorowego łańcucha wartości.

---

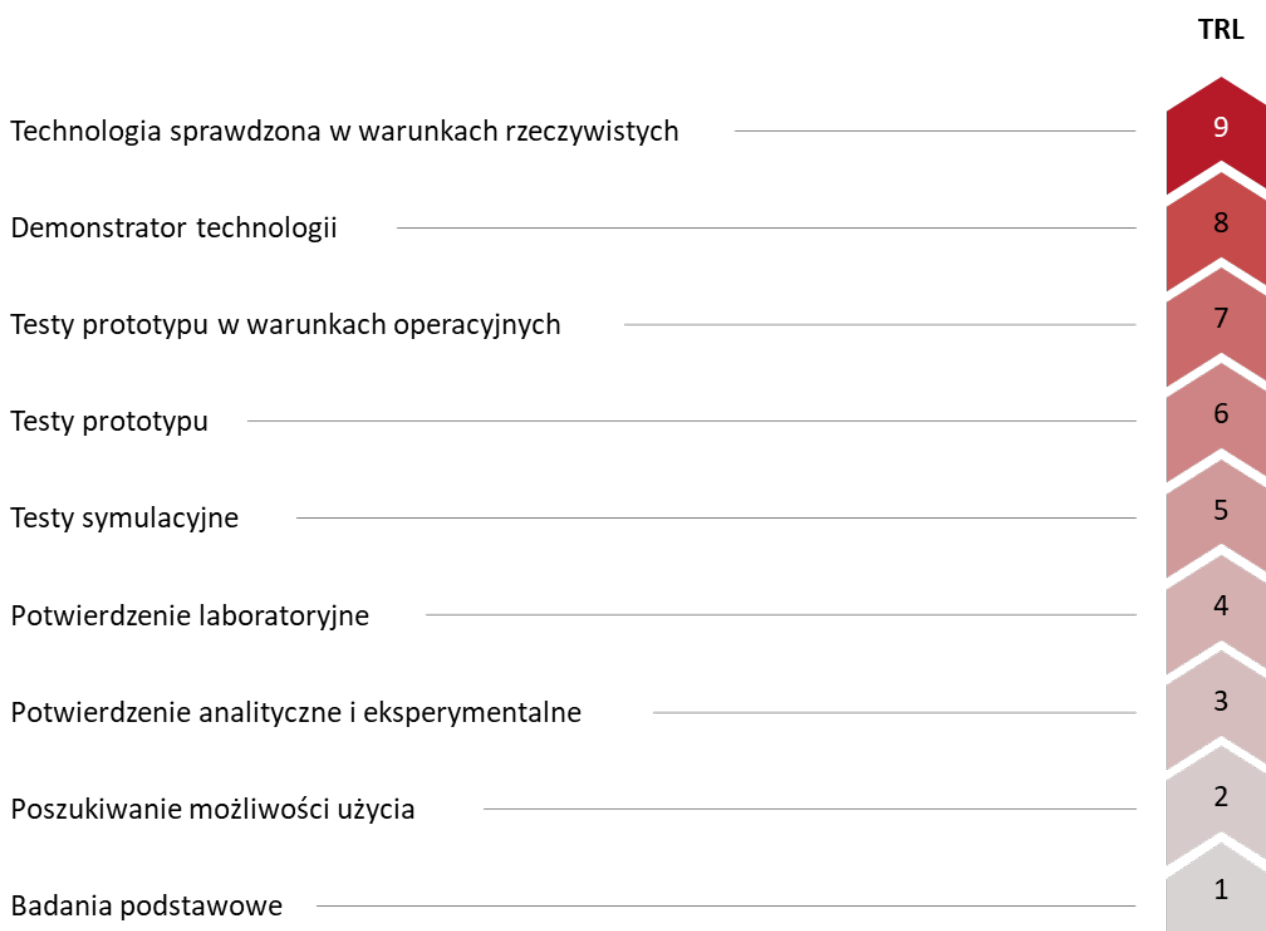
<sup>12</sup> Strona internetowa Air Liquide, [Air Liquide inaugurates the world's largest low-carbon hydrogen membrane-based production unit in Canada](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>13</sup> Sloop, John L. (1978). [Liquid hydrogen as a propulsion fuel, 1945-1959](#). (The NASA history series) (NASA SP-4404). National Aeronautics and Space Administration. pp. 154–157.

<sup>14</sup> Eberle, Ulrich; Mueller, Bernd; von Helholt, Rittmar. "[Fuel cell electric vehicles and hydrogen infrastructure: status 2012](#)". Energy & Environmental Science. Dostęp 05.05.2022.

<sup>15</sup> Strona internetowa cheresources, [Hydrocracking](#). Dostęp 05.05.2022.

Rysunek 2. Poziomy TRL – Technology Readiness Level



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Mankins, J. C. (1995). Technology readiness levels. White Paper, April, 6 (1995)

### Produkcja wodoru

Spośród tradycyjnych metod produkcji wodoru z węglowodorów (tzw. wodór szary) instalacje takie są dojrzałe i dostępne rynkowo (zgazowanie węgla, reforming parowy gazu – SMR), w tym również do małych zastosowań (SMR). Są to jednak metody emisyjne i na skutek trendów regulacyjnych i ekologicznych będą stopniowo wypierane przez elektrolizę bądź przejściowo uzupełniane przez instalacje wychwytywania, magazynowania i wykorzystania dwutlenku węgla CCS/U (z ang. *Carbon Capture Storage and Utilization*) – tzw. wodór niebieski.

Technologie CCS/U są obecnie na zróżnicowanym poziomie gotowości technologicznej w zależności od zastosowanych wkładów/ membran do wyłapywania CO<sub>2</sub>. Najwięcej instalacji komercyjnych stanowią instalacje CCS z ciekłym rozpuszczalnikiem (tzw. *CCS liquid solvent*), których TRL jest oceniany na poziomie 7-9 – por. tab. 1.

Tabela 1. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie metod produkcji wodoru z węglowodorów

Technologia	Paliwo	TRL	Emisja
SMR (reforming parowy)	Gaz ziemny	9	Średnia
POX (częściowe utlenienie wodoru)	Gaz ziemny	9	Średnia
ATR (reforming autotermiczny)	Gaz ziemny	8-9	Średnia
Gazyfikacja	Węgiel kamienny lub brunatny	9	Duża
Separacja z gazu koksowniczego	Gaz koksowniczy	9	Duża

Źródło: Abdalla, A. M., Hossain, S., Nisfindy, O. B., Azad, A. T., Dawood, M., & Azad, A. K. (2018). Hydrogen production, storage, transportation and key challenges with applications: A review. *Energy conversion and management*, 165, 602-627

Najbardziej dojrzałe i dostępne technologie urządzeń do produkcji wodoru tzw. zielonego to elektrolizery ALK (alkaliczne) i PEM (niskotemperaturowe), przy czym to czy wodór jest rzeczywiście produkowany ekologicznie zależy od pochodzenia energii. Obecnie rozwijaną technologią z potencjałem do zastosowania w skali kilku MW są elektrolizery PEM. Na etapie zaawansowanych badań B+R są elektrolizery stałotlenkowe (SOE). Z uwagi na dojrzałość technologiczną, urządzenia ALK/PEM są dostępne rynkowo w skali urządzeń ok. 10 MW, co oznacza, że dla dużych instalacji produkcji wodoru potrzebny jest dalszy rozwój tych urządzeń w kierunku zwiększenia ich mocy – por. tab. 2. Ograniczeniem w dostępności urządzeń może być rosnące zainteresowanie rozwiązaniami gospodarki wodorowej oraz wzrost ich cen.

Tabela 2. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie elektrolizy

Technologia	Nośnik energii	TRL	Emisja
ALK – alkaliczne	Energia elektryczna	9	Niska/ zero
PEM – niskotemperaturowe	Energia elektryczna	8-9	Niska/ zero
SOE – stałotlenkowe wysokotemperaturowe	Energia elektryczna	6-7	Niska/ zero

Źródło: Walker, I., Madden, B., & Tahir, F. (2018). Hydrogen supply chain evidence base. Element Energy Ltd.: Cambridge, UK

W zakresie produkcji wodoru z biomasy, na rynku globalnym, jak i krajowym występuje na tyle mało aplikacji komercyjnych, iż trudno dobrze zdefiniować charakterystykę rynkową tej technologii. Pewnym jest, że metody bazujące na zgazowaniu i reformingu odpadów

oraz materii organicznej (w tym także biometanu) stają się w pełni opanowane komercyjnie. Bariera jest wysoki koszt kapitałowy i ograniczone możliwości skalowania – instalacje muszą być relatywnie duże, aby były opłacalne – por. tab. 3.

Tabela 3. Poziom rozwoju technologicznego produkcji wodoru z biogazu

Technologia	Substrat	TRL	Emisja
Zgazowanie biomasy	Biomasa / odpady organiczne	9	Niska/ zero
Reforming biometanu	Biomasa / odpady organiczne	8-9	Niska/ zero
Procesy beztlenowe	Biomasa / odpady organiczne	4-5	Niska/ zero

Źródło: Kupecki, J. (ed.) 2021, Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku, NFOŚiGW. Badanie i publikacja realizowane w ramach programu priorytetowego nr 5.1.1 „Wsparcie Ministra Klimatu w zakresie realizacji polityki klimatycznej Część 1) Ekspertyzy, opracowania, realizacja zobowiązań międzynarodowych”

### Magazynowanie wodoru

Spośród występujących metod naziemnego (małoskalowego) magazynowania wodoru najczęściej wskazywane jest sprężanie lub skraplanie, a wielkość stosowanych zbiorników w dużym stopniu zależy od finalnego zastosowania. Magazyny naziemne stosowane jako jednostki buforowe w przemyśle lub energetyce będą dużo większe od tych, które znajdują zastosowanie w transporcie. Technologiczne różnice w budowie zbiorników w zależności od sektora są znikome lub w ogóle nie występują. Należy zaznaczyć, że zarówno na świecie, jak i w kraju najbardziej rozwiniętą metodą naziemnego magazynowania wodoru jest sprężanie. Technologia przechowywania wodoru w aplikacjach naziemnych w formie skroplonej jest na początkowym etapie rozwoju (niemniej takie instalacje już funkcjonują - istotnym dostawcą takich rozwiązań jest Linde, a jednym z przykładów jest stacja zasilania pojazdów wodorowych w Berlinie<sup>16</sup>). Sprężanie wodoru to obecnie najpowszechniej wykorzystywana i najlepiej skomercjalizowana metoda magazynowania wodoru charakteryzująca się TRL na poziomie 9 – por. tab. 4. Stosowana jest ona również na etapie dystrybucji wodoru, w szczególności w przewozie na krótkie dystanse za pomocą butlowozów. Sprężanie wodoru jest także obecne w wielu zastosowaniach końcowych z dużym potencjałem generowania efektów skali w pojazdach osobowych oraz użytkowych jako zbiornik paliwa wodorowego. Ciśnienia sprężania wodoru zależą od typu konkretnego zbiornika i oscylują w przedziale od 200 bar dla w pełni skomercjalizowanych technologii (Typ I-II), do około 1 000 bar dla zbiorników najnowszej generacji (Typ V), które są w zaawansowanej fazie

<sup>16</sup> Arnold, G., Wolf, J. (2005). Liquid Hydrogen for Automotive Application Next Generation Fuel for FC and ICE Vehicles. Dostęp 30.05.2022.

B+R<sup>17</sup>. Proces sprężania wodoru do wysokich ciśnień zapewnia istotne zwiększenie gęstości objętościowej wodoru przy zachowaniu temperatury otoczenia. Zbiorniki ciśnieniowe są w zdecydowanej większości przypadków zbudowane z centralnej części cylindrycznej, która w zależności od typu zbiornika może być wykonana ze stali, aluminium, włókien węglowych, żywic oraz stopów miedzi w różnej proporcji. Skraplanie wodoru to kolejna z możliwych metod magazynowania oraz dystrybucji wodoru. Charakteryzuje się ona stosunkowo mniejszą skalą rynkową niż technologia sprężania i jest stopniowo opanowywana w skali kilkunastu m<sup>3</sup> głównie w przemyśle kosmicznym jako paliwo stosowane do zasilania satelit oraz rakiet<sup>18</sup>. W przeciwieństwie do metody sprężania, skraplanie wodoru odbywa się w ciśnieniu otoczenia, jednak przy niskich temperaturach. Wysoka energochłonność procesu skraplania wodoru powoduje z kolei, że metoda ta nie jest optymalna dla zastosowań w mniejszej skali czy mobilności (powoduje konieczność zużycia ok. 30-35 % energii pierwotnej, a w przypadku sprężania zużycie energii pierwotnej wynosi ok. 13-15 %).

Tabela 4. Poziomy TRL dla technologii magazynowania wodoru

Technologia	Opis	TRL
Zbiorniki ciśnieniowe (Typ I – Typ IV)	200 – 700 bar, stal i kompozyt	9
Zbiorniki ciśnieniowe (Typ V)	ok. 1000 bar, kompozyt	7-9
Zbiorniki kriogeniczne	– 253 °C, stal, izolacja, próżnia	6-8

Źródło: South Australian Green Hydrogen Study, 2017; Liquid Hydrogen Storage: Status and Future Perspectives, CryoWorld, 2019

Magazyny podziemne stosowane w gazownictwie mogą być szansą dla rozwoju wielkoskalowego magazynowania wodoru, w szczególności przy dużej jego produkcji, gdzie gromadzenie istotnych wolumenów tego pierwiastka mogłoby być utrudnione w aplikacjach naziemnych. Spośród powszechnie wykorzystywanych lub eksploatowanych podziemnych struktur geologicznych, które mogą służyć także do magazynowania wodoru można wskazać: warstwy wodonośne, wyeksploatowane złoża gazu ziemnego i ropy naftowej oraz kawerny solne. Porównanie trzech ww. struktur geologicznych pozwala stwierdzić, że najbardziej preferowaną dla wielkoskalowego magazynowania wodoru jest kawerna solna. Oprócz dużej mocy zatłaczania i odbioru wodoru oraz możliwości wykonywania wielu cykli napełniania w roku, kawerny posiadają także wysoką szczelność, którą zapewnia im solanka. Należy zaznaczyć, że technologicznie magazynowanie

<sup>17</sup> Li, J. Q., Li, J. C., Park, K., Jang, S. J., & Kwon, J. T. (2021). An analysis on the compressed hydrogen storage system for the fast-filling process of hydrogen gas at the pressure of 82 MPa. *Energies*, 14(9), 2635.

<sup>18</sup> Liquid Hydrogen Storage: Status and Future Perspectives, CryoWorld, 2019.

podziemne wodoru jest opanowane i wynika to z bardzo podobnej charakterystyki tego procesu do magazynowania paliw kopalnych. Występują różnice w zakresie stosowanych materiałów oraz infrastruktury zatłaczania – por. tab. 5.

Tabela 5. Poziom rozwoju technologicznego magazynowania wielkoskalowego

Technologia	Opis	TRL
Podziemne magazynowanie wodoru w strukturach geologicznych	Kawerny solne, warstwy wodonośne, wyeksploatowane złoża gazu ziemnego	7-8

Źródło: Readiness level of technologies for the „Energiewende”

Kolejną metodą magazynowania wodoru jest jego wiązanie z metalami, stopami i związkami niemetalicznymi w formę wodorków metali oraz wodorków kompleksowych. Zaletą wykorzystania wodorków metali jako magazynu wodoru jest stosunkowo niska temperatura oraz ciśnienie wymagane dla przeprowadzenia reakcji wiązania wodoru. Ponadto wybrane metale i związki niemetaliczne pozwalają na istotne zwiększenie gęstości objętościowej wodoru, co jest kluczowe w procesach jego magazynowania. Ze względu na to, że metoda magazynowania wodoru w wodorkach metali znajduje się na wczesnym etapie gotowości technologicznej dla zastosowań komercyjnych z TRL na poziomie 4-6, nie wykształciła się do tej pory technologia „zbiornika” dla tej metody. Źródła literaturowe wskazują, że mogą być to zbiorniki wykonane z podobnych materiałów, jak w przypadku LOHC, gdyż nie ma do czynienia ze skrajnymi ciśnieniami i temperaturami<sup>19</sup> - por. tab. 6.

Tabela 6. Poziom rozwoju technologicznego fizyko-chemicznych metod magazynowania wodoru

Technologia	Ciśnienie / opis	TRL
Magazyny złożone z wodorków metali	Ciśnienia i temperatura bliskie atmosferycznym	4-5

Źródło: Readiness level of technologies for the „Energiewende”

### Przesył i transport wodoru

Sprężony wodór w postaci gazowej może być transportowany z zastosowaniem każdego środka transportu drogowego, z czego najbardziej opanowaną komercyjnie i stosowaną metodą jest transport kołowy z wykorzystaniem butlowozów.

<sup>19</sup> Readiness level of technologies for the „Energiewende”: Results from VGB Scientific Advisory Board study, 2019.



---

Na rynku globalnym występuje wiele podmiotów, które świadczą usługi w zakresie transportu gazów technicznych, w tym sprężonego wodoru za pomocą specjalnie zaprojektowanych butli odpornych na wysokie ciśnienia. Należy zaznaczyć, że metoda transportu wodoru za pomocą butlowozów będzie prawdopodobnie najczęściej wykorzystywaną w początkowych fazach rozwoju rynku wodorowego, gdyż odległość od miejsca produkcji do rynku zbytu będzie stosunkowo mała, podobnie jak i ilość gazu. Transport wodoru sprężonego za pomocą butlowozów jest metodą najbardziej opłacalną na krótkich dystansach, gdy wolumen przewożonego wodoru jest stosunkowo mały, np. w ramach klastra energii.

Wodór w postaci gazowej może być także transportowany za pomocą rurociągów gazu ziemnego (w postaci zmieszanej) lub z użyciem dedykowanych rurociągów wodorowych. W przypadku użycia rurociągów gazowych, głównym wyzwaniem technicznym jest stosunkowo niska odporność infrastruktury przesyłowej na stężenia wodoru. Większość państw europejskich deklaruje możliwe stężenia wodoru w swoich obecnych rurociągach gazowych na poziomie 2-10 %<sup>20</sup>. Znacząca część rurociągów gazowych musiałaby przejść kompleksowe dostosowanie dla przesyłu większych stężeń wodoru, oprócz samych rurociągów problem dotyczy także m.in. sprężarek gazu, urządzeń do opomiarowania jakości i składu gazu. Wydaje się, że przesył wodoru w formie zmieszanej z gazem ziemnym będzie występować w fazie przejściowej, a docelowo stosowane będą dedykowane rurociągi wodorowe, które technologicznie są już stosowane w wąskim zakresie – por. tab. 7.

Transport wodoru w postaci skroplonej wymaga obniżenia temperatury wodoru do wartości krytycznej, czyli – 253 °C przy ciśnieniu otoczenia. Proces ten jest wysoce energochłonny, co w konsekwencji powoduje duże straty energii pierwotnej wodoru w procesach skraplania i regazyfikacji. W porównaniu do wodoru sprężonego, proces jest znacznie mniej efektywny energetycznie, przez co wskazywane jest, że transport wodoru w postaci skroplonej będzie odbywał się w przypadku dużych dystansów i średnich wolumenów za pomocą transportu kołowego, a w przypadku dużych wolumenów za pomocą transportu morskiego (podobnie do LNG). Poziom zaawansowania technologicznego rozwiązań w tym obszarze przedstawia Tabela 8.

---

<sup>20</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspólnych zasad rynków wewnętrznych gazów odnawialnych i gazu ziemnego oraz wodoru; COM (2021) 803 wersja ostateczna – Impact Assessment Report, str. 19.

Tabela 7. Poziom rozwoju technologicznego przesyłu i transportu wodoru

Technologia	Opis	TRL
Transport wodoru sprężonego butlowozami	Krótki dystans, 100 % wodór	8-9
Transport wodoru rurociągami gazowymi (blending)	Mieszanie wodoru z gazem ziemnym w wybranych stężeniach %	6-8
Transport wodoru rurociągami dedykowanymi	100 % wodór	8-9

Źródło: Kupecki, J. (ed.) 2021, Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku, NFOŚiGW. Badanie i publikacja realizowane w ramach programu priorytetowego nr 5.1.1 „Wsparcie Ministra Klimatu w zakresie realizacji polityki klimatycznej Część 1) Ekspertyzy, opracowania, realizacja zobowiązań międzynarodowych”

Tabela 8. Poziom rozwoju technologicznego transportu wodoru skroplonego

Technologia	Opis	TRL
Transport wodoru skroplonego za pomocą cystern kriogenicznych	Średni i długi dystans, średnie wolumeny wodoru	9
Transport wodoru skroplonego za pomocą statków	Długi dystans, duże wolumeny	6-8

Źródło: Tlili, O. (2019). Hydrogen systems: what contribution to the energy system? Findings from multiple modelling approaches (Doctoral dissertation, Université Paris Saclay (COMUE))

Transport wodoru w postaci związanej w innych związkach jak amoniak, metanol czy pozostałe LOHC jest rozpatrywany alternatywnie dla transportu w postaci gazowej i skroplonej. Głównymi zaletami przewozu wodoru w postaci związanej w amoniaku, metanolu czy innych LOHC są istotnie mniejsze wymagania techniczne, gdyż warunki atmosferyczne transportu są znacznie bliższe pokojowym (ciśnienie i temperatura bliska otoczeniu). W konsekwencji straty energii pierwotnej są mniejsze niż w przypadku przewozu wodoru ciekłego. Globalne łańcuchy dostaw zarówno w przypadku amoniaku i metanolu są w pełni rozwinięte w skali globalnej, co wynika z zastosowania głównie w przemyśle chemicznym, dlatego też dostosowanie do transportu wodoru wymagałoby małych modernizacji infrastrukturalnych, logistycznych i technicznych. Jednym z głównych wyzwań jest efektywne przeprowadzenie procesów odwodornienia bez istotnych strat energii pierwotnej – por. tab. 9.

Tabela 9. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie wiązania wodoru z innymi substancjami

Technologia	Opis	TRL
Transport wodoru związanego w amoniaku	Długi dystans, alternatywnie dla skraplania wodoru	7-9
Transport wodoru związanego w metanolu	Długi dystans, alternatywnie dla skraplania wodoru	7-9
Transport wodoru w pozostałych LOHC	Wstępna komercjalizacja, wykorzystanie związków organicznych	4-6

Źródło: opracowanie własne na podstawie The Royal Society<sup>21</sup> i Emiri<sup>22</sup>

## Zastosowanie wodoru

### Energetyka

Zastosowanie wodoru w energetyce w większości przypadków dotyczy zastąpienia kopalnych nośników energii (głównie gazu ziemnego) w zakresie produkcji energii elektrycznej i ciepła. Wodór jest też rozpatrywany jako stabilizator oraz magazyn nadmiarowej energii z OZE, jednak coraz więcej źródeł branżowych wskazuje, że nie będzie to docelowa forma zastosowania, ze względu na zbyt niską opłacalność. Kluczowym obszarem rozwoju w zakresie zastosowania wodoru w energetyce będzie m.in. dostosowanie jednostek gazowych (głównie kogeneracyjnych) do pracy w stopniowo zwiększających się stężeniach wodoru. Zarówno przemysłowa, jak i zawodowa energetyka gazowa będzie w coraz większym stopniu dekarbonizowana, a wodór będzie odgrywał coraz ważniejszą rolę w tym sektorze (przejściowo ważnym nośnikiem prawdopodobnie będzie biometan). W przypadku implementacji rozwiązań wodorowych w energetyce kluczowy będzie także rozwój sieci przesyłowych i dystrybucyjnych tego gazu. W zakresie produkcji wodoru z OZE, na rynku europejskim występuje coraz więcej tego typu projektów, ze szczególnym uwzględnieniem łączenia produkcji wodoru z morskimi farmami wiatrowymi<sup>23</sup> - por. tab. 10.

<sup>21</sup> Strona internetowa The Royal Society, [Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store. Policy Briefing](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>22</sup> Strona internetowa emiri, [LOHC technology: SHERLOHCK](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>23</sup> Strona internetowa Offshore Wind, [Breaking: Germany opening offshore areas for green hydrogen production](#). Dostęp 05.05.2022.

Tabela 10. Poziom rozwoju technologicznego wybranych rozwiązań wodorowych w energetyce

Technologia	Opis	TRL
Spalanie wodoru w turbinach gazowych (domieszki 0-30 %)	W obecnych turbinach gazowych	9
Spalanie wodoru w turbinach gazowych (pełna elastyczność, domieszki 0-100 %)	Nowe turbiny gazowe na poziomie B+R	3-4

Źródło: opracowanie własne na podstawie EAI<sup>24</sup>

### Transport

Wydaje się, że ze względu na szybkość procesu tankowania oraz dużą gęstość energetyczną wodoru będzie on preferowanym paliwem w transporcie ciężkim, zbiorowym oraz lekkim. W przypadku segmentu pojazdów osobowych technologia bateryjna jest już na tyle rozwinięta, że skalowanie zastosowania ogniw paliwowych będzie bardzo utrudnione, a liczba koncernów samochodowych, które planują rozwój floty pojazdów osobowych zasilanych wodorem jest mała (Toyota, Hyundai, BMW). Niemniej pojazdy te mają wysoki poziom gotowości TRL oraz wysoki poziom komercjalizacji mierzony liczbą zastosowań (Toyota produkuje i sprzedaje od 2021 r. 30 000 pojazdów Mirai drugiej generacji).

Należy wskazać, że w przypadku zastosowania jednostek bateryjnych w transporcie ciężkim, zbiorowym lub lekkim głównymi wyzwaniem stają się masa własna pojazdu oraz problem z ciągłością operacyjną ze względu na proces ładowania. Ponadto infrastruktura ładowania pojazdów ciężkich o dużych pojemnościach baterii wymaga stosunkowo dużych mocy ładowania, co w wybranych regionach może negatywnie wpływać na pracę sieci elektroenergetycznej. W konsekwencji można przypuszczać, że duży potencjał zastosowania wodoru będzie występował w szczególności w transporcie morskim i lotniczym, a w mniejszym stopniu w transporcie zbiorowym – kołowym (np. autobusy) czy szynowym (np. kolej) - z uwagi na większą konkurencję ze strony napędu bateryjnego (por. tab. 11).

Tabela 11. Poziom rozwoju technologicznego rozwiązań wodorowych w transporcie

Technologia	Opis	TRL
Wodór w transporcie osobowym/ zbiorowym	Pojazdy osobowe, autobusy	8-9
Wodór w transporcie ciężkim	Ciężarówki, kolej	7-8

<sup>24</sup> Strona internetowa EAI, [Hydrogen and the fuel-flexibility dilemma in gas turbines](#). Dostęp 05.05.2022.

Wodór w transporcie morskim	Kontenerowce, tankowce, jednostki ro-ro	6-7
Wodór w transporcie lotniczym	Samoloty różnej wielkości	5-6

Źródło: Hydrogen systems: what contribution to the energy system? Findings from multiple modelling approaches, Tlili, 2019

## Przemysł

Na podstawie komunikatów Komisji Europejskiej oraz dyskusji branżowych należy wskazać, że wodór w przemyśle będzie z wysokim prawdopodobieństwem stosowany w sektorach trudnych do elektryfikacji, czyli takich, w których zastąpienie paliw kopalnych z użyciem odnawialnej energii elektrycznej będzie trudne lub niemożliwe. Wśród kluczowych sektorów, które są trudne do elektryfikacji znajdują się m.in. sektor metalurgiczny, sektor chemiczny oraz sektor rafineryjny. Wydaje się, że będą to kluczowe sektory popytu na wodór w przyszłości, w szczególności z tego powodu, iż przejście z wykorzystania koksu lub gazu ziemnego na użycie zielonego wodoru spowoduje znaczące efekty redukcji emisji. Należy jednocześnie zaznaczyć, że zarówno w technologii wielkopiecowej w sektorze stalowym, jak i w przypadku produkcji zrównoważonych nawozów energia elektryczna nie jest odpowiednim substytutem paliw kopalnych, dlatego też wskazywany jest duży potencjał implementacji wodoru lub innych gazów pochodnych, np. zielonego amoniaku lub metanolu.

## 2.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Szeroko pojęte technologie wodorowe odgrywają istotną rolę w międzynarodowej gospodarce i codziennym życiu ludzi. Są wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w przemyśle chemicznym (do produkcji amoniaku czy metanu), rafineryjnym (odsiarczanie), w odkrywaniu kosmosu (paliwo rakietowe) czy przy produkcji energii elektrycznej. Wodór jest gazem, którego produkcja może odbywać się w sposób „czysty”, tj. z możliwie najniższym stopniem emisji CO<sub>2</sub> oraz innych zanieczyszczeń i w przyszłości będzie stanowił podstawę „czystej” energetyki.

Produkcja wodoru odbywa się przy użyciu różnych surowców oraz źródeł energii, dlatego aby je rozróżnić, wodorowi przypisuje się 5 kolorów, które opisują „czystość” danej technologii produkcyjnej. Zestawienie wygląda następująco:

- Wodór szary, wytworzony w procesie reformingu parowego metanu oraz gazyfikacji węgla i ropy.
- Niebieski, jeśli został wytworzony z węglowodorów przy zastosowaniu wychwytu CO<sub>2</sub>.
- Różowy, kiedy do wytworzenia wodoru została użyta energia jądrowa.

- 
- Turkusowy, jeżeli wodór jest produktem pirolizy metanu, która to prowadzi do produkcji czystego wodoru oraz węgla w fazie stałej (brak emisji lub potrzeby wychwytu CO<sub>2</sub>).
  - Zielony, który wytwarzany jest w procesie elektrolizy zasilanej przez odnawialne źródła energii.

Podział wodoru wg kolorów jest umowny i nie koresponduje z uznaniem wodoru za zero- bądź niskoemisyjny w świetle regulacji UE. Na potrzeby regulacji UE, w toku obecnie negocjowanych rozwiązań kształtują się pojęcia, które z wysokim prawdopodobieństwem będą funkcjonować jako obowiązujące:

1. **Wodór odnawialny (tzw. wodór zielony)** – definiuje się jako wodór, który jest produkowany z energii ze źródeł odnawialnych innych niż biomasa oraz zapewnia 70% redukcję emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z wodorem pochodzącym z paliw kopalnych.
2. **Wodór niskoemisyjny (tzw. wodór niebieski)** – definiuje się jako wodór, który jest produkowany z energii ze źródeł nieodnawialnych i spełnia próg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 70% w porównaniu z wodorem pochodzącym z paliw kopalnych.

Aby zwiększyć udział wodoru niskoemisyjnego i zeroemisyjnego, wiele krajów na całym świecie zaczęło opracowywać, publikować oraz wdrażać strategie wodorowe i klimatyczne. Globalne zmiany w postrzeganiu wodoru przez organy regulacyjne, inwestorów i konsumentów, powodują, że cieszy się on bezprecedensowym zainteresowaniem i skalą inwestycji. W 2020 r. strategie wodorowe przyjęły rządy 9 państw: Kanady, Chile, Francji (która już w 2018 r. przyjęła Plan Wdrażania Wodoru na rzecz przemian energetycznych), Niemiec, Holandii, Norwegii, Portugalii, Rosji, Hiszpanii oraz Unii Europejskiej. Do września 2021 roku przyjęto cztery kolejne strategie (przez Republikę Czeską, Kolumbię, Węgry i Wielką Brytanię), a Norwegia opublikowała mapę drogową w celu uzupełnienia swojej strategii przyjętej w 2020 roku. Ponadto Włochy opublikowały strategię do konsultacji społecznych, a ponad 20 innych krajów ogłosiło, że jest w trakcie opracowywania własnych strategii<sup>25</sup>. W grupie państw, które przyjęły strategię wodorową jest również Polska. Dokument pn. „Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040” został opublikowany w grudniu 2021 r.

W skali globalnej, na początku 2021 roku rządy ww. krajów przeznaczyły w sumie ponad 70 mld USD z funduszy publicznych na projekty związane z rozwijaniem technologii wodorowych, a przemysł ogłosił łącznie 228 projektów wodorowych w całym łańcuchu wartości<sup>26</sup>. Europa zdecydowanie prowadzi w liczbie ogłoszonych projektów (126), na drugim miejscu plasuje się Azja (46), a trzecie przypada Oceanii (24). Podczas gdy Japonia i Korea Południowa skupiają się na zastosowaniach w transporcie drogowym, ekologicznym amoniaku oraz projektach LH<sub>2</sub> i LOHC, Europa jest orędownikiem wielu zintegrowanych projektów gospodarki wodorowej. Inicjatywy

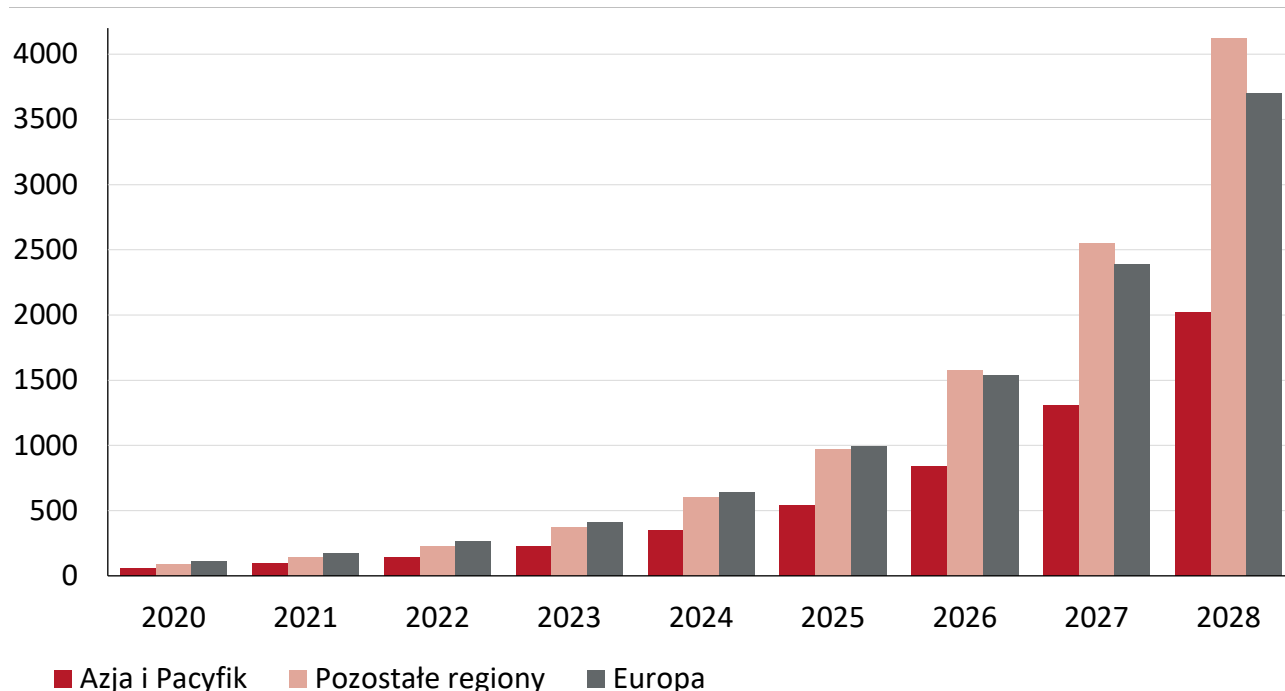
---

<sup>25</sup> Strona internetowa IEA, [Hydrogen - more efforts needed](#). Dostęp 23.03.2022.

<sup>26</sup> Strona internetowa: Hydrogen Council, [Raport Hydrogen Insights 2021](#). Dostęp 21.03.2022.

Europejskie często charakteryzują się ścisłą współpracą międzybranżową i polityczną (np. Dolina Wodoru w północnej Holandii). Gdyby wszystkie projekty inwestycyjne doszły do skutku, ich łączna wartość przekroczyłaby 300 mld USD do roku 2030, co jest równoważnością 1,4 % światowego finansowania projektów z sektora energetyki<sup>27</sup>. Jednakże tylko 80 mld USD z tych inwestycji można uznać za dojrzałe, czyli takie, które są w fazie planowania, przeszły ostateczną decyzję inwestycyjną, albo są związane z projektem w trakcie budowy, oddanym lub operacyjnym<sup>28</sup>.

**Rysunek 3. Projekcja wzrostu wartości rynku zielonego wodoru w latach 2020-2028 w podziale na regiony geograficzne (mln USD)**



Źródło: opracowanie własne na podstawie Researchdive<sup>29</sup>

Największych nadziei w odniesieniu do technologii wodorowych upatruje się w „czystych” technologiach wodorowych. Wartość globalnego rynku zielonego wodoru w 2020 r. wyniosła 257,7 mln USD i przewiduje się, że do 2028 r. wzrośnie z CAGR na poziomie 57,67 %, generując przychód w wysokości 9 834,3 mln USD<sup>30</sup>. Wartość europejskiego rynku zielonego wodoru w 2020 r. wyniosła 111,6 mln USD i przewiduje się, że do roku 2028 będzie rosła ze średnioroczną stopą wzrostu na poziomie 54,9 %<sup>31</sup>. Eksperci oczekują, że wartość rynku Azji i Pacyfiku wzrośnie

<sup>27</sup> Strona internetowa: Hydrogen Council, [Raport Hydrogen Insights 2021](#). Dostęp 21.03.2022.

<sup>28</sup> Ibidem.

<sup>29</sup> Strona internetowa Researchdive, [Global Green Hydrogen Market](#). Dostęp 21.03.2022.

<sup>30</sup> Ibidem.

<sup>31</sup> Ibidem.

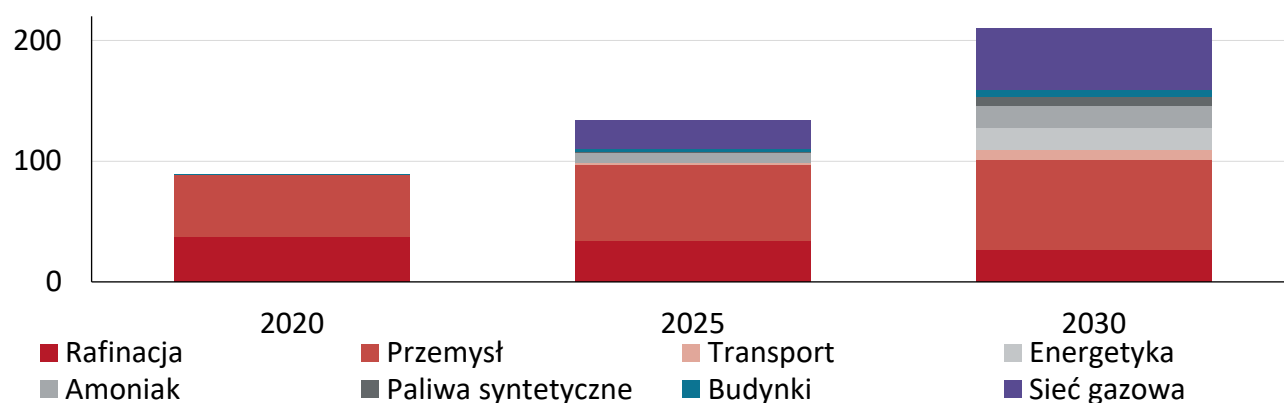
do 2028 r. w tempie CAGR wynoszącym 55,2 %, osiągając przychody w wysokości 2 023,9 mln USD. Znaczne możliwości wzrostu dla zielonego wodoru w regionie Azji i Pacyfiku wynikają z zainteresowania inwestorów (liczne inwestycje w podmioty pracujące nad projektami wodorowymi), wsparcia rządowego (granty, dotacje, ulgi podatkowe) i żywotności technologii. Ekspansja projektów zielonego wodoru w tym regionie jest w dużej mierze napędzana przez takie kraje jak Japonia i Australia wraz ze wzrostem wsparcia ze strony Chin, Korei Południowej oraz Indii<sup>32</sup>. Dane dotyczące prognozy wzrostu wartości rynku zielonego wodoru w podziale na różne rynki geograficzne przedstawia Rysunek 3.

W dalszej części rozdziału zaprezentowana została analiza wielkości i dynamiki rynku dla technologii wodorowych w odniesieniu do poszczególnych ogniw łańcucha wartości.

### Wykorzystanie wodoru

Według danych Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) w 2020 roku globalne zapotrzebowanie na wodór wyniosło ok. 95 milionów ton (Mt), przy czym ponad 70 Mt wykorzystano jako wodór czysty, a ok. 20 Mt jako surowiec w mieszkankach gazów do produkcji metanolu i stali<sup>33</sup>. Prawie cały popyt na H<sub>2</sub> w 2020 roku odnosił się do potrzeb procesów rafineryjnych oraz przemysłowych, jednak widoczny jest bardzo dynamiczny wzrost zainteresowania wykorzystaniem wodoru w innych obszarach gospodarki.

Rysunek 4. Globalne zużycie wodoru w 2020 roku oraz prognoza na rok 2025 oraz 2030 (Mt)



Źródło: opracowanie własne na podstawie IEA<sup>34</sup>

Szacuje się, że światowe zużycie wodoru we wszystkich zastosowaniach ma przekroczyć ponad 200 Mt w 2030 roku. Szczególnie duży wzrost dotyczy sektorów transportu, energetyki oraz ciepłownictwa. IEA szacuje, że zużycie wodoru w sektorze transportu w 2025 roku wzrośnie

<sup>32</sup> Strona internetowa Researchdive, [Global Green Hydrogen Market](#). Dostęp 21.03.2022.

<sup>33</sup> Strona internetowa IEA, [Hydrogen - more efforts needed](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>34</sup> Ibidem.



---

do 2,12 Mt, a w 2030 roku do 8,55 Mt. Równie duży wzrost popytu na H<sub>2</sub> spodziewany jest w energetyce – do 18,5 Mt w 2030 roku oraz ciepłownictwie – do 5,64 Mt w 2030 roku.

Z perspektywy rynku globalnego można wskazać pierwsze projekty komercyjne w zakresie wodoru na potrzeby przemysłu rafineryjnego, metalurgicznego lub chemicznego. Wśród przykładowych należy wskazać projekt Shella w niemieckiej rafinerii Rhineland, gdzie pracuje 10 MW elektrolizer PEM produkujący zielony wodór na potrzeby procesów przerobu ropy<sup>35</sup>. Zaawansowane studia wykonalności i wstępne koncepcje projektowe w zakresie instalacji elektrolizy posiada także niemiecki ThyssenKrupp, który rozpatruje szansę na dekarbonizację łańcucha produkcji stali za pomocą zielonego wodoru, w szczególności w przypadku technologii DRI (z ang. *Direct Reduced Iron*)<sup>36</sup>. Inne europejskie i globalne koncerny z sektora przemysłu ciężkiego także planują duże projekty wodorowe, dążąc do realizacji celu, którym jest osiągnięcie neutralności klimatycznej. Należy dodać, że sektor przemysłowy realizując projekty wodorowe w wielu przypadkach nawiązuje ścisłą współpracę z deweloperami projektów OZE, w szczególności morskich farm wiatrowych, które posiadają największy potencjał energetyczny do produkcji dużych wolumenów wodoru. Rosnące zapotrzebowanie na zielony wodór w przemyśle to duża szansa na jednoczesny rozwój sektora morskich farm wiatrowych, który dostarczając energię elektryczną do produkcji zielonego wodoru ma zapewniony duży rynek zbytu i zabezpieczenie finansowe projektu. Z technologicznego punktu widzenia zastosowanie elektrolizy w aplikacjach przemysłowych jest opanowane, a liczba zamówień na elektrolizery alkaiczne i wysokotemperaturowe stale rośnie ze strony koncernów europejskich.

### **Produkcja wodoru**

Obecnie wodór produkowany jest głównie z paliw kopalnych, co powoduje blisko 900 mln ton emisji CO<sub>2</sub> rocznie.

Wiodącą metodą produkcji wodoru jest reforming parowy metanu bez CCS, który odpowiada za około 60 % podaży wodoru (59 Mt), w dalszej kolejności występuje wodór odpadowy, który odpowiada za około 21 % podaży wodoru (19 Mt), a za około 19 % podaży wodoru odpowiada gazyfikacja węgla (18 Mt)<sup>37</sup>.

Spośród występujących paliw kopalnych, do produkcji wodoru w skali globalnej najczęściej wykorzystywany jest gaz ziemny oraz węgiel. Sektorami, które w największym stopniu wpływają na generowanie globalnego popytu na wodór są m.in. produkcja amoniaku, metanolu, przerób

---

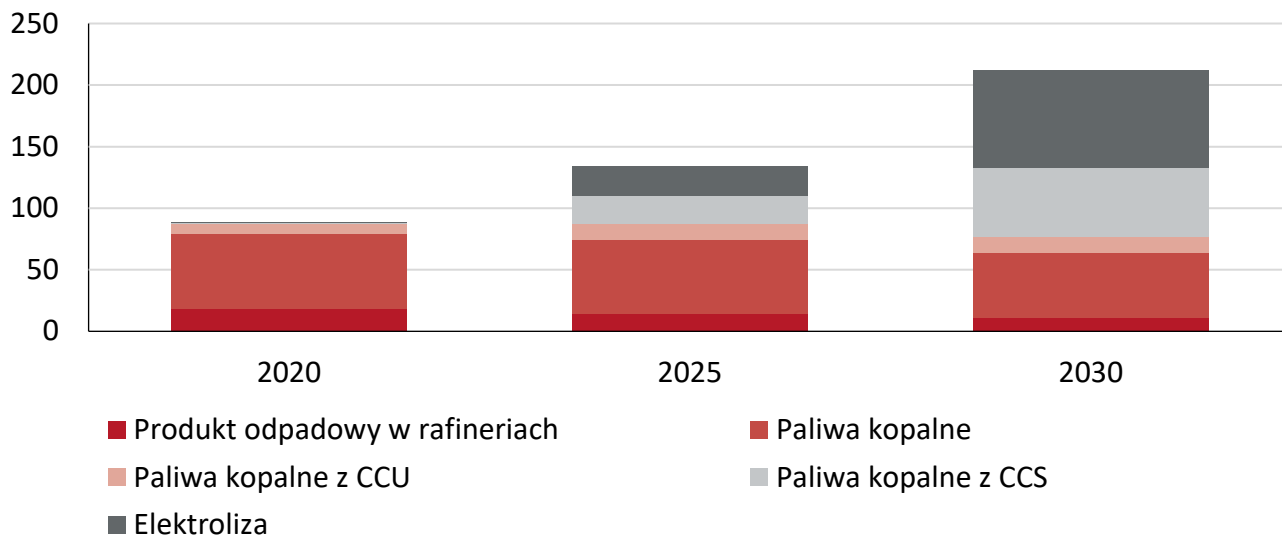
<sup>35</sup> Strona internetowa Shell, [Shell starts up Europe's largest PEM green hydrogen electrolyser](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>36</sup> Strona internetowa Thyssenkrupp, [thyssenkrupp to install 200 MW green hydrogen facility for Shell in port of Rotterdam](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>37</sup> Strona internetowa IEA, [Global Hydrogen Review 2021](#). Dostęp 05.05.2022.

stali w technologii DRI oraz przerób frakcji ropy naftowej na wysokomarżowe produkty. Pozostałe sektory stanowią ułamek światowego zapotrzebowania<sup>38</sup>.

Rysunek 5. Globalna produkcja wodoru według źródeł jego pozyskania (Mt)



Źródło: opracowanie własne na podstawie IEA<sup>39</sup>

Należy zaznaczyć, że globalne metody produkcji szarego wodoru (z węglowodorów) do zastosowania w różnych sektorach przemysłu są w pełni opanowane komercyjnie i charakteryzują się możliwością pełnej elastyczności (zarówno w małej, jak i dużej skali). Zarówno technologia reformingu, gazyfikacji, jak i separacji z węglowodorów są w pełni rozpoznane technicznie oraz stosowane od dziesięcioleci. Ich charakterystyka fizykochemiczna polega w znacznym stopniu na poddaniu substratu pod obróbkę temperaturową lub ciśnieniową przez co dochodzi do separacji wodoru z bardziej złożonych związków organicznych.

Zgodnie z tendencjami globalnej polityki klimatycznej, w celu wykorzystania wodoru szczególnie poza przemysłem, planowany jest wzrost produkcji wodoru z wykorzystaniem innych, mniej emisyjnych metod, a szczególnie w procesie elektrolizy. W ostatnich pięciu latach moc zainstalowanych elektrolizerów wzrosła ponad dwukrotnie, aby osiągnąć ponad 300 MW w połowie 2021 roku (IEA)<sup>40</sup>. W samym 2020 roku zainstalowano prawie 70 MW nowych elektrolizerów. IEA szacuje, że w 2030 roku wodór pozyskiwany w procesie elektrolizy będzie główną metodą produkcji wodoru, odpowiadającą za prawie 38 % całej produkcji (80 z 212 Mt). Określany mianem „zielonego” wodoru, surowiec pozyskany w procesie elektrolizy ma być przede wszystkim wykorzystywany w transporcie, energetyce i ciepłownictwie.

<sup>38</sup> Strona internetowa IEA, [Hydrogen - more efforts needed](#). Dostęp 05.05.2022

<sup>39</sup> Ibidem.

<sup>40</sup> Strona internetowa IEA, [Global Hydrogen Review 2021](#). Dostęp 05.05.2022

---

W 2020 r. na świecie zainstalowanych było około 300 MW mocy w elektrolizerach, które głównie znajdują się na terenie Unii Europejskiej (ok. 50 %), a także w Chinach, USA i Kanadzie<sup>41</sup>. Istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że duża część z pracujących obecnie elektrolizerów nie jest podłączona do instalacji OZE, a ich zasilanie jest realizowane z wykorzystaniem energii sieciowej o uśrednionym śladzie węglowym krajowego miks energetycznego.

Wskazanie dokładnych danych o aktualnej wielkości rynku jest utrudnione ze względu na to, że większość projektów zastosowania elektrolizy w energetyce jest na etapie planowania, a pracujących instalacji jest stosunkowo mało i są one mocno rozproszone. Trudno więc mówić o rozwiniętym rynku. Kalkulacje branżowe wskazują, że wartość rynku elektrolizy w 2018 r. wynosiła 290 mln USD, a prognozy przewidują, że rynek ten osiągnie wartość około 460 mln USD do 2025 roku, z CAGR wynoszącym 7,0 % w okresie objętym prognozą<sup>42</sup>. Dane te jednak należy traktować z dużym marginesem błędu. Komunikat Komisji Europejskiej RePower EU z marca 2022 r. wskazuje, że wobec rosyjskiej agresji na Ukrainę, UE powinna zwiększyć swoje ambicje w zakresie produkcji zielonego wodoru. Założonym celem do osiągnięcia w 2030 r. jest wyprodukowanie 5,6 mln ton wodoru odnawialnego<sup>43</sup>. Zgodnie z unijną strategią wodorową do 2024 r. w UE zainstalowanych ma zostać 6 GW mocy przyłączeniowych w elektrolizie, jednak ta liczba prawdopodobnie ulegnie zwiększeniu.

Na rynku globalnym można wskazać liczne projekty pilotażowe produkcji zielonego wodoru z OZE, jednak zazwyczaj są to przedsięwzięcia czasowe, realizowane w celu demonstracji danej technologii lub przeprowadzenia badania. Na rynkach pozaeuropejskich produkcja wodoru na potrzeby energetyki występuje w małej skali, w większości w fazie demonstracji. Wynika to w głównym stopniu z mniejszych ambicji klimatycznych pozostałych części świata, gdzie w energetyce nadal w dużym stopniu stosowane są paliwa kopalne bez dążenia do przejścia na paliwa zeroemisyjne. Udział wodoru w produkcji energii elektrycznej w skali globalnej stanowi znikomą część a w wielu regionach jest zerowy. Wydaje się, że w sektorze energetycznym większą skalę rynkową będą reprezentować źródła OZE, z których zielona energia będzie pozyskiwana bezpośrednio bez konieczności przetwarzania na wodór i niekorzystnych strat energii pierwotnej.

W zakresie produkcji wodoru z biomasy, trudno o klarowną charakterystykę rynku globalnego. Należy jednak zwrócić uwagę, że nie wynika to z braku rozwiniętej technologii a stosunkowo małej popularności wykorzystania biomasy i odpadów w procesach energetycznych, w szczególności w zakresie produkcji wodoru. Kierunkowo warto zaznaczyć, że największy potencjał w zakresie technologii bazujących na biomacie i odpadach będą miały państwa o wysokim stopniu zalesienia

---

<sup>41</sup> Strona internetowa IEA, [Global installed electrolysis capacity by region, 2015-2020](#). Dostęp 05.05.2022

<sup>42</sup> Strona internetowa MarketWatch, [Water Electrolysis Market 2022: Demand, Market Share, Trend, Business Growth, Prime Key Players Analysis and Forecast by 2025](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>43</sup> Strona internetowa EUR-Lex, [REPowerEU: Wspólne europejskie działania w kierunku bezpiecznej i zrównoważonej energii po przystępnej cenie](#). Dostęp 05.05.2022.

---

lub rozwiniętym sektorze rolnictwa (w UE m.in. Niemcy, Polska, Szwecja). Kluczowa będzie także dobra organizacja lokalnych społeczności oraz dbanie o segregację odpadów, w tym wypracowanie optymalnego podejścia do gospodarki cyrkularnej. Substraty produkowane do produkcji wodoru będą musiały spełniać definicję ujętą w dyrektywie RED<sup>44</sup>.

### Magazynowanie wodoru

Globalny rynek magazynowania wodoru został wyceniony na 15,4 mld USD w 2019 roku i przewiduje się, że osiągnie wartość 25,4 mld USD do 2027 roku, rosnąc w tempie CAGR 6,5% od 2020 do 2027 roku. Jednocześnie wskazuje się, że globalnie wiodącą metodą magazynowania wodoru będzie forma sprężona charakteryzująca się kilkukrotnie większą wartością rynkową w 2027 roku niż forma skroplona, a w ostatniej kolejności występować będzie forma fizykochemicznego wiązania z metalami lub innymi materiałami<sup>45</sup>.

W zakresie wielkoskalowego magazynowania wodoru, publicznie dostępne dane wskazują, że w 2020 r. na świecie funkcjonowało 661 podziemnych magazynów gazu ziemnego o łącznej pojemności 422 mld m<sup>3</sup>. Kluczowymi rynkami są kraje Europy, w tym Rosja i Ukraina, oraz Chiny i USA<sup>46</sup>. W Unii Europejskiej liderami rynku podziemnego magazynowania gazu ziemnego są Niemcy (20 mld m<sup>3</sup>), Włochy (13 mld m<sup>3</sup>) oraz Francja (12 mld m<sup>3</sup>). Składowanie wodoru w podziemnych magazynach jest już realizowane na świecie m.in. w Wielkiej Brytanii w Teeside (210 tys. m<sup>3</sup>), a także w Stanach Zjednoczonych w Clemens Dome, Spindletop i Moss Bluff<sup>47</sup>.

Przechowywanie wodoru w podziemnych strukturach geologicznych z perspektywy rynku globalnego jest obecnie rozwijane w pojedynczych projektach, prowadzonych najczęściej przez podmioty powiązane z sektorem magazynowania paliw kopalnych, m.in. gazu ziemnego lub ropy naftowej. Operatorzy magazynów paliw kopalnych będą w pierwszej kolejności predysponowani do tego typu projektów, gdyż magazynowanie wodoru z wysokim prawdopodobieństwem będzie ich przyszłym modelem biznesowym. Obecne wolumeny produkcji wodoru są na tyle małe, że wielkoskalowe magazynowanie podziemne nie jest realizowane w wielu projektach komercyjnych, a znacząca część wodoru szarego wykorzystywanego przez przemysł jest zużywana na bieżąco i na miejscu (z ang. *on-site*) bez potrzeby

---

<sup>44</sup> Strona internetowa EUR-Lex, [DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY \(UE\) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych](#). Dostęp 23.05.2022.

<sup>45</sup> Strona internetowa Allied Market Research, [Hydrogen Energy Storage Market \(...\): Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020–2027](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>46</sup> Strona internetowa Cedigaz.org, [Underground Gas Storage In The World – 2020 Status](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>47</sup> Andersson, J., & Grönkvist, S. (2019). Large-scale storage of hydrogen. *International journal of hydrogen energy*, 44(23), 11901-11919.

---

magazynowania. Niemniej sytuacja ta może ulec zmianie wraz ze zwiększaniem skali rynku wodorowego na świecie, w tym w szczególności w UE.

### Przesył wodoru

Obecnie w skali globalnej istnieje około 16 tys. km rurociągów wodoru dostarczających go do rafinerii i zakładów chemicznych. Przykładowo między Belgią, Francją i Holandią istnieje sieć połączeń wodorowych. Liczne rurociągi wodorowe są też w regionach uprzemysłowionych, tj.: w Zagłębiu Ruhry w Niemczech lub wzdłuż południowo-wschodniej linii brzegowej w Stanach Zjednoczonych<sup>48</sup>. Projekty w zakresie przesyłu wodoru w obecnych rurociągach gazowych są na etapie zaawansowanych badań, w których znaczącą rolę posiadają operatorzy przesyłowi sieci gazu ziemnego. Jednym z kluczowych projektów europejskich w zakresie przesyłu wodoru w rurociągach jest European Hydrogen Backbone rozpoczęty w 2020 r.<sup>49</sup> W ramach projektu identyfikowane są rurociągi gazowe zdolne do transportu domieszek wodoru, a także planowana jest budowa nowych rurociągów dedykowanych. Technologicznie przesył wodoru w rurociągach jest opanowany komercyjnie, wymaga jednak zwiększania skali, dostępności komponentów, w tym materiałów kompozytowych by wyeliminować stal podatną na tzw. korozję wodorową.

Przedstawienie danych liczbowych dotyczących globalnego transportu wodoru za pomocą butlowozów jest utrudnione, ponieważ nie są powszechnie dostępne. Należy jednak przyjąć, że istotną część dostaw wodoru firmy realizują we własnym zakresie produkując go *on-site* wraz z natychmiastowym zużyciem (skrótowy łańcuch wartości z pominięciem etapu transportu i dystrybucji). W konsekwencji oznacza to, że dostawy wodoru od podmiotów zewnętrznych nie stanowią znaczącej części rynku.

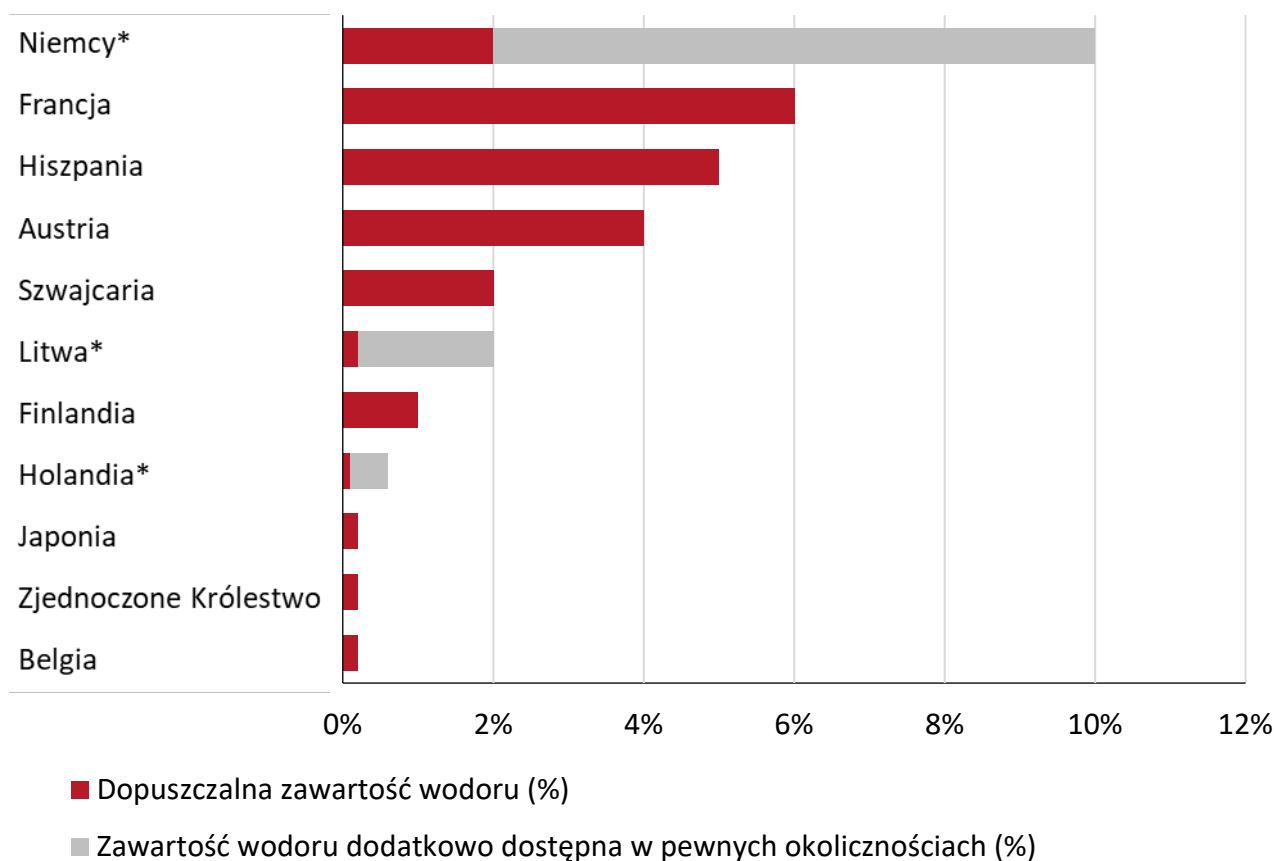
Na rynku globalnym metody transportu wodoru w postaci sprężonej są w pełni opanowane komercyjnie i stosowane obecnie w wielu sektorach, m.in. chemicznym, spożywczym czy rafineryjnym. Wodór w postaci sprężonej transportowany za pomocą butlowozów jest obecnie dostarczany na potrzeby wybranych procesów przemysłowych, podobnie jak ma to miejsce z innymi gazami technicznymi, jak np. hel czy azot. Usługi transportu wodoru butlowozami są realizowane przez podmioty posiadające już doświadczenie w transporcie gazów technicznych, a transport wodoru w różnych postaciach może być jednym z ich kluczowych przyszłych modeli biznesowych.

---

<sup>48</sup> Ball, M., & Weeda, M. (2015). The hydrogen economy—vision or reality? *International Journal of Hydrogen Energy*, 40(25), 7903-7919.

<sup>49</sup> Strona internetowa Gas for Climate, [The European Hydrogen Backbone vision](#). Dostęp 05.05.2022.

Rysunek 6. Obecne ograniczenia dotyczące udziału wodoru w mieszance gazu ziemnego (%)



\*Wyższy limit dla Niemiec obowiązuje w przypadku, jeśli do sieci nie są podłączone stacje CNG; wyższy limit dla Holandii dotyczy gazu wysokokalorycznego; wyższy limit dla Litwy obowiązuje, gdy ciśnienie w rurociągu jest większe niż ciśnienie 16 bar.

Źródło: Dolci, F., Thomas, D., Hilliard, S., Guerra, C.F., Hancke, R., Ito, H., Jegoux, M., Kreeft, G., Leaver, J., Newborough, M. and Proost, J., (2019). Incentives and legal barriers for power-to-hydrogen pathways: An international snapshot. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(23), pp.11394-11401. Staffell, I., Scamman, D., Abad, A.V., Balcombe, P., Dodds, P.E., Ekins, P., Shah, N. and Ward, K.R., (2019). The role of hydrogen and fuel cells in the global energy system. *Energy & Environmental Science*, 12(2), pp.463-491

### Magazynowanie wodoru w paliwach syntetycznych

Ogólne szacunki wskazują, że globalny rynek amoniaku jest wart ok. 50 mld USD z perspektywą wzrostu do poziomu 73 mld USD w 2030 r. Sam rynek zielonego amoniaku jest wyceniany na 17 mln USD w 2021 r. z potencjałem na 91 % CAGR do 2030 r.<sup>50</sup> Oszacowanie wielkości rynku LOHC jest utrudnione z uwagi na brak powszechnie dostępnych danych, a także ze względu

<sup>50</sup> Strona internetowa MarketsandMarkets, [Green Ammonia Market](#). Dostęp 05.05.2022.

---

na stosunkowo wstępny etap komercjalizacji. Należy zaznaczyć, że historycznie realizowano dostawy niebieskiego amoniaku (produkowanego z niebieskiego wodoru), jednak trudno wskazać przykład dostawy wodoru związanego w postaci amoniaku, gdzie wodór jest finalnie wyodrębniany z amoniaku z użyciem reakcji odwodornienia. Przegląd literatury naukowej oraz źródeł branżowych wskazuje, że pełna dostawa wodoru związanego w amoniaku wraz z realizacją reakcji odwodornienia w porcie docelowym nie została dotychczas wykonana. Może to wynikać m.in. z wysokiej energochłonności procesu odwodornienia, braku infrastruktury, a także możliwości komercyjnego zastosowania zielonego lub niebieskiego amoniaku w wielu sektorach przemysłu bez konieczności wyodrębniania wodoru. Oznacza to, że w docelowym modelu rynku amoniak lub metanol (zielony lub niebieski) nie będą służyć jako nośniki wodoru, tylko to wodór (zielony lub niebieski) będzie pełnił rolę substratu do ich produkcji. Dla przemysłu chemicznego kluczowa jest dekarbonizacja procesów technologicznych i przejście na wykorzystanie mniej emisyjnych rodzajów amoniaku niż obecnie. Zielony i niebieski amoniak mogą być także paliwem przyszłości w sektorze transportu morskiego i lotniczego. Skala dostaw zielonych paliw syntetycznych (amoniaku i metanolu) jest obecnie mała, lecz z dużą perspektywą rozwoju w szczególności ze względu na stosunkowo wysoką kompatybilność amoniaku i metanolu z obecną infrastrukturą odbioru dostaw LNG.

W skali globalnej transport amoniaku i metanolu występuje w dużej skali praktycznie w każdym kraju, który prowadzi działalność produkcyjną w sektorze chemicznym. Transport w postaci LOHC jest stosunkowo mniej rozwinięty, co wynika z wczesnego etapu komercjalizacji tej technologii. Transport i magazynowanie wodoru w postaci LOHC są realizowane m.in. przez niemiecką spółkę Hydrogenious Technologies, a także przez wybrane koncerny azjatyckie, które transportują LOHC drogą morską. Transport wodoru związanego w amoniaku jest realizowany przez wybrane koncerny azjatyckie, gdzie przewożony wodór jest produkowany z gazu ziemnego z użyciem CCS i transportowany na potrzeby zastosowania w różnych aplikacjach przemysłowych w postaci niebieskiego amoniaku, m.in. w USA, Niemczech i Holandii<sup>51</sup>.

### **Dystrybucja wodoru**

Stacje tankowania wodoru dedykowane sektorowi transportu będą jednym z prężnie rozwijających się elementów gospodarki wodorowej, ponieważ są one niezbędnym elementem popularyzacji transportu wodorowego - szczególnie drogowego. Dodatkowo ze względu na dojrzałość technologiczną rynek mobilności będzie obszarem, w którym rozwój technologii H<sub>2</sub> nastąpi najszybciej. Dane za rok 2021 wskazują, że na świecie było 685 stacji tankowania wodoru<sup>52</sup>, z czego w Europie funkcjonowało 217 stacji (104 w Niemczech, 41 we Francji, 19 w

---

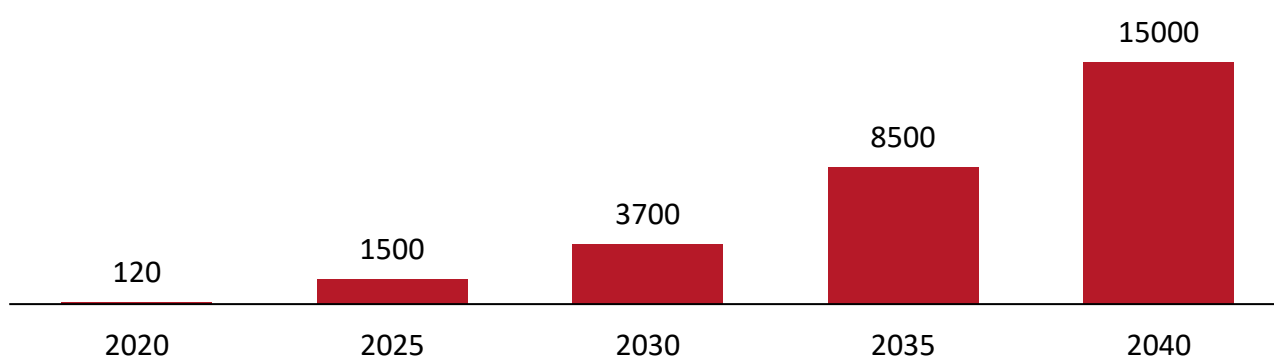
<sup>51</sup> Strona internetowa Ammonia Energy, prezentacja [Mitsubishi Heavy Industries \(MHI\): Hydrogen/Ammonia Solution Ecosystem](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>52</sup> Strona internetowa H<sub>2</sub> Stations, [Another record number of newly opened hydrogen refuelling stations in 2021](#). Dostęp 05.05.2022.

Wielkiej Brytanii, 11 w Holandii, 12 w Szwajcarii, 9 w Austrii, 8 w Danii, 5 w Hiszpanii i po 4 w Szwecji i Norwegii).

W analizie *Hydrogen Roadmap Europe, A sustainable pathway for the European energy transition*, eksperci z FCH JU policzyli, że do 2025 roku ogłoszono plany budowy ponad 750 stacji tankowania wodoru w Europie. Jednocześnie chcąc realizować ambitne cele polityki klimatycznej Unii Europejskiej, do 2030 roku potrzebna by była budowa ponad 3 700 stacji. Jest to niezwykle trudne zadanie i wymagać będzie wykształcenia się nowych producentów poszczególnych komponentów stacji, w tym dedykowanych zbiorników do magazynowania wodoru.

**Rysunek 7. Planowane stacje tankowania wodoru w Europie do 2025 r. oraz szacowana liczba stacji do 2040 r. w ambitnym scenariuszu rozwoju gospodarki wodorowej**



Źródło: *Hydrogen Roadmap Europe, A sustainable pathway for the European energy transition*, FCH JU, 2019

Technologicznie transport wodoru skroplonego za pomocą cystern kriogenicznych jest także w pełni opanowany komercyjnie i występują podmioty świadczące tego typu usługi. Podobnie jak w przypadku wodoru sprężonego, transport wodoru skroplonego jest realizowany przez firmy posiadające doświadczenie na rynku gazów technicznych oraz odpowiednią infrastrukturę logistyczną i transportową. Stosunkowo niższy poziom komercjalizacji i opanowania technologii występuje w przypadku transportu wodoru ciekłego w dużych wolumenach na długie dystanse z wykorzystaniem statków morskich. Wynika to m.in. z braku odpowiednich jednostek na rynku, a także dużych wyzwań wynikających ze znacznych strat energii pierwotnej w przypadku długich transportów (na dystansie tysięcy kilometrów). Pierwsze projekty transportu wodoru w postaci skroplonej za pomocą tankowców morskich są realizowane przez podmioty japońskie, m.in. Kawasaki Heavy Industry w ramach projektu HyStra (pierwszy transport morski wodoru skroplonego odbył się w styczniu 2022 r.)<sup>53</sup>

<sup>53</sup> Strona internetowa HySTRA, [The Vision of HySTRA](#). Dostęp 05.05.2022.



---

Obecnie około 90 Mt wodoru rocznie jest zużywane na potrzeby przemysłu chemicznego i rafineryjnego. Oba sektory odpowiadają za około połowę zapotrzebowania. Inne sektory przemysłowe wykorzystujące wodór mają marginalny udział w światowym zapotrzebowaniu, jednak proporcje te mogą ulec dużej zmianie w przyszłości. Przewiduje się, że wraz ze wzrostem gospodarczym i wzrostem liczby ludności zapotrzebowanie na amoniak i metanol wzrośnie o ok. 31 % do roku 2030, co przełoży się także na zwiększone zapotrzebowanie na wodór<sup>54</sup>.

## 2.3. Analiza cyklu życia produktów

Według raportu *Energy Technology Perspectives*<sup>55</sup>, 2020, opublikowanego przez Międzynarodową Agencję Energetyki, procesy wdrażania innowacji, w tym również w obszarze energetyki rzadko mają charakter liniowy. Wynika to z faktu, że praktycznie żadna technologia (lub produkt ją wykorzystujący) nie przechodzi przez całą drogę od pomysłu do wprowadzenia na rynek bez znaczących modyfikacji. Na ich trajektorie wpływają pętle sprzężenia zwrotnego i przenikanie się różnych technologii i zastosowań wraz z osiągnięciem dojrzałości rynkowej, co często wiąże się z niepowodzeniami i przeprojektowaniem. Dotyczy to również dominującej większości technologii wodorowych, które są wciąż na relatywnie początkowym etapie dojrzałości, brakuje rozwiniętego łańcucha logistycznego dla wielu obszarów gospodarki wodorowej oraz rozwiniętego rynku popytu i podaży.

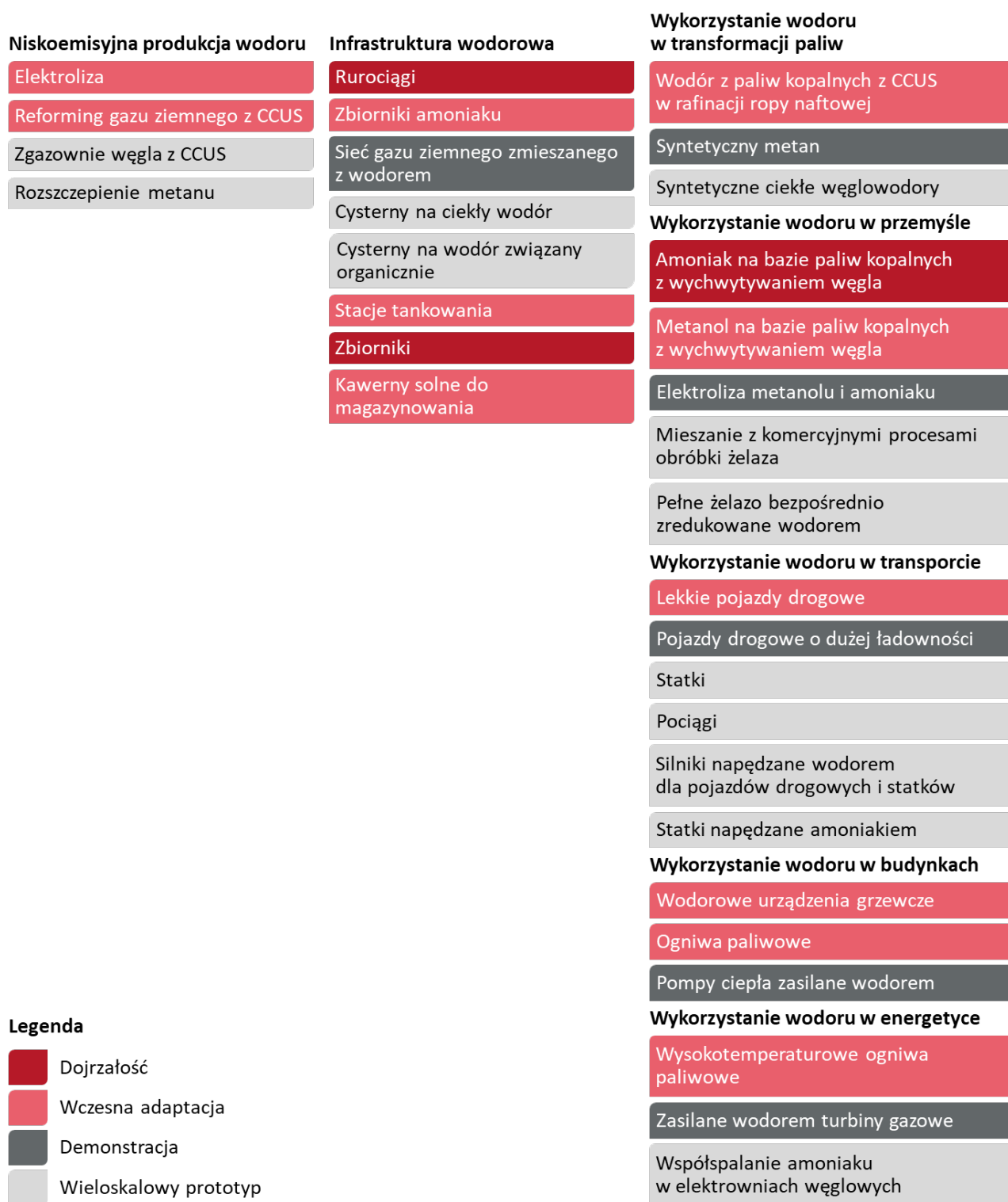
Z powyższych powodów trudno mówić o fazach rozwoju i ewolucji dojrzałego rynku, lecz raczej o fazie rozwoju konkretnych technologii, które mają złożony, często interdyscyplinarny charakter, lub produktów, które je wykorzystują. W związku z tym w miejsce tradycyjnej analizy cyklu życia produktu, warto rozważyć cztery odrębne etapy dojrzałości technologii/ produktu, z których każdy ma inne cechy i wymagania.

---

<sup>54</sup> Kupecki, J. (ed.) 2021, Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku, NFOŚiGW. Badanie i publikacja realizowane w ramach programu priorytetowego nr 5.1.1 „Wsparcie Ministra Klimatu w zakresie realizacji polityki klimatycznej Część 1) Ekspertyzy, opracowania, realizacja zobowiązań międzynarodowych”.

<sup>55</sup> Strona internetowa IEA, [Energy Technology Perspectives](#). Dostęp 05.05.2022.

Rysunek 8. Poziom gotowości technologicznej ogniwi łańcucha wartości niskoemisyjnego wodoru



Źródło: *Energy Technology Perspectives*<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Strona internetowa IEA, [Energy Technology Perspectives](#). Dostęp 05.05.2022.

---

## Prototyp

Nowa koncepcja technologii jest rozwijana w projekt, a następnie w prototyp dla nowego produktu lub nowego komponentu w celu ulepszenia produktu już istniejącego na rynku. Prawdopodobieństwo sukcesu na tym etapie jest niskie, ryzyko wysokie, ale koszty projektu są również niewielkie.

## Demonstracja

Pierwsze przykłady nowych technologii, poprzez praktyczne zastosowanie, są wprowadzane na rynek w jednostkowych egzemplarzach stając się produktami rynkowymi. Demonstracja wiąże się z większą ilością czasu, procesów, kosztów i ryzyka niż etap prototypu. Ta faza jest często określana jako „dolina śmierci”, zwłaszcza w przypadku produktów wymagających dużych nakładów jednostkowych.

## Wczesna adaptacja

Na tym etapie nadal istnieje duża różnica kosztów i wydajności w porównaniu z istniejącymi technologiami/ produktami oznaczająca wyższe ceny produktów wytwarzanych w oparciu o zastosowanie nowych technologii, ale z rozwiązań korzystają klienci, którzy chcą ją wypróbować. Etap ten stanowi kontynuację zagrożeń z „doliny śmierci” i w wielu przypadkach przychody z początkowych implementacji na niszowych rynkach nie pokrywają kosztów. W przypadkach, w których władze publiczne widzą szersze korzyści społeczne, środowiskowe lub gospodarcze z rozpowszechnienia technologii lub produktów, w których została zastosowana, mogą zastosować różnorodne instrumenty wsparcia. Działanie w środowisku komercyjnym oznacza jednak, że więcej kosztów i ryzyka musi ponieść sektor prywatny, przy czym konkurencja obniża koszty i zachęca do udoskonaleń. Wraz ze wzrostem liczby zastosowań technologia lub produkt, który ją wykorzystuje, osiąga znaczący udział w rynku.

## Dojrzałość

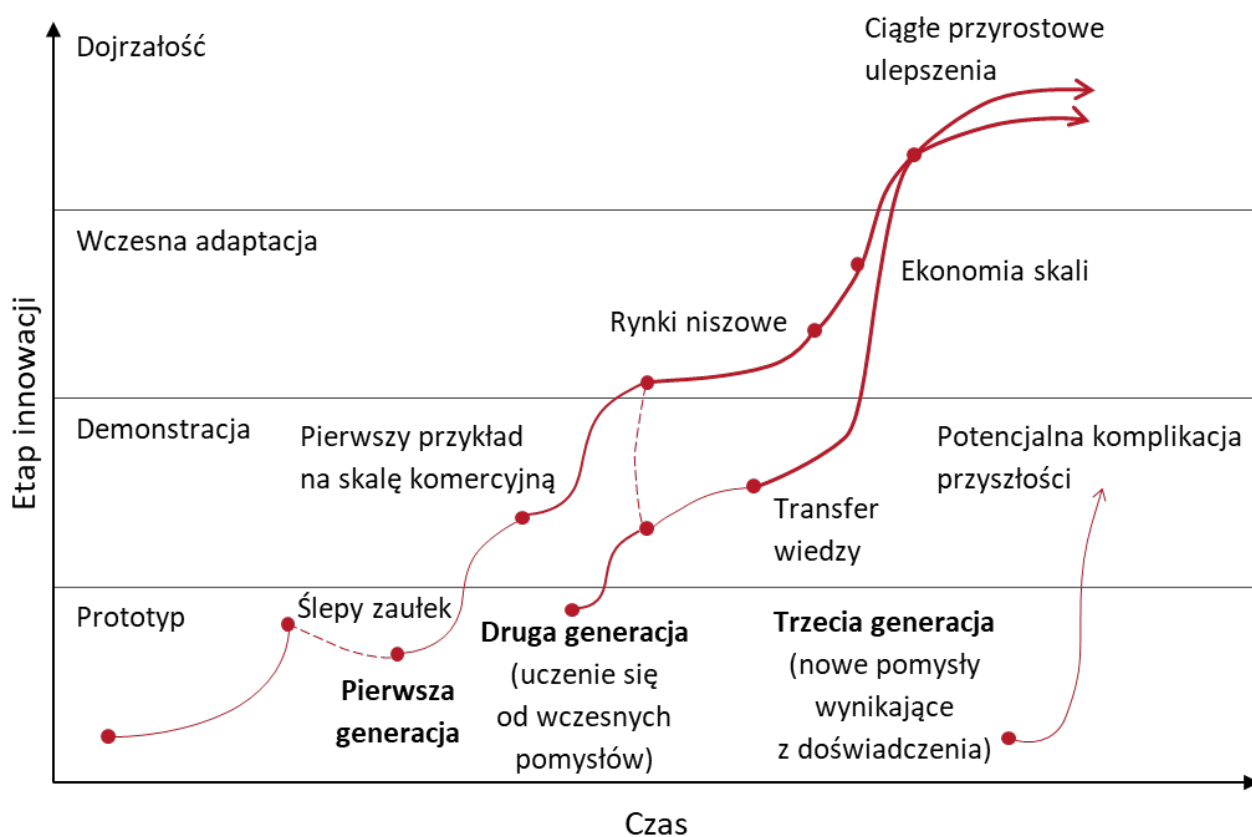
W miarę postępu wdrażania od poziomu istotności do dojrzałości technologia lub produkt o nią oparty przechodzi do głównego nurtu nowych zakupów i może nawet zacząć konkurować z zapasami istniejących aktywów. Na tym etapie jest kontynuowane stopniowe uczenie się przez działanie (z ang. *learning by doing*), ponieważ informacje zwrotne od użytkowników stymulują nowe pomysły na prototypowanie bardziej radykalnych ulepszeń. Dominujący projekt zostaje zaakceptowany, a ryzyko jest na ogół wystarczająco znane, aby prywatni inwestorzy mogli je ponieść.

Na początkowych etapach wdrażania i dojrzałości innowacje nieustannie podnoszą jakość i sprawność produkcji. W niektórych przypadkach istotne, inkrementalne ulepszenia pojawiają się długo po rozpoczęciu wprowadzania na rynek w postaci produktu, jak na przykład w przypadku akumulatorów litowo-jonowych (Li-ion) do pojazdów elektrycznych. W innych przypadkach produkty lub technologie osiągną punkt, w którym oczekuje się tylko bardzo stopniowych zmian

wynikających z procesów ciągłego uczenia się, jak na przykład w przypadku technologii wykorzystywanych w dużych elektrowniach wodnych.

Biorąc pod uwagę fakt, że w przypadku technologii wodorowych, które jeszcze nie funkcjonują powszechnie w warunkach rynkowych, a w wielu przypadkach wymagają istotnego komponentu B+R by uzyskać wyższy TRL, trudno jest ustalić przewidywany cykl życia poszczególnych technologii lub produktów o nie opartych. Choć niektóre z nich wchodzą w fazę II generacji, jak np. napęd wykorzystywany w Toyocie Mirai, to jednak biorąc pod uwagę klasyczny cykl życia – wprowadzenie na rynek, wzrost, dojrzałość i schyłek, to pod względem otoczenia społecznego (brak świadomości), infrastrukturalnego (brak stacji zasilania), prawnego (brak przepisów) i innych wymiarów, jest to wciąż wczesna faza wprowadzenia, która na skutek wspomnianych ograniczeń będzie rozciągnięta w perspektywie kilku kolejnych lat.

Rysunek 9. Cztery etapy technologii, sprzężenia zwrotne i efekty uboczne, które usprawniają kolejne generacje projektów/ modeli



Źródło: opracowanie własne na podstawie *Energy Technology Perspectives*<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Strona internetowa IEA, [Energy Technology Perspectives](#). Dostęp 05.05.2022.

---

## 2.4. Analiza barier rynkowych

Analiza „5 Sił Portera” co do zasady służy do określenia atrakcyjności danego sektora. Jest ona jednak również miarodajnym, uogólnionym odzwierciedleniem barier rynkowych funkcjonujących w sektorze w skali makro. Możliwość kompleksowej analizy i spojrzenia na uwarunkowania obszaru z perspektywy siły przetargowej dostawców, nabywców, ryzyka pojawienia się nowych konkurentów, dóbr substytucyjnych czy rywalizacji wewnątrz sektora, pozwala bowiem na wyciągnięcie wniosków w zakresie barier rynkowych dla całego sektora i jego otoczenia. Na potrzeby niniejszej analizy każda z „sił” została oceniona w trójstopniowej skali (poziom oddziaływania niski, średni oraz wysoki).

**Siła przetargowa dostawców** na rynku technologii wodorowych została oceniona jako **wysoka**. Wynika to ze skokowego awansu wodoru w strategiach energetycznych wielu krajów i rosnącego zainteresowania rozwojem projektów wodorowych przy sztywnej podaży komponentów w krótkim okresie. Wodór produkowany jest z wykorzystaniem powszechnych lub relatywnie szeroko dostępnych surowców – wody, metanu, węgla. Problemem nie jest zatem dostępność surowców do produkcji wodoru, lecz w przypadku, gdy z określonych względów producent chce otrzymać wodór „o określonym kolorze” sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Bariere stanowi niski udział OZE w miksie energetycznym - dla przykładu wodór wytwarzany w procesach zasilanych energią odnawialną, może być trudny do wytworzenia z uwagi na ograniczoną podaż energii pochodzącej z OZE. Dotyczy to jednak nie tylko krajów z niskim udziałem energii z OZE w miksie energetycznym, ale również m.in. krajów UE, które zakładają w swoich strategiach import dużej ilości wodoru zielonego. Niemniej siła przetargowa dostawców w produkcji wodoru szarego a później niebieskiego będzie maleć z uwagi na cele klimatyczne. Również w odniesieniu do dostawców technologii wodorowych lub wyspecjalizowanych podzespołów do instalacji, siłę przetargową należy określić jako wysoką. Łańcuch wartości technologii wodorowych wciąż znajduje się na wczesnym etapie rozwoju i istnieje stosunkowo niewiele producentów silnie wyspecjalizowanych i sprawdzonych instalacji produkcji wodoru. Również istniejące sieci przesyłowe nie są w chwili obecnej przystosowane do przesyłu wodoru, dlatego też w odniesieniu do tego sektora, siłę przetargową dostawców należałoby określić jako wysoką.

**Siła przetargowa nabywców** została oceniona jako **średnia**. Nabywcy na tym rynku, z uwagi na wciąż wczesny etap rozwoju łańcucha wartości, to zazwyczaj inne przedsiębiorstwa (model B2B), które wykorzystują wodór w procesach produkcyjnych czy w transporcie i mają wybór spośród innych źródeł energii (możliwość wyboru nie dotyczy firm, które wykorzystują wodór w procesach produkcyjnych jako substrat, choć same go sobie nie produkują). Ponadto mogą oni wybierać spośród wielu opcji produktów w zależności od swoich potrzeb i budżetu. Ich siła przetargowa jest stosunkowo wysoka. Jednak pozycja przetargowa nabywców indywidualnych, takich jak np. posiadacze pojazdów zasilanych wodorem, jest obecnie niska, bowiem nigdzie na świecie jeszcze pojazdy zasilane wodorowymi ogniwami paliwowymi nie są wykorzystywane w skali masowej. Wraz z rozwojem i dywersyfikacją różnych technologii produkcji wodoru nastąpi większa segmentacja klientów i powstanie więcej nisz rynkowych (choćby domowe magazyny

---

energii wodorowej). Ważnym elementem siły przetargowej nabywców oraz pewnego rodzaju barierą dla szybszego wdrażania technologii wodorowych jest również zależność popytu na wodór i technologie wodorowe od stopnia świadomości nabywców indywidualnych oraz presji społecznej. W wielu przypadkach to szeroko rozumiane „społeczeństwo” stanowić może barierę dla rozwoju technologii wodorowych z uwagi na np. błędne przeświadczenie dotyczące „niebezpieczeństwa” wodoru. W szczególności na wczesnych etapach rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych, takie opory społeczne przekładać się mogą na spadek popytu na technologie wodorowe.

**Ryzyko pojawienia się substytutów** na światowym rynku technologii wodorowych zostało uznane za **średnie**. Technologie wodorowe obecnie dopiero się rozwijają, lecz to właśnie one stanowią alternatywę dla szeroko rozpowszechnionych paliw kopalnych. Niestety napotykana jest tutaj bariera ekonomiczna, ponieważ te „brudne” źródła energii, jak również farmy wiatrowe, panele słoneczne czy turbiny wodne, wciąż oferują energię znacznie tańszą, niż energia pochodząca z wodoru (który jest nośnikiem a nie źródłem energii, dlatego też wymaga procesów transformacji). W efekcie to paliwa kopalne posiadają dominującą pozycję na rynku nośników energii. Z kolei w odniesieniu wyłącznie do opracowywania substytutów dla technologii wodorowych, dynamiczny rozwój tego obszaru i nadzieje, jakie są związane z technologiami wodorowymi powodują, że pracuje nad nimi wiele firm i ośrodków badawczych na świecie. Można się zatem spodziewać, że na rynku pojawiać się będą coraz to nowe konkurencyjne technologie produkcji wodoru – w tym przypadku ryzyko pojawienia się substytutów jest wysokie. W przypadku substytutów dla zielonego wodoru, czyli tej jego odmiany, która ma zrewolucjonizować energetykę na całym świecie, można uznać, że ryzyko pojawienia się substytutów jest niskie, bowiem nie istnieją obecnie inne „czyste” technologie zdolne do dostarczenia stabilnego źródła energii, które jednocześnie posiadałyby tak duży potencjał stosowania – zarówno jako źródło energii elektrycznej i cieplnej, do wykorzystania w skali przemysłowej oraz jako źródło zasilania pojazdów elektrycznych. Główny substytut zielonego wodoru, to amoniak, służący zarazem jako magazyn wodoru. Istnieje również ryzyko ze strony paliw syntetycznych.

Na rynku technologii wodorowych **ryzyko pojawienia się nowych konkurentów** ocenione zostało jako **wysokie**. Na świecie, producenci wodoru i firmy opracowujące technologie wodorowe są najczęściej dużymi podmiotami, jednak innowacyjność tego obszaru powoduje, że znajduje się on również w centrum zainteresowania wielu jednostek naukowych i mniejszych firm. Należy zatem uznać, że pojawienie się nowych podmiotów oferujących innowacyjne technologie wodorowe związane z którymkolwiek z ogniw wodorowego łańcucha wartości jest jedynie kwestią czasu. Sam łańcuch wartości jest bowiem na tyle zróżnicowany, że znajduje się w nim potencjał zarówno dla technologii oferowanych przez duże podmioty, jak i przez wyspecjalizowane start-upy. Barierę w kontekście działalności biznesowej stanowić może jednak powiązana z liczbą podmiotów na rynku konkurencja, jednak z perspektywy technologicznej jest to czynnik wpływający na szybszy rozwój sektora.

**Stopień rywalizacji wewnątrzsektorowej** określony został jako **średni**, przy czym należy zauważyć, że wynika to wyłącznie z niskiego stopnia rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych. Jednak w perspektywie najbliższych miesięcy i lat szacuje się, że rywalizacja wewnątrz sektora wzrośnie. W chwili obecnej trudno jest mówić o zdecydowanej (poza obszarem B+R) rywalizacji wewnątrz sektora, bowiem podmioty dopiero pracują nad opracowaniem efektywnych energetycznie i ekonomicznie technologii produkcji, przesyłu, magazynowania i wykorzystania wodoru. Wiele podmiotów, które posiadają linie produkcyjne wodoru, wykorzystuje je wyłącznie na potrzeby własne, zatem wodór ten (a nie technologia jego produkcji) nie trafia na rynek komercyjny jako produkt. W związku z rosnącą popularnością wodoru i technologii wodorowych następuje rozwój łańcucha wartości tego obszaru, co stopniowo zwiększa stopień rywalizacji między podmiotami zajmującymi się tą tematyką. Wraz z rozwojem sieci dystrybucyjnej i przesyłowej oraz wzrostem potencjału zastosowania wodoru (np. poprzez upowszechnienie się pojazdów wodorowych), należy spodziewać się, że stopień rywalizacji wewnątrz sektora znacząco wzrośnie, co będzie stanowiło barierę biznesową.

Rysunek 10. Uproszczona analiza „5 sił Portera” dla obszaru technologii wodorowych



Źródło: opracowanie własne

Oprócz barier wskazanych w przeprowadzonej analizie „5 sił Portera”, należy również wspomnieć o barierach warunkujących funkcjonowanie i rozwój obszaru technologii wodorowych na świecie, tj.:

**Wysokie koszty technologii i kapitałochłonność inwestycji** – podstawową barierą związaną z wdrażaniem technologii wodorowych jest kwestia finansowa wynikająca z wysokich kosztów w każdym ogniwie łańcucha gospodarki wodorowej. Projekty wodorowe obecnie są innowacyjnymi rozwiązaniami o wciąż wysokim poziomie ryzyka i charakteryzują się nieprzewidywalnymi stopami zwrotu z inwestycji. Bez obniżenia kosztów do poziomu umożliwiającego konkurowanie technologii wodorowych z innymi rozwiązaniami, gospodarka wodorowa nie będzie mogła się szybko i efektywnie rozwijać. Podstawowe wyzwanie związane z rozwojem gospodarki wodorowej stanowić będzie obniżenie kosztów związanych z produkcją, transportem, w tym przesyłem i dystrybucją oraz magazynowaniem, a także kosztów urządzeń, pojazdów i infrastruktury wykorzystującej wodór. W celu osiągnięcia komercjalizacji rynkowej i powszechnej dostępności nowe technologie wykorzystujące wodór muszą osiągnąć większą skalę produkcji i zastosowania oraz konkurować z istniejącymi rozwiązaniami pod względem kosztów w całym cyklu życia, wydajności, trwałości i wpływu na środowisko.

**Słabo rozwinięty rynek i ograniczenia infrastrukturalne** – w przeciwieństwie do rynku energii ze źródeł konwencjonalnych, jak również w coraz większym stopniu odnawialnych, rynek wodoru i technologii wodorowych nie osiągnął jeszcze postaci dojrzałej skutecznie łącząc podaż i popyt i ustanawiając rynkowe ceny. Jako przykład można wskazać brak dedykowanej infrastruktury wodorowej (np. do transportu, magazynowania, tankowania), której rozwój powinien być wspierany jednocześnie ze wsparciem produkcji wodoru. W odróżnieniu od energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, wodór nie posiada istniejącej infrastruktury dystrybucyjnej, co znacząco utrudnia jego implementację i zastosowanie w gospodarce.

**Brak dedykowanych regulacji** – proces rozwoju gospodarki wodorowej wymaga zaangażowania państw, dialogu społecznego i zaprojektowania stosownych ram prawnych, które odpowiadać będą potrzebom rynku i międzynarodowym zobowiązaniom klimatycznym. Potrzeba międzynarodowych norm i przepisów dotyczących wodoru stanowi jedną z głównych przeszkód w rozwoju globalnego rynku wodoru. Ponieważ rozwój rynku wodoru jest dopiero w fazie wschodzącej, nadal nie ma upowszechnionych międzynarodowych norm dotyczących jego produkcji i użytkowania, co skłania poszczególne kraje do rozwijania własnych wewnętrznych standardów i regulacji. Ten brak wspólnych regulacji ogranicza potencjał rozwoju gospodarki wodorowej. Regulacje powinny uatrakcyjnić rynek w celu przyciągnięcia inwestycji zagranicznych. Należy zająć się również opracowaniem i harmonizacją regulacji i norm, wspieraniem najlepszych praktyk w zakresie bezpieczeństwa oraz rozwojem łańcucha dostaw i wykwalifikowanej kadry pracowniczej. Należy mieć na uwadze, że w celu zapewnienia efektywnego rozwoju tej gałęzi gospodarki konieczne jest przeprowadzenie szeroko zakrojonych działań mających na celu



---

dostosowanie różnorodnych regulacji prawnych z różnych specjalizacji. Dostosowanie regulacji i norm rynkowych powinno umożliwiać względnie łatwe skalowanie technologii wodorowych, ale również kreować bodźce do korzystania z rozwiązań wykorzystujących wodór. Wskazuje się, że na obecnym etapie regulacje są jeszcze na wczesnym etapie implementacji i nie są one optymalnie rozwinięte. Oczekuje się, że wraz z postępami we wdrażaniu strategii wodorowych wskazane luki prawne będą usuwane. Wspieranie wspólnych międzynarodowych standardów jest pierwszym krokiem w kierunku stworzenia konkurencyjnego i dobrze funkcjonującego rynku globalnego.

## 2.5. Kluczowi gracze rynkowi

Poniżej wymieniono najważniejsze podmioty zajmujące się rozwojem, produkcją, wdrażaniem oraz sprzedażą rozwiązań z obszaru technologii wodorowych, działające w skali globalnej.



**Air Liquide** – francuska firma założona w 1902 w Paryżu, światowy lider w dziedzinie technologii i usług dla sektora gazowniczego, przemysłu i ochrony zdrowia. Air Liquide jest operatorem instalacji HyBalance - projektu opracowanego w Danii i wspieranego przez *European Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking* oraz duński program ForskEL. Jest to ważna demonstracja pełnego łańcucha wartości, od magazynowania wodoru produkowanego ze źródeł odnawialnych (turbiny wiatrowe) do jego dystrybucji w zastosowaniach w czystym transporcie i sektorze przemysłowym<sup>58</sup>.



**Air Products and Chemicals, Inc.** – amerykańska korporacja utworzona w 1940 r., której głównym przedmiotem działalności jest sprzedaż gazów i chemikaliów do zastosowań przemysłowych. Firma uruchomiła w 1993 r. dostawy wodoru rurociągiem do rafinerii Marathon's Garyville i opracowała od tamtego czasu obszerne portfolio patentów związanych z technologią dostarczania i dozowania wodoru.



**Ballard Power Systems** – firma założona w 1979 r., z siedzibą w Kanadzie. Zajmuje się projektowaniem i produkcją ogniw paliwowych z membraną protonowymienną m.in. do zastosowania w pojazdach ciężarowych. Produkty i usługi firmy są wykorzystywane na różnych rynkach, od ciężkich pojazdów silnikowych po transport materiałów, zasilanie awaryjne, UAV, zastosowania morskie i kolejowe. Jednym z celów strategicznych firmy Ballard jest osiągnięcie neutralności klimatycznej już w 2030 r.<sup>59</sup>



**Bloom Energy** – amerykańska firma z San Jose, CA, założona w 2001 roku, produkująca i sprzedająca ogniwa paliwowe ze stałymi tlenkami, które wytwarzają energię elektryczną na miejscu (z ang. *on-site*). Generatory wykorzystujące ogniwa Bloom Energy są zwykle

---

<sup>58</sup> Strona internetowa Air Liquide, [Producing hydrogen in a low-carbon process](#). Dostęp 30.03.2021.

<sup>59</sup> Strona internetowa Ballard, [Our Global Impact](#). Dostęp 30.03.2022.

---

stosowane w dużych budynkach, zakładach produkcyjnych lub centrach danych do wytwarzania energii elektrycznej.



**Cummins, Inc.** – światowy lider w dziedzinie układów napędowych. Firma powstała w 1919 roku w Columbus (USA), a jej działalność oparta jest na wzajemnie uzupełniających się segmentach biznesowych, które projektują, produkują, dystrybuują i serwisują szeroką gamę rozwiązań w zakresie układów napędowych. Produkty firmy obejmują układy napędowe na olej napędowy, gaz ziemny, elektryczne i hybrydowe oraz komponenty związane z układami napędowymi, w tym filtry, układy oczyszczania spalin, turbosprężarki, układy paliwowe, układy sterowania, układy uzdatniania powietrza, zautomatyzowane skrzynie biegów, układy wytwarzania energii elektrycznej, akumulatory, zelektryfikowane układy napędowe, produkty do wytwarzania wodoru i ogniwa paliwowe.



**Engie** – francuska grupa energetyczna założona w 2008 roku, z siedzibą główną w Paryżu. Specjalizuje się w usługach dla sektora energetycznego oraz produkcji energii odnawialnej, gazu i energii elektrycznej. Firma jest obecna w prawie 70 krajach na pięciu kontynentach. Celem firmy jest osiągnięcie pozycji lidera w produkcji odnawialnego wodoru na dużą skalę. Trzy główne obszary rozwoju to: zastosowania przemysłowe, mobilność i wodór jako nośnik energii. Engie jest częścią konsorcjum firm realizujących projekt GreenH2Atlantic, którego celem jest zademonstrowanie opłacalności produkcji zielonego wodoru na dużą skalę w regionie Sines, na południu Portugalii<sup>60</sup>.



**FuelCell Energy** – amerykańskie przedsiębiorstwo założone w 1969 r., z siedzibą w Danbury. Specjalizuje się w rozwoju technologii ogniw paliwowych, a jego celem jest wykorzystanie własnych, najnowocześniejszych technologii, aby umożliwić światu korzystanie z czystej energii. Dostarcza klientom kompleksowe rozwiązania pod klucz, które obejmują wszystkie etapy, od projektowania i instalacji po długoterminową eksploatację i konserwację systemu ogniw paliwowych. Systemy są dostosowane do potrzeb klientów z różnych branż.



**Linde PLC** – firma z siedzibą w Dublinie w Wlk. Brytanii, powstała w 2018 roku wskutek fuzji niemieckiej Linde AG oraz amerykańskiej Praxair. Jest przodującym światowym producentem gazów technicznych i technologii inżynierskich. Do podstawowych produktów firmy należą gazy przemysłowe i atmosferyczne (tlen, azot, argon i inne gazy szlachetne). Linde PLC projektuje i buduje również urządzenia do produkcji gazów technicznych do użytku wewnętrznego. Obsługuje różne rynki końcowe, w tym chemiczny i rafineryjny, żywności i napojów, elektroniczny, opieki zdrowotnej, produkcyjny i metali szlachetnych.



**McPhy** – francuskie przedsiębiorstwo założone w 2007 roku w La Motte-Fanjas. Specjalizuje się w projektowaniu, produkcji i integracji wysokociśnieniowych elektrolizerów alkalicznych

---

<sup>60</sup> Strona internetowa Engie, [Developing a 100 MW hydrogen production hub in Sines](#). Dostęp 11.04.2022.

---

i stacji wodorowych. Firma posiada bogate doświadczenie w zakresie inżynierii projektowej i zarządzania projektami.



**NEL ASA** – norweska firma założona w 1998 roku w Oslo, specjalizująca się w produkcji wodoru, dostarczająca rozwiązania w zakresie produkcji, magazynowania i dystrybucji wodoru z energii odnawialnej. Rozwiązania wodorowe obejmują cały łańcuch wartości, od technologii produkcji wodoru po stacje jego tankowania, umożliwiając przemysłowi przejście na ekologiczny wodór i zapewniając wszystkim pojazdom elektrycznym napędzanym ogniwami paliwowymi możliwość szybkiego tankowania i duży zasięg.



**Plug Power** – amerykańskie przedsiębiorstwo założone w 1997 roku w Spokane, które buduje gospodarkę wodorową jako przodujący dostawca kompleksowych rozwiązań pod klucz w zakresie wodorowych ogniw paliwowych (HFC). Innowacyjna technologia firmy Plug Power zasila silniki elektryczne wodorowymi ogniwami paliwowymi w przemyśle energetycznym i transportowym, mając na celu przeciwdziałanie zmianom klimatycznym i zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego. Firma wdrożyła ponad 50 000 systemów ogniw paliwowych dla e-mobilności<sup>61</sup>.



**PowerCell Sweden AB** – szwedzka firma założona w 2008 roku w Göteborgu, oferuje bezemisyjne systemy zasilania oparte na innowacyjnej technologii ogniw paliwowych i reformerów. Opracowuje i produkuje systemy ogniw paliwowych o wysokiej gęstości mocy, przeznaczone do zastosowań stacjonarnych, morskich, terenowych i drogowych. Produkty firmy PowerCell są zasilane czystym wodorem i wytwarzają energię elektryczną oraz ciepłą bez emisji zanieczyszczeń.



**SFC Energy AG** – firma założona w 2000 roku w niemieckim Brunthal. Jest dostawcą ogniw paliwowych na wodór oraz na metanol do stacjonarnych i mobilnych rozwiązań energetycznych. Firma dystrybuuje swoje produkty na całym świecie i sprzedała do tej pory ponad 55 000 ogniw paliwowych.



**Siemens Energy AG** – firma energetyczna powstała w 2020 roku w Monachium w wyniku wydzielenia dawnego działu Gas and Power niemieckiej grupy Siemens. Firma obejmuje niemal cały łańcuch wartości w energetyce - od wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej po jej magazynowanie. Portfolio produktów firmy obejmuje technologie z zakresu energetyki konwencjonalnej i odnawialnej, takie jak turbiny gazowe i parowe, elektrownie hybrydowe zasilane wodorem, a także generatory i transformatory. Firmy Siemens Energy i Air Liquide podpisały protokół ustaleń, którego celem jest połączenie ich doświadczeń w zakresie technologii elektrolizy PEM (z ang. *Proton Exchange Membrane*). Zamierzają one skoncentrować swoje działania na następujących kluczowych obszarach: współtworzenie dużych przemysłowych projektów wodorowych we współpracy z klientami, stworzenie podstaw dla masowej produkcji elektrolizerów w Europie, zwłaszcza

---

<sup>61</sup> Strona internetowa Plug Power, [About Plug Power](#). Dostęp 01.04.2022.

---

w Niemczech i Francji, oraz działania badawczo-rozwojowe w celu wspólnego opracowania technologii elektrolizerów nowej generacji<sup>62</sup>.



**Toshiba Energy Systems and Solutions Corporation** – korporacja wydzielona w 2017 roku z japońskiego giganta technologicznego Toshiba Corporation, założonego w 1939 roku w Tokio. Zakres działalności korporacji obejmuje wielkoskalowe systemy wytwarzania energii elektrycznej dla energetyki jądrowej i ciepłej oraz systemy wytwarzania energii odnawialnej dla energetyki wodnej, geotermalnej, słonecznej i wiatrowej. Działalność powiązana obejmuje systemy przesyłu i dystrybucji energii, które dostarczają energię elektryczną bezpośrednio do użytkowników końcowych, wirtualne elektrownie (VPP) do efektywnego wykorzystania rozproszonych źródeł energii oraz systemy zielonej energii wodorowej, które wykorzystują energię odnawialną.



**Uniper SE** – firma energetyczna założona w 2016 roku w niemieckim Düsseldorfie, która wytwarza, sprzedaje i wprowadza na rynek energię na dużą skalę. Zajmuje się również pozyskiwaniem, magazynowaniem, transportem i dostawą towarów, takich jak gaz ziemny, LNG i węgiel, a także produktów związanych z energią.

## 2.6. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej

W rozdziałach 2.6.1-2.6.3 przedstawiona została analiza globalnego otoczenia prawnego, wstęp metodologiczny do analizy otoczenia patentowego oraz sama analiza otoczenia patentowego.

### 2.6.1. Analiza otoczenia prawnego

Nie istnieją aktualnie spójne i szeroko stosowane międzynarodowe regulacje wprost odnoszące się do technologii wodorowych. Można jednak wyróżnić inicjatywy odnoszące się do tego zagadnienia. Rozwój regulacji dotyczących technologii wodorowych jest związany z regulacjami dotyczącymi ochrony klimatu. Omawiając kwestie dotyczące technologii wodorowych należy zwrócić uwagę na Ramową Konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu sporządzoną w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r.<sup>63</sup> (dalej: RK). Dokument ten określa założenia międzynarodowej współpracy dotyczącej ograniczenia emisji gazów cieplarnianych odpowiedzialnych za zjawisko globalnego ocieplenia. W 1997 r. RK została uzupełniona o Protokół

---

<sup>62</sup> Strona internetowa Siemens Energy, [Siemens Energy and Air Liquide develop large scale electrolyzer partnership](#). Dostęp 30.03.2022.

<sup>63</sup> Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r. (Dz. U. z 1996 r. Nr 53, poz. 238).

---

z Kioto<sup>64</sup>. Na mocy postanowień Protokołu z Kioto kraje, które zdecydowały się na jego ratyfikację, zobowiązały się do redukcji do 2012 r. własnych emisji gazów powodujących efekt cieplarniany o wynegocjowane wartości zestawione w załączniku do traktatu. W 2015 r. przyjęto porozumienie paryskie do Ramowej konwencji<sup>65</sup>, którego celem jest:

- ograniczenie wzrostu średniej temperatury globalnej do poziomu znacznie niższego niż 2°C powyżej poziomu przedindustrialnego, oraz
- podejmowanie wysiłków mających na celu ograniczenie wzrostu temperatury do 1,5°C powyżej poziomu przedindustrialnego.

Porozumienie to uznaje, że osiągnięcie tych celów znacząco zmniejszy ryzyka związane ze zmianami klimatu i ich skutki.

Dnia 25 września 2015 r. wszystkie kraje należące do ONZ przyjęły rezolucję Zgromadzenia Ogólnego ONZ „Przekształćmy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030”<sup>66</sup>. Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 określa 17 celów zrównoważonego rozwoju, które mają zostać osiągnięte przez świat do 2030 r. Są wśród nich m.in.: czysta woda i urządzenia sanitarne, przystępna i czysta energia, przemysł, innowacje oraz infrastruktura, zrównoważone miasta i społeczności, odpowiedzialna konsumpcja i produkcja oraz działania dotyczące klimatu. Wszystkie te cele wiążą się z wykorzystaniem technologii wodorowych. Działający przy Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej, Komitet Techniczny ISO/TC 197 zajmujący się kwestiami technologii wodorowych, opracował 32 międzynarodowe standardy dążące do osiągnięcia tych celów<sup>67</sup>.

Pierwszym krajem, który ustanowił wodór częścią swojej narodowej strategii energetycznej były Stany Zjednoczone. Już w 1990 r. rząd USA opublikował ustawę o badaniach, rozwoju i demonstracji wodoru, w której sformułował 5-letni plan badań i rozwoju w zakresie energetyki wodorowej<sup>68</sup>. Kolejne kraje, w których opracowano strategię wodorowe to m.in. Japonia, Korea

---

<sup>64</sup> Protokół z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, z dnia 11 grudnia 1997 r., Dz.U. 2005 Nr 203, poz. 1684.

<sup>65</sup> Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku 19.05.1992 r., przyjęte w Paryżu w dniu 12.12.2015 r., Dz.U. z 2017 r., poz. 36.

<sup>66</sup> Rezolucja Zgromadzenia Ogólnego A/RES/70/1: Agenda na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030, <https://www.un.org.pl/agenda-2030-rezolucja>. Dostęp 22.04.2022.

<sup>67</sup> Strona internetowa ISO, [ISO/TC 197 Hydrogen technologies](#). Dostęp 4.05.2022.

<sup>68</sup> Raport [Fueling the Future of Mobility Hydrogen and fuel cell solutions for transportation, vol. 1](#), s. 12. Dostęp 23.05.2022.

---

Południowa oraz Australia<sup>69</sup>. W 2017 r. Ministerstwo Ekonomii, Handlu i Przemysłu Japonii opublikowało *podstawową strategię wodorową* (z ang. *Basic Hydrogen Strategy*)<sup>70</sup>. W strategii tej wskazano m. in., że Japonia będzie promować swoje technologie wodorowe za granicą, aby przewodź globalnej redukcji emisji dwutlenku węgla<sup>71</sup>. W styczniu 2019 r. rząd Korei Południowej przyjął *Wodorowy Plan Ekonomiczny* (z ang. *Hydrogen Economy Roadmap*) promujący rozwój i używanie energii wodorowej. W dniu 4 lutego 2020 r. rząd Korei Południowej ogłosił *ustawę o promocji gospodarki wodorowej i zarządzaniu bezpieczeństwem wodorowym* (weszła w życie z dniem 5.02.2021 r.), której celem jest stworzenie ram prawnych dla realizacji *Wodorowego Planu Ekonomicznego*<sup>72</sup>. Z kolei 22 listopada 2019 r. rada rządów australijskich opublikowała *Narodową Strategię Wodorową Australii*<sup>73</sup>. Jednym z celów tej strategii jest przyspieszenie komercjalizacji wodoru oraz zwiększenie możliwości produkcyjnych.

Podstawowymi międzynarodowymi aktami prawnymi dotyczącymi ochrony prawa własności przemysłowej i intelektualnej jest Konwencja paryska o ochronie własności przemysłowej<sup>74</sup> oraz Porozumienie w sprawie Handlowych Aspektów Praw Własności Intelektualnej (TRIPS)<sup>75</sup>, które dają wytyczne do ochrony własności przemysłowej i intelektualnej. Międzynarodowa ochrona patentowa regulowana jest przez Układ o współpracy patentowej (PCT)<sup>76</sup>, dzięki któremu dokonując jednego międzynarodowego zgłoszenia patentowego w ramach PCT zgłaszający mogą jednocześnie ubiegać się o ochronę wynalazku w ponad 150 krajach. Międzynarodowa ochrona znaków towarowych możliwa jest na podstawie madryckiego systemu ochrony znaków

---

<sup>69</sup> [National Hydrogen Strategies. An update on recent progress in the hydrogen markets.](#) Dostęp 23.05.2022.

<sup>70</sup> Strona internetowa Ministerstwa Ekonomii, Handlu i Przemysłu Japonii, [Podstawowa strategia wodorowa Ministerstwa Ekonomii, Handlu i Przemysłu Japonii](#). Dostęp 27.04.2022

<sup>71</sup> Raport [Facing the Future of Hydrogen: An International Guide](#), s. 114 i n. Dostęp 24.05.2022

<sup>72</sup> Ibidem.

<sup>73</sup> [Australia's National Hydrogen Strategy](#). Dostęp 27.04.2022.

<sup>74</sup> Konwencja paryska o ochronie własności przemysłowej z dnia 20 marca 1883 r. zmieniona w Brukseli dnia 14 grudnia 1900 r., w Waszyngtonie dnia 2 czerwca 1911 r., w Hadze dnia 6 listopada 1925 r., w Londynie dnia 2 czerwca 1934 r., w Lizbonie dnia 31 października 1958 r. i w Sztokholmie dnia 14 lipca 1967 r. - Akt sztokholmski z dnia 14 lipca 1967 r. (Dz. U. z 1975 r. Nr 9, poz. 51).

<sup>75</sup> Porozumienie w sprawie Handlowych Aspektów Praw Własności Intelektualnej z dnia 22 grudnia 1994 r. (ang. Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights, TRIPS) – załącznik do porozumienia w sprawie utworzenia Światowej Organizacji Handlu (WTO) (Dz. Urz. UE. L Nr 336, str. 214).

<sup>76</sup> Układ o współpracy patentowej sporządzony w Waszyngtonie dnia 19 czerwca 1970 r., poprawiony dnia 2 października 1979 r. i zmieniony dnia 3 lutego 1984 r. (Dz.U.1991.70.303).

---

towarowych<sup>77</sup>, dzięki któremu na podstawie jednego zgłoszenia można ubiegać się o uzyskanie ochrony w 193 krajach. Natomiast haski system międzynarodowej rejestracji wzorów przemysłowych<sup>78</sup> zapewnia praktyczne rozwiązanie umożliwiające rejestrację wzorów w 92 krajach poprzez dokonanie jednego zgłoszenia międzynarodowego. Przed skorzystaniem z procedur międzynarodowych konieczne jest dokonanie krajowego lub regionalnego zgłoszenia praw własności przemysłowej.

## **2.6.2. Wprowadzenie metodologiczne do analizy otoczenia patentowego**

Podstawą analizy otoczenia patentowego jest przegląd dostępnych baz patentowych. Działanie to wymaga uprzedniego sklasyfikowania przedmiotu badania (na podstawie wybranej klasyfikacji patentowej) i doboru słów kluczowych dotyczących analizowanego tematu. W niniejszej analizie źródłem prezentowanych danych jest badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation<sup>79</sup>. Dodać należy, że zgłoszenia patentowe publikowane są po 18 miesiącach od daty pierwszeństwa do uzyskania patentu – do tego czasu są tajne, o ile zgłaszający nie złoży wniosku o wcześniejszą publikację (co ma miejsce w nielicznych przypadkach). W związku z tym publikacje zgłoszeń patentowych np. w roku 2020 dotyczą zgłoszeń dokonanych w latach 2018 i 2019 (a zatem wynalazków dokonanych najpóźniej w tych latach).

## **2.6.3. Analiza otoczenia patentowego**

W urzędach patentowych na całym świecie można zaobserwować ogólny wzrost liczby zgłoszeń z zakresu technologii wodorowych. Rysunek 11 prezentuje liczbę publikacji nowych rodzin patentowych (w skład jednej rodziny patentowej może wchodzić kilka dokumentów patentowych (zgłoszeń patentowych lub patentów), z jednego lub więcej krajów, dotyczących tego samego wynalazku) opublikowanych na świecie w latach 2002-2021, które dotyczyły szeroko pojętych aspektów technologii wodorowych – jako zbiorcze zestawienie wszystkich dokumentów z czterech scenariuszy rozwoju szczegółowych omówionych w dalszej części dokumentu. Zidentyfikowano 96 987 dokumentów należących do 51 929 rodzin patentowych.

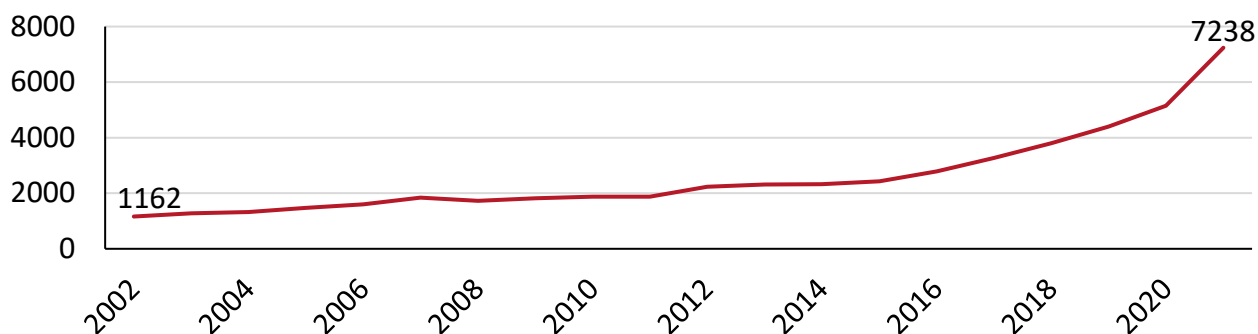
---

<sup>77</sup> Porozumienie madryckie o międzynarodowej rejestracji znaków. 1891.04.14. (Dz.U.1993.116.514) oraz Protokół do Porozumienia madryckiego o międzynarodowej rejestracji znaków. Madryt dnia 27 czerwca 1989 (Dz.U.2003.13.129).

<sup>78</sup> Akt genewski Porozumienia haskiego w sprawie międzynarodowej rejestracji wzorów przemysłowych. Genewa.1999.07.02. (Dz.U.2009.198.1522 z dnia 2009.11.26).

<sup>79</sup> Strona internetowa Clarivate, [Derwent Innovation](#). Dostęp 25.04.2022.

Rysunek 11. Roczna liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych na świecie dotyczących technologii wodorowych (2002-2021)



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Widoczny jest dynamiczny przyrost liczby publikacji patentowych, zwłaszcza w ciągu ostatnich 3 lat. Ochroną objęte są przede wszystkim rozwiązania w zakresie ogniw paliwowych (podgrupa Y02E60/50 wg klasyfikacji patentowej CPC), produkcji wodoru (podgrupa Y02E60/36 wg klasyfikacji patentowej CPC) oraz magazynowania wodoru (podgrupa Y02E60/32 wg klasyfikacji patentowej CPC).

W niniejszym badaniu skupiono się dokładnie na czterech wybranych obszarach powiązanych ze wskazanymi w dalszej części ekspertyzy BTR scenariuszami rozwoju. Obszary te to: produkcja wodoru, magazynowanie wodoru, przesył i dystrybucja wodoru oraz zastosowanie wodoru w różnych aplikacjach. Zostały one wskazane jako szczególnie interesujące dla polskich podmiotów ze względu na posiadane kompetencje, doświadczenie i możliwości techniczne do ich realizacji. Biorąc pod uwagę publikacje dokumentów patentowych, wskazanie akurat na te cztery obszary należy uznać za słuszne, gdyż widoczna jest w nich duża dynamika wzrostu.

W każdym z tych obszarów opublikowano na świecie w ostatnim roku tysiące dokumentów patentowych (zgłoszeń patentowych i patentów):

- Produkcja wodoru – ponad 41 000 dokumentów patentowych.
- Magazynowanie wodoru – ponad 23 000 dokumentów patentowych.
- Przesył i dystrybucja wodoru – około 2 000 dokumentów patentowych.
- Zastosowanie wodoru - ponad 29 000 dokumentów patentowych.

Podobnie jak w wielu innych dziedzinach, wiodącą rolę pod względem ilości zgłoszeń patentowych dokonanych w ciągu ostatnich trzech lat pełnią podmioty z Chin, przede wszystkim chińskie przedsiębiorstwa (udział uczelni naukowych jest mniejszy niż w innych dziedzinach). Podmioty te dokonują zgłoszeń patentowych głównie w chińskim urzędzie patentowym, który obecnie publikuje kilkakrotnie więcej dokumentów od każdego z pozostałych urzędów własności intelektualnej w jakimkolwiek państwie na świecie. Chińskie dokumenty patentowe stanowią zatem obecnie istotne źródło informacji o najnowszych rozwiązaniach ze stanu techniki. Bazy



informacji patentowych (choćby ogólnodostępne bazy Espacenet czy Google Patents) pozwalają już na dostęp do tłumaczeń maszynowych tych dokumentów na język angielski.

Poniżej przedstawiono wyniki analiz przeprowadzonych dla wybranych obszarów badania technologii wodorowych.



### Obszar 1 Produkcja wodoru

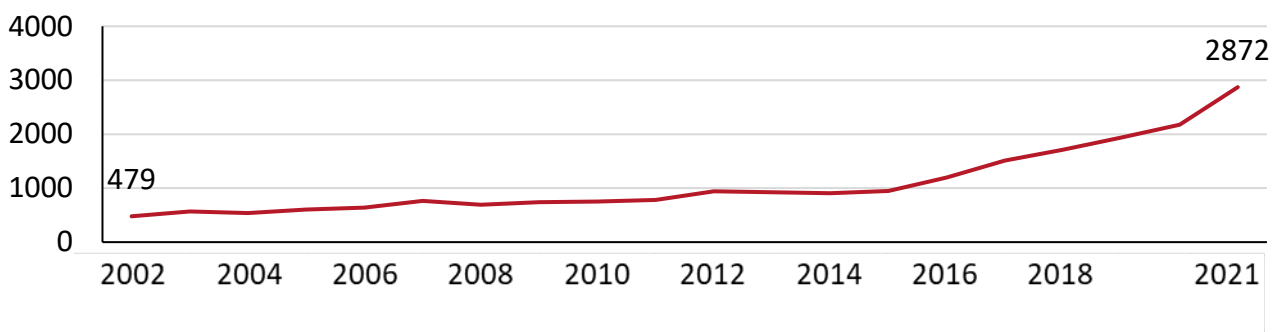
W ramach obszaru 1 wyselekcjonowano dokumenty patentowe (zgłoszenia patentowe i patenty), których skróty zawierały słowa lub frazy: *electrolysis* (PEM, ALK, SOE); *steam methan reforming*; *carbon capture storage*; *coal gassification*; *methan pyrolysis*; *plasma reforming*; *biomass* (*fermentation, gasification, pyrolysis*) oraz dokumenty z grupy patentowej C01B2203 Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (zintegrowane procesy wytwarzania wodoru lub gazu syntezowego) – wszystkie w powiązaniu z wodorem.

Zbadano dokumenty opublikowane w latach 2002-2021 (wcześniejsze nie mają istotnego znaczenia, gdyż ochrona ich już wygasła). W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 41 532 dokumentów należących do 21 694 rodzin patentowych.

Liczbę publikacji nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach prezentuje Rysunek 12.

**Rysunek 12. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie produkcji wodoru (2002-2021)**

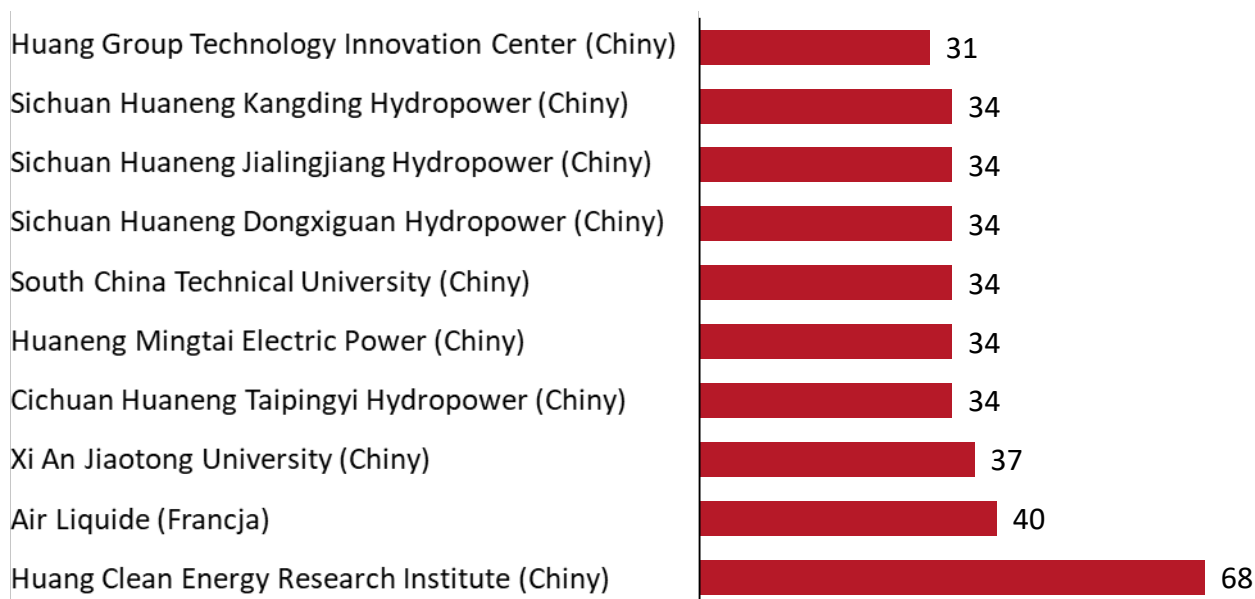


Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Z powyższego rysunku wynika, że badana dziedzina rozwija się dynamicznie.

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 5 309 publikacji rodzin patentowych. Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych prezentuje Rysunek 13. W tym obszarze widoczny jest brak podmiotów dominujących - najbardziej aktywny podmiot posiada około 1% wszystkich publikacji, przy czym najbardziej aktywne są podmioty z Chin.

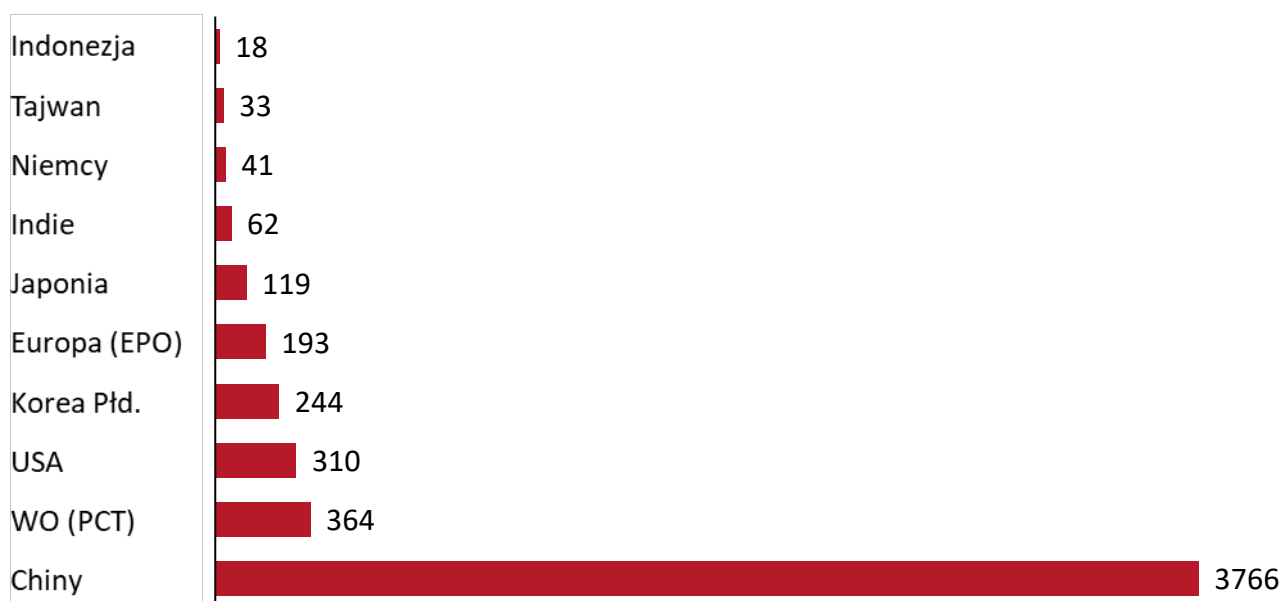
Rysunek 13. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie produkcji wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Liczbę zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat, w podziale na kraje, regiony lub zrzeszenia prezentuje Rysunek 14.

Rysunek 14. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie produkcji wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation



## Obszar 2

### Magazynowanie wodoru

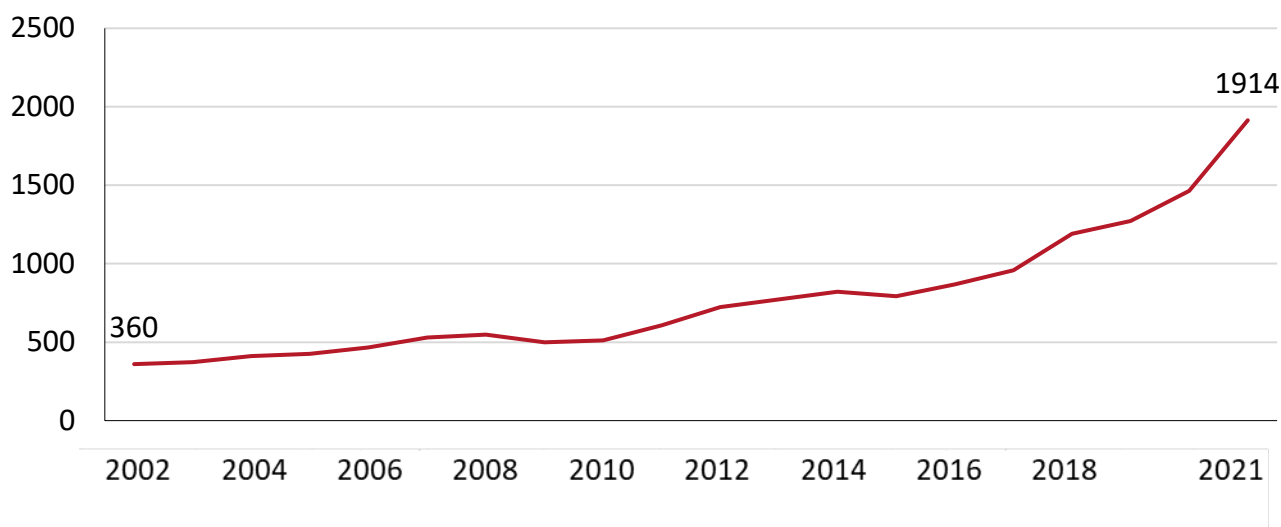
W ramach obszaru 2 wyselekcjonowano dokumenty patentowe (zgłoszenia patentowe i patenty), których skrót dotyczył haseł: *compressed hydrogen; liquid hydrogen; cry-compressed hydrogen; chemical storage (sorbent, metal hydrides, chemical hydrides); salt caverns for Hydrogen*.

Zbadano dokumenty opublikowane w latach 2002-2021 (wcześniejsze nie mają istotnego znaczenia, gdyż ochrona ich już wygasła). W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 23 409 dokumentów należących do 15 421 rodzin patentowych.

Liczbę opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach prezentuje Rysunek 15, na podstawie którego można stwierdzić dynamiczny wzrost publikacji.

**Rysunek 15. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie magazynowania wodoru (2002-2021)**

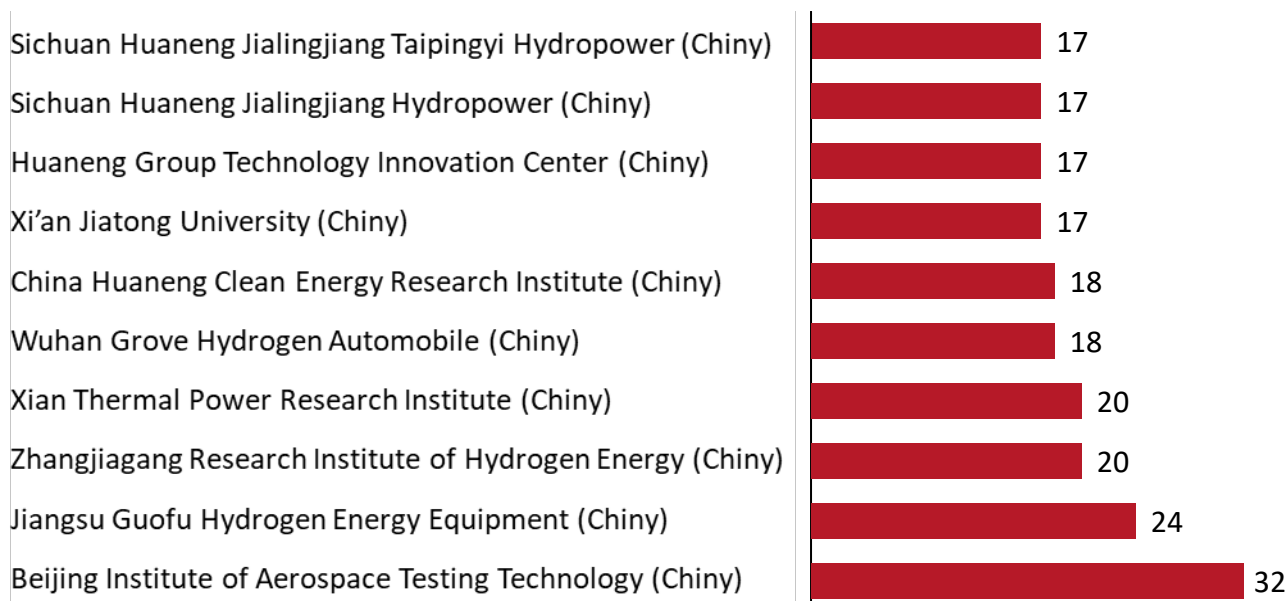


Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 3 645 publikacji rodzin patentowych.

Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych prezentuje Rysunek 16. W tym obszarze widoczny jest brak podmiotów dominujących - najbardziej aktywny podmiot posiada mniej niż 1% wszystkich publikacji, przy czym najbardziej aktywne są podmioty z Chin.

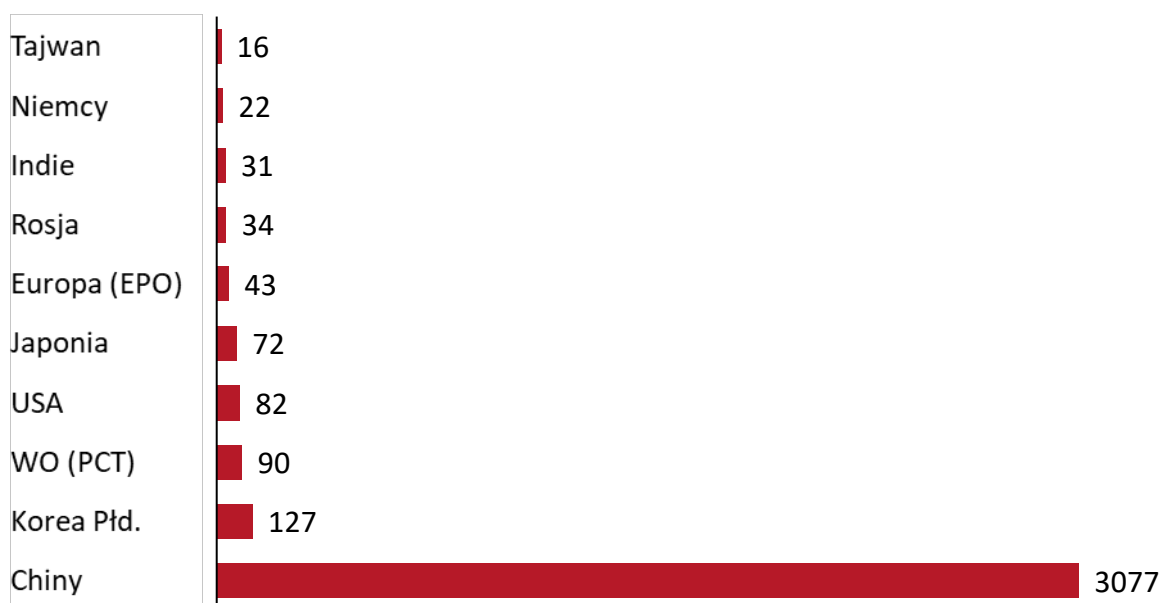
Rysunek 16. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie magazynowania wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Liczbę zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat, w podziale na kraje, regiony lub zrzeszenia prezentuje Rysunek 17.

Rysunek 17. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie magazynowania wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation



### Obszar 3

#### Przesył i dystrybucja wodoru

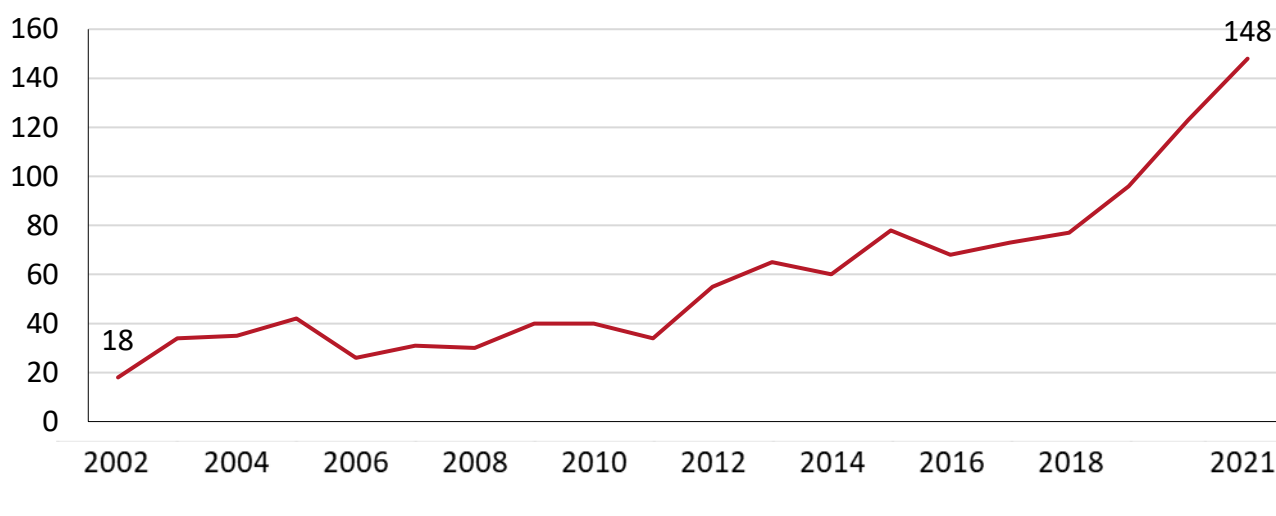
W ramach obszaru 3 wyselekcjonowano dokumenty patentowe (zgłoszenia patentowe i patenty), których skrót dotyczy tematów: *hydrogen transfer, hydrogen distribution; hydrogen transfer by pipeline; hydrogen transfer by trucks (trailers); hydrogen transfer by ammonnia; transfer by LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier); HRS - Hydrogen refuelling station.*

Zbadano dokumenty opublikowane w latach 2002-2021 (wcześniejsze nie mają istotnego znaczenia, gdyż ochrona ich już wygasła). W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 1 984 dokumentów należących do 1 173 rodzin patentowych.

Liczbę opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach prezentuje Rysunek 18, na podstawie którego można stwierdzić szybki przyrost publikacji.

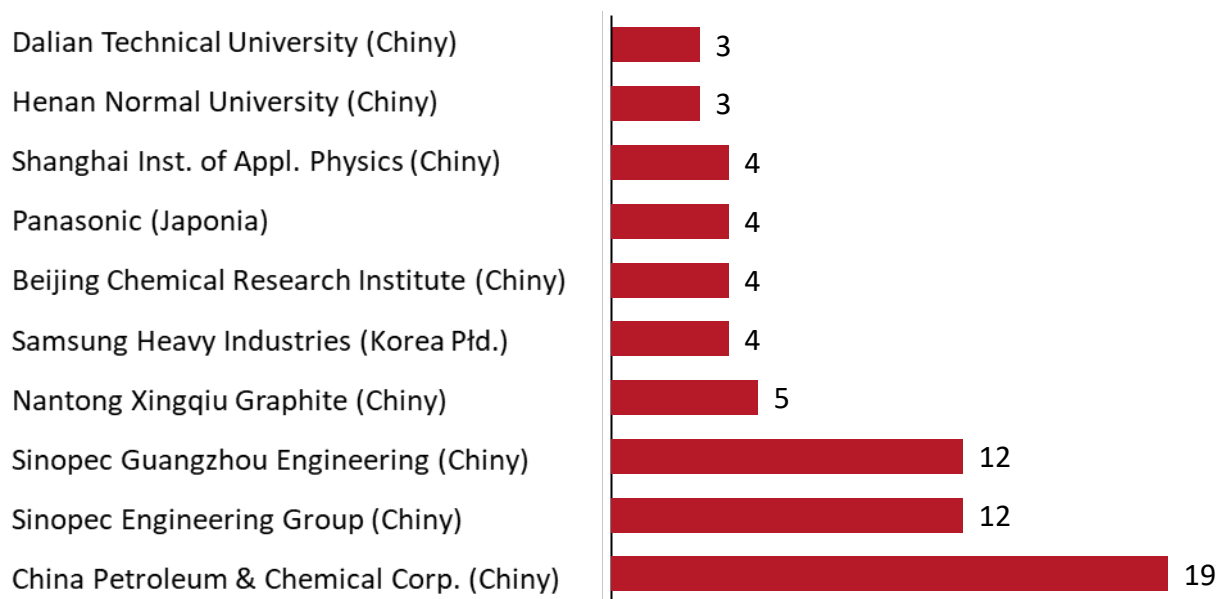
**Rysunek 18. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru (2002-2021)**



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 343 publikacji rodzin patentowych. Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych przedstawia Rysunek 19.

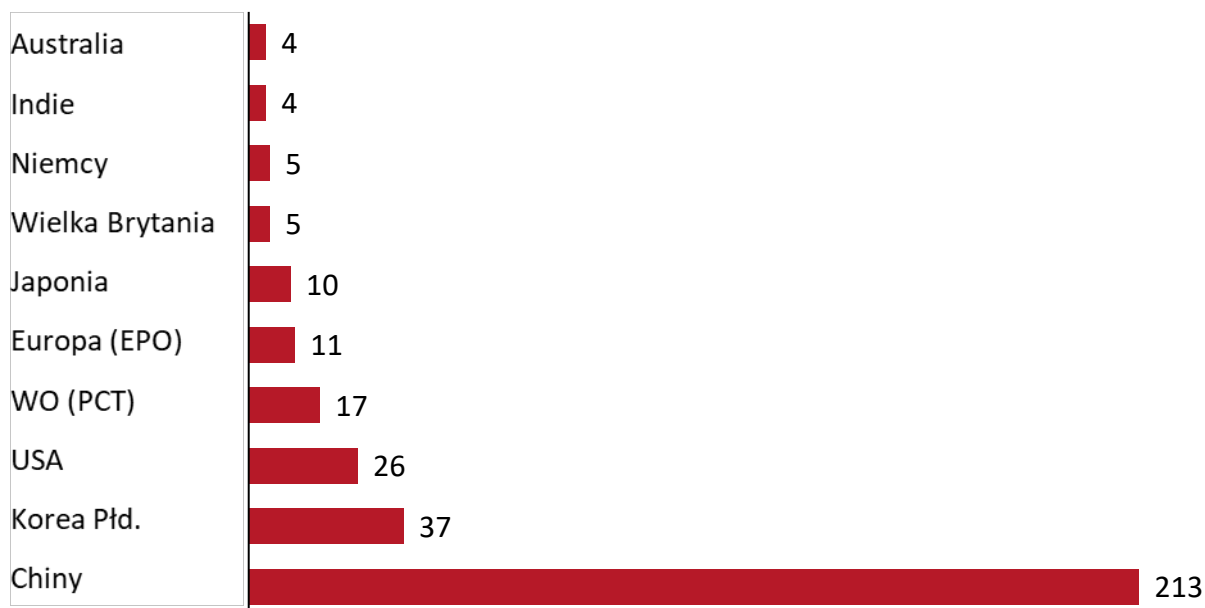
Rysunek 19. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Liczbę zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat, w podziale na kraje, regiony lub zrzeszenia prezentuje Rysunek 20.

Rysunek 20. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation



#### Obszar 4

#### Zastosowanie wodoru

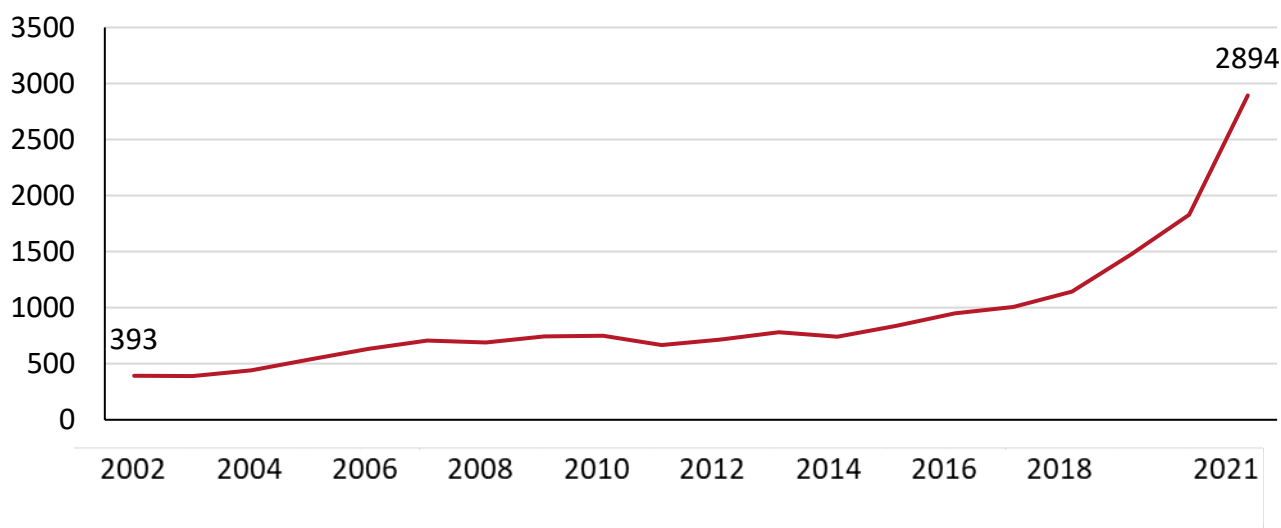
W ramach obszaru 4 wyselekcjonowano dokumenty patentowe (zgłoszenia patentowe i patenty), których skrót dotyczy haseł: *Fuell cell (PEM/Proton Exchange Membrane, ALK/Alkaine Fuell Cell, SOFC/Solid Oxide Fuel Cell); CHP - Combined Heat and Power; Hydrogen mobility/vehicle; Power to gas; Power to ammonnia; Power to Liquids.*

Zbadano dokumenty opublikowane w latach 2002-2021 (wcześniejsze nie mają istotnego znaczenia, gdyż ochrona ich już wygasła). W ramach zadania dokonano przeglądu dokumentów patentowych z całego świata.

Zidentyfikowano 29 937 dokumentów należących do 18 324 rodzin patentowych.

Liczbę opublikowanych nowych rodzin patentowych w poszczególnych latach i dynamiczny przyrost publikacji prezentuje Rysunek 21.

**Rysunek 21. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie zastosowania wodoru (2002-2021)**

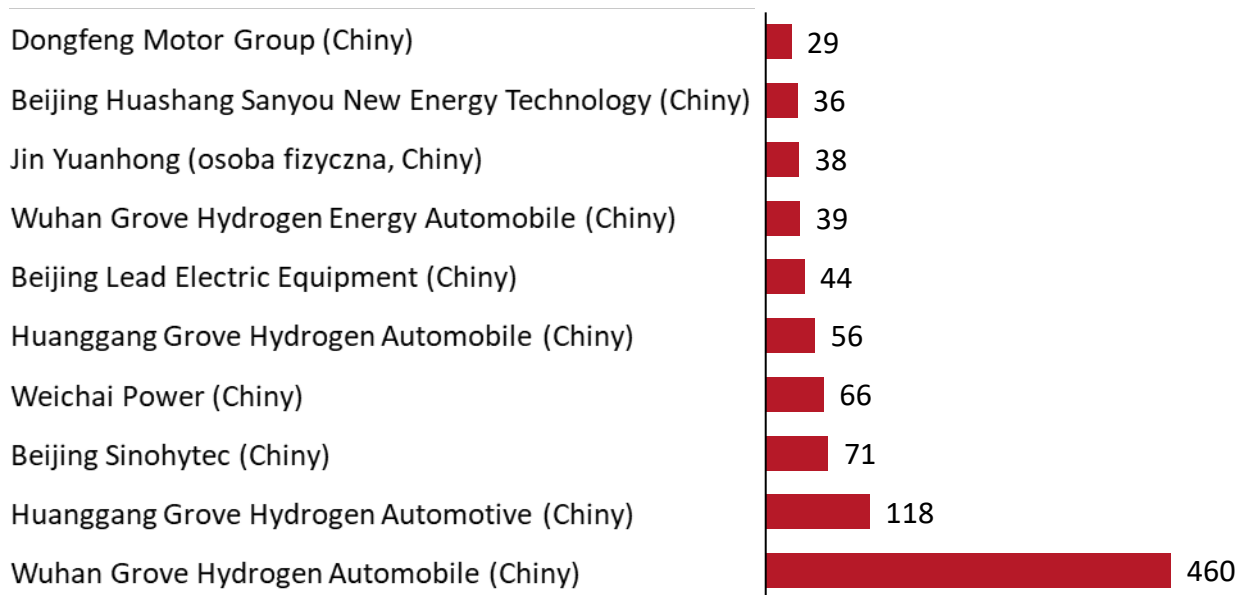


Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Aby oszacować aktualne trendy w tej dziedzinie, przeanalizowano zgłoszenia patentowe dokonane i opublikowane w ciągu ostatnich 3 lat – grupa 5 275 publikacji rodzin patentowych.

Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych przedstawia Rysunek 22.

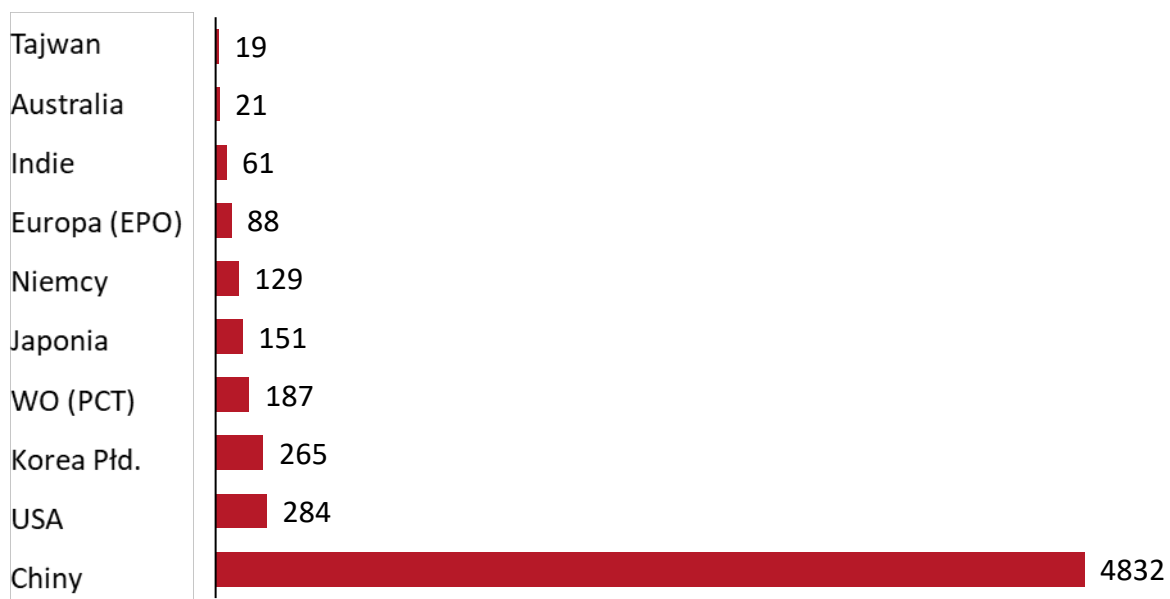
Rysunek 22. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie wykorzystania wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation

Liczbę zgłoszeń patentowych dokonanych i opublikowanych w ciągu ostatnich 3 lat, w podziale na kraje, regiony lub zrzeszenia przedstawia Rysunek 23.

Rysunek 23. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie wykorzystania wodoru



Źródło: badanie własne na podstawie danych z bazy Derwent Innovation



---

Podsumowując należy stwierdzić, że analiza otoczenia patentowego w dziedzinie technologii wodorowych wskazuje na dynamiczny przyrost ilości wynalazków w tej dziedzinie.

W ciągu ostatnich trzech lat większość zgłoszeń patentowych na świecie w dziedzinie technologii wodorowych dokonywana jest przez podmioty z Chin, głównie do chińskiego urzędu patentowego. Niemniej systematycznie rośnie również liczba zgłoszeń patentowych dokonywanych przez podmioty chińskie w innych krajach.

Badanie otoczenia patentowego potwierdza, że proponowane scenariusze rozwoju dotyczą obszarów innowacyjnych, w których obecnie prowadzone są na świecie intensywne działania badawczo-rozwojowe, co ma przełożenie na szybki przyrost ilości rozwiązań zgłaszanych do ochrony patentowej. W związku z tym podjęcie przez polskie podmioty działań w tych obszarach może zaowocować opracowaniem nowych rozwiązań, na które istnieje duże zapotrzebowanie na rynku i które mogą być konkurencyjne dla rozwiązań już istniejących.

## 2.7. Analiza trendów rozwojowych

Do najważniejszych trendów rozwojowych na świecie w obszarze technologii wodorowych należą:

### Trendy w zakresie produkcji wodoru

**Ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> w procesach produkcji wodoru szarego.** Wraz z postępującą presją dekarbonizacyjną wynikającą z systemu EU ETS oraz zaostrzającymi się rygorami regulacyjnymi polityki klimatycznej UE, metody produkcji wodoru bazujące na przerobieniu paliw kopalnych będą coraz mniej opłacalne (a w skrajnym przypadku niezgodne z wewnętrznymi wytycznymi Komisji Europejskiej). Dla wydłużenia stosowania metod bazujących na paliwach kopalnych wykorzystywane mogą być technologie wyłapywania CO<sub>2</sub> pochodzącego z procesów produkcji wodoru, czyli systemy CCS/CCSU. Obecnie technologie sekwestracji, magazynowania i wykorzystywania CO<sub>2</sub> są najintensywniej rozwijane w USA, Azji oraz Europie, jednak zbyt mała liczba aplikacji komercyjnych nie pozwala ocenić standardowej charakterystyki tej technologii. Według wybranych źródeł branżowych technologie CCS mogą ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> w procesach produkcyjnych nawet o 90%, jednak sprawność ta będzie wymagała weryfikacji w instalacjach wykorzystywanych na szeroką skalę. Kwestia rozwoju technologii CCS jest przedmiotem wybranych regulacji UE, m.in. „Komunikatu Komisji Europejskiej w zakresie zrównoważonego obiegu CO<sub>2</sub>”<sup>80</sup> oraz „Wytycznych w sprawie pomocy państwa na ochronę klimatu i środowiska oraz cele związane z energią” z 2022 r. Finansowanie rozwoju technologii CCS ma być alokowane w ramach działania Funduszu Innowacyjnego.

---

<sup>80</sup> Communication from the commission to the european parliament and the council sustainable carbon cycles, COM (2021) 800 final.

---

**Zmiana paliw na mniej emisyjne** jest kolejnym z trendów rozwojowych w zakresie procesów reformingu oraz gazyfikacji. Trend ten oznacza przejście z użycia paliw kopalnych, głównie gazu ziemnego, na wykorzystanie biogazu i biometanu, które po oczyszczeniu charakteryzują się zbliżonym składem oraz właściwościami energetycznymi do błękitnego paliwa.

**Dążenie do stosowania rozwiązań alternatywnych dla emisyjnych nośników energii**, jakimi są paliwa kopalne. Jest to trend szczególnie istotny w odniesieniu do globalnego rynku elektrolizy (która, jeżeli zasilana energią z OZE, jest najpowszechniejszą zeroemisyjną metodą produkcji wodoru na świecie) i jest silnie promowany przez Unię Europejską, co wynika z prowadzonej polityki klimatycznej regionu. Duże projekty w zakresie zielonego wodoru można także zidentyfikować wśród podmiotów z Bliskiego Wschodu czy Azji, które chcą w ten sposób dostosować swoją ofertę produktową do wymagań odbiorców europejskich. Na rynku unijnym projekty w zakresie produkcji zielonego wodoru dominują w sektorach, w których następuje substytucja emisyjnych nośników energii w procesach technologicznych, np. zastąpienie gazu ziemnego wodorem w procesach metalurgicznych, a także w takich sektorach, które są trudne do elektryfikacji - np. sektor chemiczny. W większości opisywanych aplikacji komercyjnych zielony wodór pełni rolę reduktora emisji, przez co producenci mogą zmniejszyć swoją ekspozycję na koszty systemu EU ETS oraz oferować bardziej zrównoważone produkty końcowe. Oprócz przemysłu, zielony wodór pojawia się także w transporcie jako substytut paliw ropopochodnych, a również w wybranych aplikacjach w energetyce jako paliwo do częściowego zasilania elektrowni kogeneracyjnych. Rosnącą popularność zyskują także instalacje elektrolizy zasilane morskimi farmami wiatrowymi. Na rynku europejskim widoczna jest duża aktywność inwestorów w zakresie pozyskiwania funduszy unijnych na projekty w zakresie zielonego wodoru, w tym finansowanie zakupu elektrolizerów i infrastruktury towarzyszącej. Spośród wykorzystywanych programów wsparcia należy wskazać m.in. Fundusz Innowacyjny, IPCEI, CEF, Horizon czy Recovery and Resilience Facility.

### Trendy w zakresie magazynowania wodoru

**Dążenie producentów do gromadzenia jak największej ilości wodoru, w jak najmniejszej kubaturze zbiornika.** Jest to trend związany z naziemnym magazynowaniem wodoru (w formie sprężonej lub skroplonej), jak również z optymalizacją procesów magazynowania, głównie z uwzględnieniem nowych materiałów, co w konsekwencji ma pozwolić na mniejsze straty energii pierwotnej oraz lepsze radzenie sobie z trudnymi właściwościami fizykochemicznymi wodoru. W przypadku zbiorników na wodór sprężony prowadzone badania mają na celu zwiększenie ciśnień roboczych zbiorników (obecnie do ok. 1 000 bar), co pozwala na przechowywanie większej ilości wodoru w przeliczeniu na m<sup>3</sup>. Zaawansowane zbiorniki ciśnieniowe budowane są z materiałów kompozytowych i epoksydowych, co wskazuje na trend odchodzenia od stosowania stali do produkcji zbiorników. W przypadku zbiorników na wodór skroplony postęp technologiczny następuje w zakresie odzysku chłodu z procesów skraplania i ograniczenia tzw. zjawiska *boil-off* (czyli odparowywania wodoru, podobnie jak w przypadku LNG). W tym celu stosuje się

---

zaawansowane materiały izolacyjne, a także aktywne osłony w zbiornikach czy strefy próżni<sup>81</sup>. W zakresie podziemnego magazynowania wodoru były i w dalszym ciągu prowadzone są analizy w ramach dedykowanych programów unijnych - m.in. projekt HyUnder<sup>82</sup>, projekt HyStories<sup>83</sup>. Projekty te skupiają się głównie na badaniach geologicznych, rozpoznawaniu oddziaływania wodoru na podziemne materiały skalne, a także kwestie mieszania wodoru z innymi gazami w podziemnych strukturach.

Istotnym trendem jest także **zintensyfikowanie prac w zakresie testowania różnych metali i związków niemetalicznych w zakresie największych zdolności magazynowania wodoru z możliwą minimalizacją temperatury i ciśnienia roboczego magazynów**. Spośród najczęściej wykorzystywanych pierwiastków do przeprowadzenia reakcji i związania z wodorem stosuje się m.in. mangan (Mg), cynk (Zn), żelazo (Fe), nikiel (Ni), tytan (Ti) oraz cyrkon (Zr), tworząc zróżnicowane związki o dobrych właściwościach gromadzenia cząsteczek wodoru.

### Trendy w zakresie przesyłu i transportu wodoru

Istotnym trendem rozwojowym jest **intensyfikacja prac w zakresie badań zdolności przesyłu wodoru w rurociągach gazu ziemnego**, w szczególności w zakresie możliwości wtłaczania zróżnicowanych domieszek wodoru na różnych odcinkach sieci gazowniczej (na poziomie UE realizowane głównie przez Marcogaz)<sup>84</sup>.

Kolejnymi trendami są **dążenie do ograniczenia zjawiska *boil-off*, odzysku ciepła (*egzergia*) oraz zmniejszenia energochłonności procesów skraplania i regazyfikacji**. Są to bardzo zbliżone trendy rozwojowe, jak w przypadku sektora LNG. Trudno wskazać czy nastąpi znaczący postęp w zakresie tych wyzwań technologicznych. Wydaje się, że podobnie jak w przypadku LNG, wyzwania związane ze zwiększeniem efektywności energetycznej procesu transportu skroplonego wodoru pozostaną nieopanowane, jednak ich koszt będzie rekompensowany w przypadku rozwiniętego rynku wodoru, gdy transport na dużą skalę i dalekie dystanse będą opłacalne tylko w postaci skroplonej mimo innych trudności technicznych. Alternatywną metodą jest transport dużych wolumenów wodoru w postaci związanej w innych związkach m.in. amoniaku lub metanolu.

Ponadto w sektorze transportu wodoru coraz bardziej zauważalne są **działania w zakresie maksymalizacji efektywności energetycznej procesów uwodorniania i odwodornienia**. W

---

<sup>81</sup> Zhang, J.; Meng, J.; Lv, K.; Wang, X. Development status and trend of hydrogen application in China. *New Mater. Ind.* 2021.

<sup>82</sup> Strona internetowa HyUnder, [Project Overview](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>83</sup> Strona internetowa HyStories, [Hydrogen technologies could be one of the pillars of future European energy and transport systems](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>84</sup> Strona internetowa Marcogaz, [Overview Of Available Test Results And Regulatory Limits For Hydrogen Admission Into Existing Natural Gas Infrastructure And End Use](#). Dostęp 05.05.2022.

---

zakresie technologii LOHC ważnym trendem rozwojowym są **działania dotyczące odzysku ciepła z reakcji wiązania wodoru w cząsteczki organiczne.**

### **Trendy w zakresie zastosowania wodoru**

W obszarze energetyki wśród kluczowych trendów rozwojowych należy wskazać **zwiększenie zdolności nowych turbin gazowych do spalania dużych domieszek wodoru (do 100 %)**. Kluczowe wyzwania w tym obszarze dotyczą m.in. utrzymania parametrów kaloryczności mieszanki wodorowej oraz ograniczenia zjawiska korozji wodorowej.

Godnym uwagi jest także **obserwowany rozwój projektów wodorowych w formule: 1. Power to Hydrogen to Power (PtP), 2. Power to X (PtX) oraz 3. Power to Gas (PtG)**. Polegają one na produkcji zielonego wodoru, czyli wodoru otrzymywanego metodą elektrolizy przy wykorzystaniu energii z OZE. W pierwszym przypadku (PtP), wódór jest rewersyjnie wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej, w drugim (PtX), jest finalnie wykorzystywany jako substrat w produkcji paliw syntetycznych - np. metanolu, który również może być źródłem energii, a w trzecim (PtG), wódór jest mieszany z gazem ziemnym bądź innymi gazami zdekarbonizowanymi. Optymalizacja kosztowa projektów PtP, PtX, PtG jest wysoce zależna od efektywności pracy źródeł OZE i elektrolizerów oraz kosztów produkcji energii elektrycznej, zatem rentowność produkcji zielonego wodoru będzie bezpośrednio zależna od spadku kosztów w sektorze OZE. W konsekwencji ważnym obszarem rozwoju technologicznego będzie poprawa efektywności działania turbin wiatrowych oraz paneli fotowoltaicznych wraz ze spadkiem cen materiałów używanych do ich budowy. Niezbędnym będzie także praca nad zwiększeniem efektywności pracy samych elektrolizerów, aby minimalizować straty energii pierwotnej. Niemniej należy wskazać, że zarówno instalacje OZE, jak i elektrolizery ALK oraz PEM są technologiami w pełni opanowanymi i stosowanymi komercyjnie na dużą skalę.



## 3. Charakterystyka rynku krajowego

### 3.1. Rys historyczny oraz analiza dostępnych produktów i technologii

Historycznie produkcja wodoru (szarego) w Polsce wynikała z komercjalizacji globalnych technologii przez co należy wskazać zbliżony okres popularyzacji poszczególnych metod jego produkcji w naszym kraju. Pierwsze zakłady chemiczne oraz rafineryjne w Polsce były budowane w latach 30' - 60' XX w. i generowały popyt na zwiększoną produkcję wodoru (rafineria płocka należąca obecnie do PKN Orlen oraz zakłady chemiczne w Chorzowie). Wiadomo również, że w Polsce przed II wojną światową budowane były instalacje elektrolizy pracujące na potrzeby zakładów chemicznych<sup>85</sup>. Niemniej należy wskazać, że technologia ta nie rozwinęła się w znaczącym stopniu w naszym kraju i w XX wieku została znacząco zdominowana przez metody oparte o przerób paliw kopalnych pozostające w zastosowaniu do dzisiaj.

Podobnie jak w przypadku historii światowej, naziemne magazynowanie wodoru w Polsce prawdopodobnie zaczęło być stopniowo wykorzystywane wraz z rozwojem kluczowych sektorów w kraju, czyli obiektów produkcji rafineryjnej i chemicznej. Brakuje powszechnie dostępnych danych na temat historycznego wykorzystania magazynowania naziemnego w Polsce. Należy jednak przyjąć, że rynek ten nie był znaczący, gdyż większość wodoru była wykorzystywana *on-site* i natychmiastowo bez potrzeby dodatkowego magazynowania.

Historia wykorzystania podziemnych struktur geologicznych do magazynowania paliw kopalnych skłania do zgłębienia informacji nt. działalności spółek Gas Storage Poland (operator podziemnych magazynów gazu) oraz PERN (operator logistyczny i magazynujący paliwa płynne), które w najbliższej przyszłości mogą także świadczyć usługi w zakresie magazynowania wodoru. Pierwszy podziemny magazyn gazu ziemnego zaczął być eksploatowany w Polsce w 1954 r. koło Jastki<sup>86</sup>.

---

<sup>85</sup> Strona internetowa Chemia i Biznes, [Tak budował się polski przemysł chemiczny](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>86</sup> Strona internetowa Gas Storage Poland, [Historia magazynowania gazu w Polsce](#). Dostęp 05.05.2022.

---

Pierwsze użycie podziemnych struktur geologicznych do magazynowania paliw płynnych można datować na początek działalności spółki PERN, czyli lata 60'-70' XX w.

W przypadku wskazania historycznego rozwoju transportu wodoru za pomocą rurociągów w Polsce główną przeszkodą jest brak danych. Wiedza funkcjonująca w domenie publicznej pozwala jednak stwierdzić, że tego typu infrastruktura w Polsce nigdy nie powstała w skali komercyjnej (poza prawdopodobnymi instalacjami badawczymi w ośrodkach naukowych).

Brak jest dostępnych powszechnie informacji dla określenia ścieżki historii rozwoju transportu wodoru w postaci skroplonej w Polsce. Należy jednak przyjąć, że metoda ta podlegała rozwojowi w znacznie mniejszym stopniu niż w przypadku wodoru sprężonego. Można przypuszczać, że transport wodoru w postaci skroplonej mógł być stosowany jeszcze w XX w., kiedy to na polskim rynku rozwijały się także dostawy innych gazów technicznych, m.in. azotu, helu czy tlenu realizowane przez duże koncerny międzynarodowe, takie jak Air Liquide, Air Products czy Linde.

Historyczne wykorzystanie wodoru w Polsce wynikało z rozwoju zakładów azotowych oraz rafineryjnych w latach 60' XX w., jednak trudno wskazać powszechnie dostępne dane wskazujące szacunkową wielkość rynku w tamtych czasach. Należy jednak przyjąć, że popyt na wodór zwiększał się wraz z rozwojem gospodarczym, który generował większe zapotrzebowanie na paliwa oraz produkty chemiczne, w tym m.in. nawozy.

Rynek wodoru wykorzystywanego w transporcie w Polsce praktycznie nie istnieje, przez co trudno mówić o jego genezie. Należy wskazać, że stosunkowo innowacyjnym i przełomowym projektem, który wyprzedził rynek był autobus Solbus SM12 FC zaprezentowany w 2016 r. jako produkt autorstwa polskiego producenta Solbus z Solca Kujawskiego, holenderskiej firmy HyMove oraz E-Traction<sup>87</sup>. Mimo, że podzespoły autobusów były głównie zagraniczne to finalnie pojazd występował pod polską marką. Autobus nie wzbudził jednak dużego zainteresowania wśród przewoźników, a jego masowa produkcja nie doszła do skutku. Kolejnym polskim autobusem wodorowym, który kształtuje historię krajowego transportu zeroemisyjnego jest Ursus City Smile 12 H, który został również zaprezentowany (w 2016 r.) jako produkt polsko-holenderski. W tym przypadku wśród zagranicznych inwestorów także pojawia się firma HyMove a autobus jest obecnie testowany w holenderskim Zwolle<sup>88</sup>.

---

<sup>87</sup> Strona internetowa Transport Publiczny, [Solbus zbudował z holendrami autobus na ogniwo wodorowe](#). Dostęp 05.05.2022.

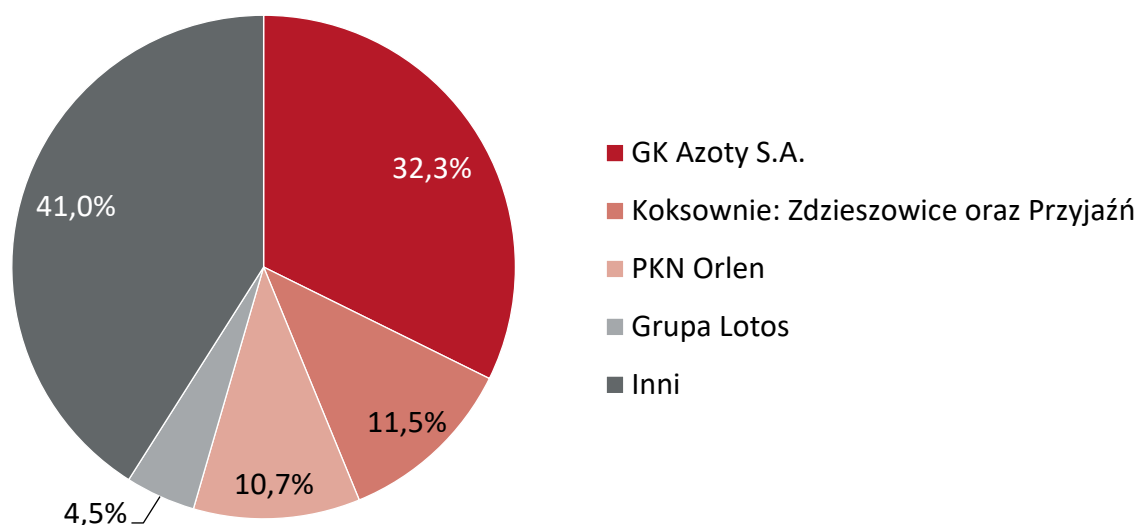
<sup>88</sup> Strona internetowa Ursus, [Znakomite wyniki wodorowego autobusu Ursus w Holandii](#). Dostęp 05.05.2022.

## 3.2. Podstawowa analiza wielkości i dynamiki rynku

Obecnie roczna produkcja wodoru w Polsce wynosi około 1,3 mln ton, co plasuje Polskę na 3 pozycji wśród europejskich producentów wodoru i 5 na świecie. Należy jednak zaznaczyć, że w znaczącej większości jest to wodór szary (i wykorzystywany na potrzeby procesów technologicznych), który będzie wymagał zastąpienia wodorem zdekarbonizowanym (niebieskim, zielonym) w ciągu najbliższych 20-30 lat. Największym polskim producentem wodoru jest Grupa Azoty – około 420 tys. ton rocznie (32,3% udziału w rynku). Następne w kolejności są spółki, które praktycznie całość produkcji przeznaczają na własne potrzeby:

- Koksownie Zdzeszowice oraz Przyjaźń, z udziałem ok. 11,5 %, produkcja ok. 149 tys. ton/rok,
- PKN Orlen, z udziałem ok. 10,7 %, produkcja ok. 140 tys. ton/rok,
- Grupa Lotos, z udziałem ok. 4,5 %, produkcja ok. 59 tys. ton/rok,
- Inni producenci odpowiadają za 41 % udziału, co przekłada się na ok. 536,45 tys. ton/rok<sup>89</sup>.

Rysunek 24. Udział procentowy poszczególnych podmiotów w polskiej produkcji wodoru



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Polskiego Instytutu Ekonomicznego<sup>90</sup>

<sup>89</sup> Strona internetowa Polskiego Instytutu Ekonomicznego, Wartość rynku wodoru osiągnie w 2022 r. 600 mld zł. Dostęp 24.03.2022.

<sup>90</sup> Ibidem.

---

Według szacunków *Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking* (FCH JU), potencjał popytowy na wodór w Polsce do roku 2030 powinien wynosić od 0,3 % do 0,8 % całkowitego zapotrzebowania na energię końcową oraz od 1,9 % do 4,9 % końcowego zapotrzebowania na gaz<sup>91</sup>. W ramach raportu FCH JU określiło również zakres szacowanego wpływu inwestycji w technologii wodorowe na zatrudnienie oraz wartość dodaną (definiowaną jako suma wynagrodzeń dla pracowników, marż dla firm, podatków i efektów pośrednich). Wydatki związane z technologiami wodorowymi w latach 2020-2030 wygenerują bezpośrednio od 1 000 do 2 400 miejsc pracy (w produkcji, eksploatacji i konserwacji) oraz przyczynią się do powstania kolejnych 2 600 - 6 200 pośrednio związanych z nimi miejsc pracy, w zależności od scenariusza. Oczekuje się, że większość z tych miejsc pracy powstanie przy budowie i eksploatacji odnawialnych źródeł energii elektrycznej, elektrolizerów i infrastruktury do transportu wodoru<sup>92</sup>.

W polskiej gospodarce można wytworzyć rocznie 340 - 870 mln EUR wartości dodanej w obszarze technologii wodorowych, co stanowi niemal równowartość kwoty potrzebnych rocznych inwestycji w tym obszarze. Oczekuje się, że większość tej wartości powstanie dzięki budowie odnawialnych źródeł energii elektrycznej i elektrolizerów do produkcji wodoru, dzięki inwestycjom w infrastrukturę do przechowywania wodoru i transportu oraz w przemyśle motoryzacyjnym<sup>93</sup>.

Polskie firmy znajdują się niestety poza światową czołówką w dziedzinie projektowania i produkcji elektrolizerów oraz ogniw paliwowych, a spółki zaangażowane w rozwój gospodarki wodorowej należą w większości do Skarbu Państwa<sup>94</sup>. Podmioty te mają równocześnie duży potencjał produkcyjny zielonego wodoru, ze względu na doświadczenie w produkcji szarego wodoru i zainteresowanie oczyszczaniem go w celu zabezpieczenia podaży. Do dynamicznego i efektywnego rozwoju technologii wodorowych i ogniw paliwowych potrzebne są środki finansowe, w szczególności w obszarze B+R. Jak szacuje Polski Instytut Ekonomiczny (PIE), polskie podmioty mają 40-krotnie mniej dostępnych środków publicznych na badania i rozwój niż podmioty w czołowych krajach UE (Francja, Niemcy) w obszarze wodoru i ogniw paliwowych<sup>95</sup>. Zestawiając publiczne środki przeznaczone na B+R w obszarze technologii wodorowych z całością środków w kraju przeznaczonych na B+R w obszarze technologii dla sektora energetycznego (Rysunek 25), to różnica w Polsce nie jest już aż tak duża jak w przypadku wartości proporcjonalnych (Rysunek 26), lecz nadal jest to zaledwie 2,4 % całości<sup>96</sup>.

---

<sup>91</sup> Strona internetowa Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, "[Opportunities for Hydrogen Energy Technologies Considering the National Energy & Climate Plans](#)". Dostęp 24.03.2022.

<sup>92</sup> Ibidem.

<sup>93</sup> Ibidem.

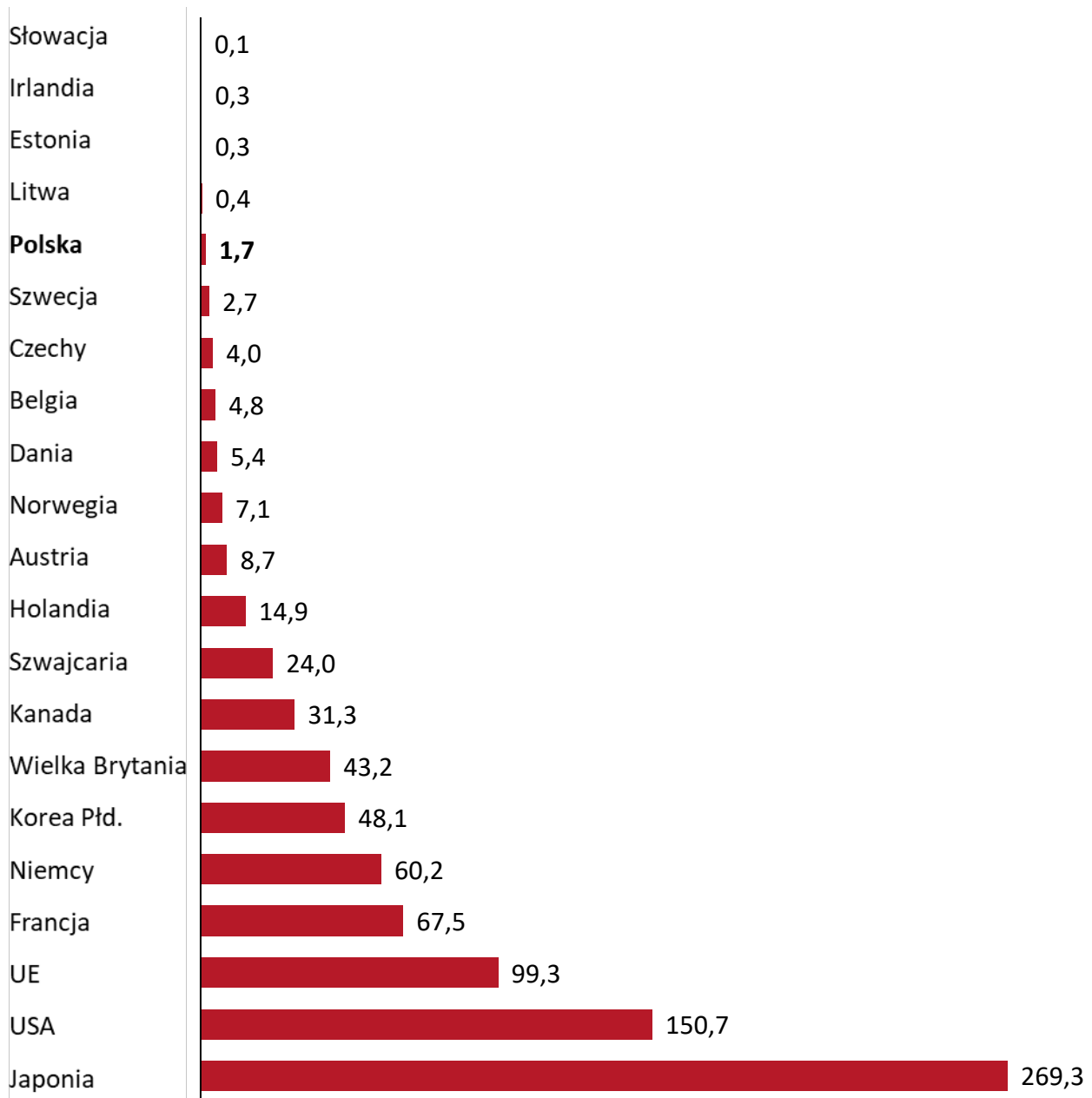
<sup>94</sup> Polski Instytut Ekonomiczny, [Gospodarka wodorowa w Polsce. Obserwacje na podstawie ram badawczych Technologicznego Systemu Innowacji](#). Dostęp 12.04.2022.

<sup>95</sup> Ibidem.

<sup>96</sup> Ibidem.



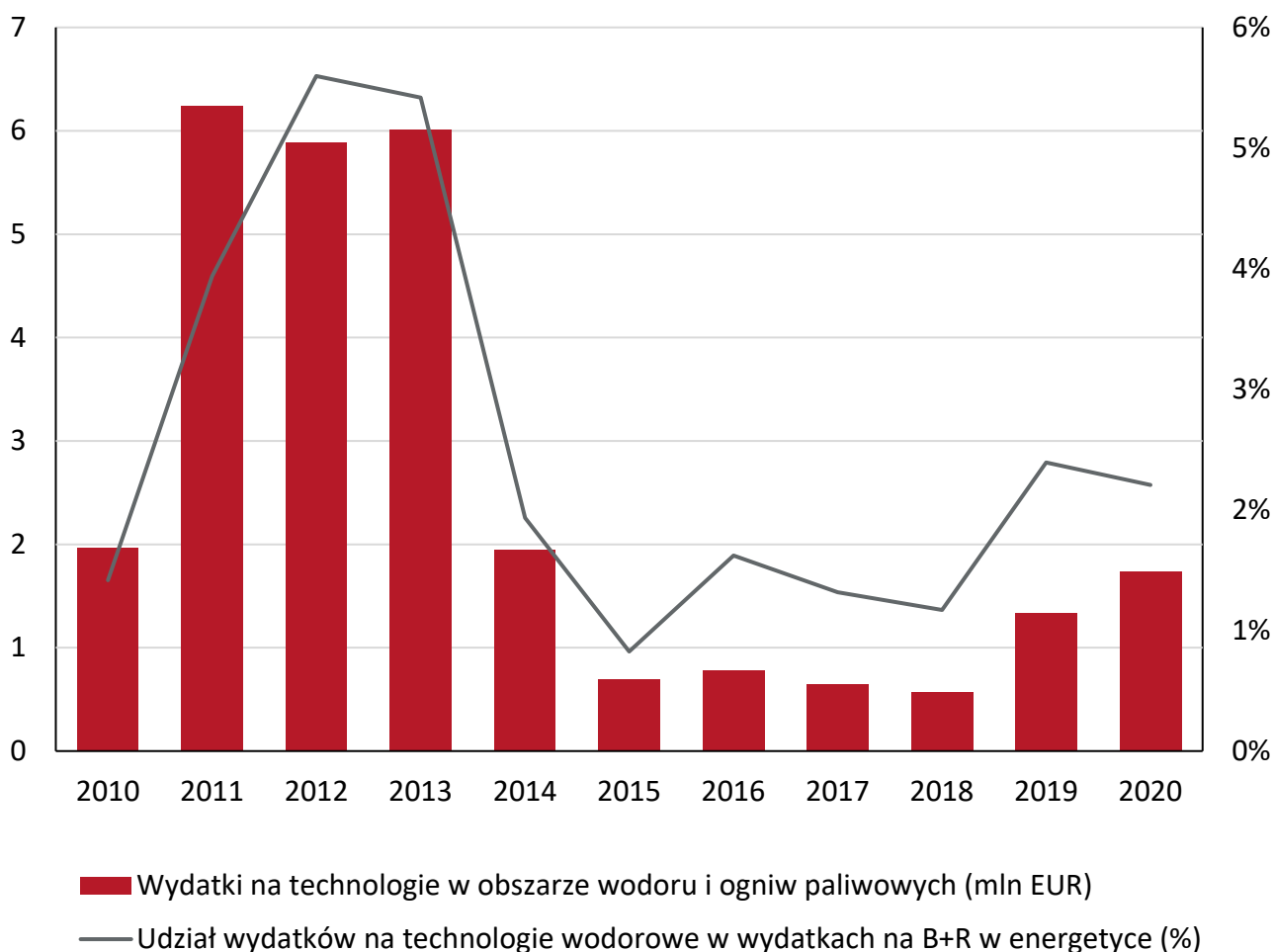
Rysunek 25. Wydatki Polski na B+R w obszarze technologii wodorowych i ogniów paliwowych w 2019 roku w ramach budżetu przeznaczanego na technologie energetyczne na tle wybranych krajów IEA (mln EUR)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych International Energy Agency<sup>97</sup>

<sup>97</sup> Strona internetowa International Energy Agency, [Energy Technology R&D Budgets](#). Dostęp 12.04.2022.

Rysunek 26. Wysokość wydatków na B+R w obszarze technologii wodorowych oraz ogniw paliwowych ze środków publicznych przeznaczonych na B+R w obszarze technologii energetycznych w Polsce w latach 2010-2020

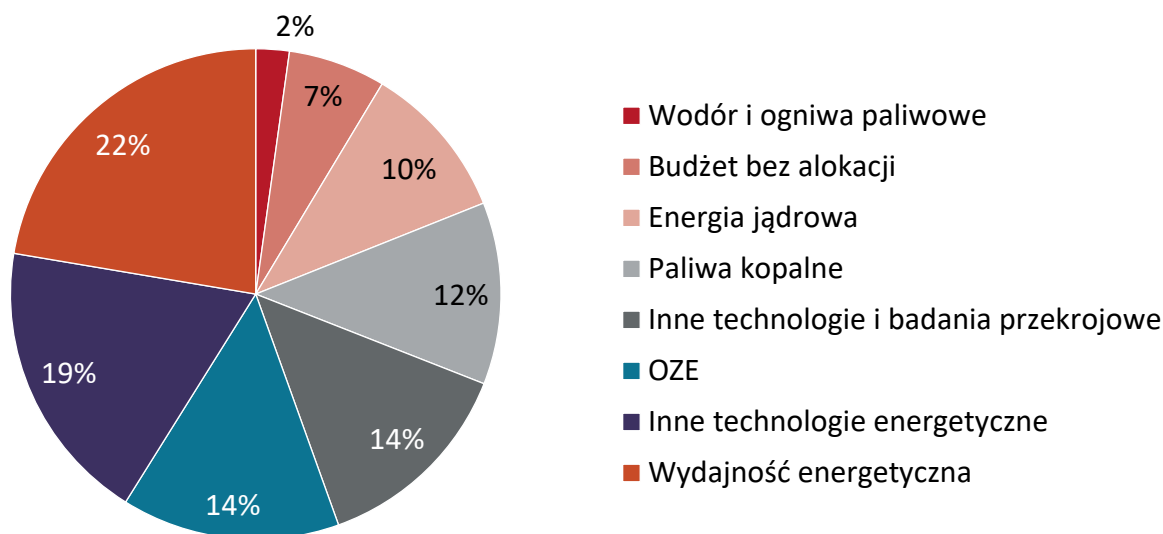


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych International Energy Agency<sup>98</sup>

Z danych, które prezentuje Rysunek 26 widać ponadto brak systematyczności w zakresie środków przeznaczanych na B+R w obszarze technologii wodorowych w udziale do całości środków publicznych dedykowanych B+R w energetyce. Porównanie wysokości środków z udziałem procentowym środków dedykowanych na B+R w obszarze technologii wodorowych ze wszystkimi środkami dedykowanymi na B+R w energetyce wskazuje, że całkowity budżet pozostawał na względnie stałym poziomie, zaś zmniejszała się jedynie pula środków dedykowanych technologiom wodorowym.

<sup>98</sup> Strona internetowa International Energy Agency, [Energy Technology R&D Budgets](#). Dostęp 12.04.2022.

Rysunek 27. Podział środków publicznych przeznaczonych w Polsce w 2020 roku na B+R w obszarze energetyki



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych International Energy Agency<sup>99</sup>

W latach 2014-2015 nastąpił w Polsce znaczący spadek środków publicznych na B+R dedykowanych technologiom wodorowym, jednak od roku 2018 widoczny jest nieznaczny trend wzrostowy. Mimo tego, jak prezentuje Rysunek 27, w ramach budżetu na B+R w energetyce na technologie wodorowe przeznacza się najmniej środków.

### **Wodór szary**

Technologie oraz rynek produkcji wodoru szarego w Polsce nie różnią się znacznie od globalnych. Wynika to m.in. z pełnej komercjalizacji rynkowej oraz dużej skali metod produkcji wodoru z wykorzystaniem paliw kopalnych na całym świecie, w tym w Polsce. Ze względu na powszechność technologiczną trudno wskazać znaczące różnice w charakterystyce produkcji pomiędzy Polską, a innymi państwami. Należy jednak zauważyć, że Polska należy do grupy państw, które ze względu na ograniczone własne złoża paliw kopalnych, mogą produkować wodór szary z wykorzystaniem importowanego surowca jakim jest gaz ziemny, co widocznie zwiększa jednostkowe koszty produkcji 1 kg wodoru szarego. Na rynku polskim kluczowymi sektorami w zakresie produkcji wodoru szarego są przemysł rafineryjny, chemiczny oraz koksowniczy. Wśród rozwijanych projektów należy wskazać koncepcję rozwoju hub'ów wodorowych przez Grupę Orlen, gdzie zakładane jest oczyszczanie wodoru odpadowego z rafinerii i dostarczenie tego typu paliwa do zasilania transportu miejskiego (instalacje z CCS).

<sup>99</sup> Strona internetowa International Energy Agency, [Energy Technology R&D Budgets](#). Dostęp 12.04.2022.

---

## **Wodór zielony**

Według powszechnie dostępnych informacji, obecnie w Polsce nie ma żadnej instalacji elektrolizy do produkcji zielonego wodoru. Najbardziej zaawansowanym projektem jest instalacja elektrolizy planowany przez ZE PAK w Koninie, który otrzymał dofinansowanie ze środków unijnych, posiada już decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach, a planowana dostawa urządzeń wraz z infrastrukturą towarzyszącą ma odbyć się jeszcze w 2022 r.<sup>100</sup> Własną produkcję elektrolizerów do produkcji zielonego wodoru z nadwyżek OZE planuje polska firma Sescom. Elektrolizery w technologii SOE (stałotlenkowe) planuje produkować Instytut Energetyki we współpracy z innymi polskimi podmiotami m.in. w ramach projektu Venti z Grupą Lotos<sup>101</sup>.

W zakresie produkcji zielonego wodoru metodą elektrolizy, rynek polski jest mniej rozwinięty od rynku globalnego. Dysproporcje widoczne są szczególnie na rynku europejskim, na którym Polska charakteryzuje się znacznie mniejszą aktywnością projektową niż podmioty z Europy Zachodniej. Mimo kilku bardzo aktywnych jednostek naukowych, badawczych i wdrożeniowych, polskie firmy w znikomym stopniu korzystają z funduszy unijnych, które są dedykowane m.in. projektom wodorowym w przemyśle energochłonnym, dotyczy to np. Funduszu Innowacyjnego oraz Horizon. Jednocześnie wydaje się, że niska aktywność Polski w zakresie projektów produkcji zielonego wodoru nie wynika z ograniczonego dostępu do technologii. Elektrolizery (ALK, PEM) wraz z infrastrukturą towarzyszącą są urządzeniami globalnie dostępnymi, a na rynku funkcjonują podmioty prowadzące produkcję, sprzedaż i budowę instalacji elektrolizy (m.in. ITM, Hydrogenics, McPhy, NEL, GE, Air Liquide, Ballard), które mogłyby wejść we współpracę z polskimi inwestorami. Warto jednak dodać, że skoordynowany niemal w skali świata awans wodoru, jako zeroemisyjnego nośnika energii, w połączeniu z rosnącymi cenami energii i przerwany łańcuchami dostaw, doprowadził do skokowego wzrostu zainteresowania technologiami wodorowymi, spadku ich dostępności (wydłużenie czasu oczekiwania) i wzrostu cen.

## **Wodór z biomasy i odpadów**

Brakuje powszechnych danych oraz informacji o produkcji wodoru z biomasy i odpadów w Polsce z wykorzystaniem procesów reformingu lub gazyfikacji materiałów organicznych. Całkowita moc przyłączeniowa w instalacjach biomasy w Polsce wyniosła w 2022 r. ok. 900 MW, jednak znacząca większość tych jednostek była stosowana na potrzeby produkcji energii cieplnej oraz rzadziej energii elektrycznej wykorzystywanej przez lokalne samorzady oraz przedsiębiorstwa ciepłownicze.

---

<sup>100</sup> Strona internetowa CIRE, [ZE PAK ma decyzję środowiskową dla wytwórni wodoru w Elektrowni Konin](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>101</sup> Strona internetowa Wprost, [LOTOS uruchamia projekt wodorowy VETNI – będzie produkować wodór wysokiej czystości](#). Dostęp 05.05.2022.

---

## Magazynowanie wodoru

Brakuje również powszechnie dostępnych informacji o wielkości rynku naziemnych magazynów wodoru w Polsce. Wiodącą technologią są magazyny na wodór sprężony i występują one w postaci butli przywożonych przez dostawców gazów technicznych - m.in. Air Liquide, Air Products, Linde – na potrzeby polskich odbiorców. Rynek ten nie jest wielkoskalowy. Przykładem funkcjonowania tego rynku są dostawy wodoru sprężonego na potrzeby chłodzenia turbin gazowych w wybranych elektrowniach gazowo-parowych (CCGT - z ang. Combined Cycle Gas Turbine).

Perspektywa rynku krajowego w zakresie naziemnego magazynowania wodoru w zbiornikach ciśnieniowych lub kriogenicznych nie jest znacząco inna niż w przypadku rynku globalnego (poza tym, że skala implementacji w krajach dojrzałych jest większa).

Trudno wskazać Polską firmę, która miałaby zdolność kapitałową i techniczną do wielkoskalowej produkcji zbiorników ciśnieniowych lub kriogenicznych, które mogłyby być konkurencyjne dla oferowanych za granicą (choć pojawiają się inicjatywy i projekty aspirujące na tym rynku). W Polsce istnieją podmioty naukowe prowadzące zaawansowane badania w zakresie konstrukcji zbiorników wodorowych, np. grupy badawcze Politechniki Łódzkiej, Politechniki Wrocławskiej, AGH, a także start-upy mające wstępne koncepcje produktowe dotyczące najnowszych typów zbiorników ciśnieniowych. Jednak największym wyzwaniem związanym z włączeniem polskich podmiotów w globalny łańcuch dostaw wodoru są kwestie finansowania oraz wejścia na rynek, który jest już częściowo zagospodarowany przez firmy zagraniczne. Procesy certyfikacyjne, testy jakościowe, a także docelowa budowa fabryk to kapitałochłonne przedsięwzięcia, które w wielu przypadkach są zbyt dużym wyzwaniem dla polskich podmiotów. Z przyczyn finansowych, a także trudności wejścia na rynek, polskie projekty pozostają często na wczesnym etapie realizacji.

Obecnie w Polsce nie istnieje żaden podziemny magazyn wodoru. Podziemne magazyny gazu ziemnego użytkowane obecnie w Polsce mają pojemność około 3 mld m<sup>3</sup>, z czego około 3,8 % stanowią kawerny solne najbardziej predysponowane do podziemnego magazynowania wodoru<sup>102</sup>. Zastosowanie podziemnego magazynowania wodoru na rynku polskim jest obecnie w fazie wstępnych koncepcji - istnieją podziemne struktury geologiczne odpowiednie do magazynowania wodoru wzdłuż pasa od północno-zachodniej Polski w kierunku wschodnim kończąc na wysokości granicy z Ukrainą. Szczególnie analizowane w zakresie przyszłego magazynowania wodoru są podziemne struktury służące do sezonowego przechowywania gazu ziemnego znajdujące się w północnej Polsce, które mogłyby służyć dla gromadzenia wodoru produkowanego z morskich farm wiatrowych m.in. Kawernowy Podziemny Magazyn Wodoru Kosakowo. W Polsce realizowany był dedykowany projekt w zakresie analiz możliwości podziemnego magazynowania wodoru w kawernach solnych przez Grupę Lotos o nazwie HESTOR, który został zrealizowany z pomocą środków unijnych. Podziemne magazyny wodoru mogą pełnić

---

<sup>102</sup> Strona internetowa węglowodory.pl, [Podziemne magazyny gazu](#). Dostęp 05.05.2022.

---

istotną rolę w przyszłych klastrach energii, gdzie będą mogły zapewnić lokalne bezpieczeństwo energetyczne oraz dostęp do niezbędnych dostaw wodoru dla przemysłu.

### Transport wodoru

Według dostępnych źródeł brak jest przykładu projektów transportu wodoru z wykorzystaniem amoniaku, metanolu czy LOHC w Polsce choć warto zauważyć, że zgodnie z danymi za rok 2015 Polska produkowała rocznie około 2 mln ton amoniaku<sup>103</sup>. W Polsce występują podmioty o zaawansowanym know-how i odpowiedniej infrastrukturze dla transportu amoniaku i metanolu. Wydaje się, że metody transportu wodoru w postaci związanej w alternatywnych związkach będą rozwijać się równolegle do zwiększania się skali rynku wodorowego w Polsce, kluczowe będą duże wolumeny produkcji. Transport amoniaku i metanolu oraz ich produkcji z wykorzystaniem wodoru (reakcja Habera-Boscha) są w pełni opanowane technologicznie.

W Polsce nie występują dedykowane rurociągi do transportu wodoru, a w zakresie zatłaczania wodoru do obecnej sieci gazowniczej prowadzone są prace B+R na poziomie firm takich jak m.in. Gaz-System, PGNiG czy PSG. Trudno określić perspektywę rozwoju tej technologii, jednak należy zaznaczyć, że rynek oczekuje znaczącego postępu w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej w związku z realizacją założeń strategicznych m.in. unijnej strategii wodorowej, jak i polskiej strategii wodorowej. Komisja Europejska opublikowała pakiet regulacji związany m.in. z rozwojem infrastruktury przesyłowej wodoru i innych gazów zdekarbonizowanych, co z pewnością wpłynie na wielkość rynku w perspektywie najbliższych 10 lat. Transport wodoru sprężonego i skroplonego w Polsce jest realizowany przez dostawców światowych m.in. Air Liquide, Air Products czy Linde, którzy są także dostawcami innych gazów technicznych. Jednak wydaje się, że rynek ten jest mały w porównaniu do całkowitej produkcji wodoru szarego w Polsce.

W zakresie transportu wodoru za pomocą butlowozów brakuje powszechnie dostępnych danych. Wielkość tego rynku będzie zależeć od rozwoju całego łańcucha wartości wodoru w najbliższych latach. Szczególnie dużym bodźcem dla rozwoju transportu kołowego wodoru może być rozwój energetyki rozproszonej, dolin wodorowych oraz klastrów energii, gdzie występować będzie krótki dystans od miejsca produkcji wodoru do rynku zbytu.

Na rynku krajowym funkcjonują podmioty świadczące usługi w zakresie transportu wodoru butlowozami, a także innych gazów technicznych. Dostawy wodoru butlowozami realizowane są przez te same firmy co na rynku globalnym. Istnieją polskie firmy transportujące gazy techniczne, jednak nie wydaje się by na obecnym etapie miały one know-how oraz kapitał na włączenie się w globalny łańcuch dostaw wodoru. Rynek transportu kołowego w zakresie wodoru sprężonego jest w pełni rozwinięty i będzie podlegał dalszemu skalowaniu wraz z rozwojem rynku wodorowego w nowych zastosowaniach.

---

<sup>103</sup> Strona internetowa Chemia i Biznes, [amoniak coraz tańszy](#). Dostęp 05.05.2022.

---

W zakresie transportu wodoru sprężonego za pomocą rurociągów dedykowanych lub w postaci zmieszanej z gazem ziemnym należy wskazać, że Polska jest stosunkowo mniej rozwinięta w porównaniu do reszty świata, w tym w szczególności zachodniej części UE. W Polsce trudno wskazać konkretne przykłady lub projekty studiów wykonalności w zakresie rurociągów dostosowanych lub dedykowanych dla przesyłu wodoru. W pierwszych wersjach raportu European Hydrogen Backbone, Polska sieć przesyłowa była w praktyce wyłączona z planowania wodorowego, dopiero w wersji raportu z 2022 r. Polska została uwzględniona w planowaniu rozwoju sieci wodorowych, a krajowy operator Gaz-System przedstawił wkład do dokumentu. Niewiadomą pozostaje planowanie rozwoju przesyłu wodoru na poziomie sieci dystrybucyjnych. Głównym wyzwaniem jest brak sprzyjającego otoczenia regulacyjno-finansowego oraz brak pełnej wiedzy w zakresie przyszłych kosztów projektowych. Istotną zmianą w tym zakresie może być wejście w życie oraz transpozycja do prawa krajowego Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspólnych zasad rynków wewnętrznych gazów odnawialnych i gazu ziemnego oraz wodoru; COM (2021) 803 opublikowanej pod koniec 2021 r.

Sektor skroplonego wodoru w Polsce operuje w bardzo małej skali, możliwie opierając się o dostawy na potrzeby instytutów badawczych, branż specjalistycznych, serwisu elektroniki itp. Tę część rynku charakteryzuje jego marginalna wielkość w porównaniu do wodoru sprężonego czy produkowanego w zakładach rafineryjnych czy chemicznych jako odpad lub substrat reakcji (z ang. *by product*).

Na rynku krajowym transport wodoru skroplonego także funkcjonuje za pomocą cystern kriogenicznych, szczególnie w zastosowaniach precyzyjnych np. w farmaceutyce, elektronice czy serwisowaniu klimatyzacji. Trudno zidentyfikować duże polskie projekty w zakresie transportu wodoru skroplonego za pomocą cystern czy statków z uwagi na brak publicznie dostępnych informacji na ten temat. Wydaje się, że obecny rynek wodorowy w Polsce posiada zbyt małą skalę by ta metoda transportu była opłacalna w rozwoju, a wodór szary stosowany w dużej skali jest produkowany i zużywany *on-site* w znacznie skróconym łańcuchu dostaw.

### **Elektroliza oraz stosowanie wodoru w energetyce**

W Polsce nie ma obecnie komercyjnej instalacji elektrolizy pracującej na potrzeby energetyki, niemniej istnieje wiele planów strategicznych wykorzystania wodoru w energetyce, m.in. jako stabilizatora OZE czy w postaci paliwa do współpalania z gazem ziemnym w jednostkach kogeneracyjnych. Są to jednak wstępne koncepcje rozwojowe bez określonych szczegółowych parametrów technicznych i ekonomicznych. Najbardziej zaawansowanym projektem w Polsce jest rozwijana instalacja elektrolizy w Koninie, której deweloperem jest ZE PAK. Planowana moc elektrolizerów zasilanych energią elektryczną z biomasy ma wynieść ponad 2 MW.

---

Obecnie na rynku polskim brakuje realnie zawansowanych projektów w zakresie zastosowania wodoru w sektorze energetycznym. Występują liczne koncepcje strategiczne wśród państwowych koncernów m.in. produkcji wodoru przez PKN Orlen z morskich farm wiatrowych na Morzu Bałtyckim<sup>104</sup>, a także ambitne plany strategiczne Polenergii<sup>105</sup> i ZE PAK<sup>106</sup> w zakresie zastosowania wodoru w energetyce. Główną przeszkodą w ich realizacji jest zarówno brak odpowiedniej technologii, jak i wyzwania regulacyjno-finansowe. Sytuacja zarówno na rynku europejskim, jak i polskim może ulec znaczącej zmianie wraz wejściem w życie regulacji oraz programów pomocowych przewidzianych w pakiecie Fit for 55. Kluczowym obszarem zastosowania wodoru w energetyce może być substytucja gazu ziemnego. Dlatego też ważnym jest, aby nowe elektrownie gazowe miały możliwość spalania jakichkolwiek domieszek gazów niskoemisyjnych i odnawialnych, a plany strategiczne zakładały „zazielenianie” tych jednostek w perspektywie długoterminowej. Oczekiwane jest także dostosowanie technologiczne jednostek gazowych do współspalania wodoru w znacznych domieszkach bez ograniczania właściwości mieszanki, tj. kaloryczności, redukcja zjawiska korozji wodorowej, optymalny proces spalania, dopasowanie indeksu Wobbego. Wypowiedzi przedstawicieli spółki Siemens, która posiada duże przedstawicielstwo w Polsce wskazują, że technologicznie nowe jednostki gazowe są dostosowane do spalania domieszek gazów zdekarbonizowanych<sup>107</sup>.

### Zastosowania wodoru w przemyśle

Rynek krajowy znajduje się na stosunkowo wczesnym etapie rozwoju w zakresie aplikacji wodorowych w przemyśle. Oczywiście wodór jest istotnym substratem procesów przemysłowych, jednak jest to wodór szary lub odpadowy, którego obieg występuje *on-site* bez konwergencji z innymi sektorami. Spośród kluczowych projektów wodorowych w przemyśle na obszarze Polski należy wskazać koncepcję budowy hub'ów wodorowych przez PKN Orlen<sup>108</sup>, przejście na produkcję i wykorzystanie zielonego wodoru przez Grupę Azoty<sup>109</sup>, a także istotną pozycję wodoru w przyszłej strategii rozwoju grupy KGHM. We wszystkich powyższych przypadkach wodór ma pełnić rolę dekarbonizacyjną jako substytut zastosowania paliw kopalnych w ciągu technologicznym lub nowy model biznesowy. Dzięki zastosowaniu zielonego wodoru powyższe

---

<sup>104</sup> Strona internetowa biznesalert, [Orlen przedstawia strategię wodorową. 1 GW mocy po 2030 roku, prędzej wodór z gazu oraz CCS niż zielony](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>105</sup> Strona internetowa polenergia, [Kogeneracja gazowa i technologie wodorowe](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>106</sup> Strona internetowa ZEPAK, [Pozwolenie na produkcję zielonego wodoru](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>107</sup> Strona internetowa wysokie napięcie, [Producenci turbin przygotowują się do spalania wodoru](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>108</sup> Strona internetowa Orlen, [Strategia wodorowa Grupy Kapitałowej Orlen](#). Dostęp 05.05.2022.

<sup>109</sup> Strona internetowa Grupy Azoty, [Grupa Azoty ze strategią na lata 2021-2030 i kluczowym projektem „Zielone Azoty”](#). Dostęp 05.05.2022.



---

koncerny będą znacząco zmniejszać swoją ekspozycję na koszty EU ETS. Jednocześnie należy wskazać, że zastosowanie elektrolizy do produkcji wodoru na potrzeby przemysłowe jest opanowane technologicznie, a po raz kolejny główne przeszkody rozwoju rynku znajdują się na poziomie regulacyjno-finansowym. Kluczowym w tym zakresie będzie rozwój dedykowanych regulacji, a także wypełnienie luki finansowej z wykorzystaniem środków UE.

Oszacowanie krajowego rynku transportu wodorowego jest znacząco utrudnione, gdyż jest to rynek rozwijający się z dużym rozproszeniem projektów o różnym stopniu zaawansowania. Powszechnie dostępne dane wskazują, że obecnie w Polsce nie ma pojazdów wodorowych, które są wykorzystywane komercyjnie lub przez gospodarstwa domowe. Jedyne użytkowane pojazdy wodorowe poruszające się po polskich drogach to samochody osobowe marki Toyota, model Mirai zakupione przez grupę Cyfrowy Polsat/ ZE PAK. Najbardziej perspektywicznym sektorem kształtującym wielkość rynku może być transport zbiorowy z wykorzystaniem autobusów. Konceptyjne projekty w zakresie wykorzystania wodoru jako paliwa napędowego prowadzi PESA – lokomotywa na ogniwa paliwowe zasilane wodorem, Solbus i Ursus – autobusy na ogniwa paliwowe zasilane wodorem, a także PKN Orlen i Alstom – pociągi napędzane wodorowymi ogniwami paliwowymi. Projekty te jednak pozostają na wstępnym etapie komercjalizacji, z dużą niepewnością co do rynkowego zastosowania. Omawiając zastosowanie wodoru w transporcie należy wskazać, że „Polska Strategia Wodorowa do 2030 r. z perspektywą do 2040 r.” (dalej: PSW) zakłada wykorzystanie wodoru do zasilania autobusów w polskich miastach. Docelowa liczba autobusów wodorowych ma wynosić około 2 000 sztuk do 2030 r. Niezbędnym będzie zbudowanie towarzyszącej infrastruktury tankowania. Trudno ocenić czy ten cel zostanie zrealizowany, jednak wydaje się, że obecnie jest krańcowy termin na zaangażowanie polskich podmiotów w zakresie budowy tego typu pojazdów, tak aby cele strategii mogły zostać zrealizowane z użyciem autobusów polskiej produkcji.

Reasumując, Polska jako trzeci największy producent wodoru w Europie ma szansę stać się ważną częścią transformacji energetycznej w całym łańcuchu wartości, jednak należy wykonać strategiczne kroki, aby zyskać przewagę konkurencyjną nad bardzo szybko rozwijającymi się programami wodorowymi w poszczególnych gospodarkach na świecie, w szczególności w regionie Azji i Pacyfiku. Obecnie mimo rosnącego zainteresowania technologiami wodorowymi ze strony przedsiębiorstw, łańcuch wartości tych technologii w Polsce praktycznie nie istnieje. W kontekście globalnym jednak takie łańcuchy wartości, z pewnymi wyjątkami, również są dopiero na etapie tworzenia. Wspólna polityka klimatyczna UE na razie pozwala Europie przodować w projektach wodorowych oraz odgrywa istotną rolę w rozwoju technologii wodorowych nie tylko pod względem prawodawstwa, ale również w finansowaniu projektów B+R i w wymianie wiedzy, dlatego polskie podmioty powinny wykorzystać okazję i aktywnie uczestniczyć w tej transformacji. Spółki Skarbu Państwa, z uwagi na swoją dominującą pozycję wśród podmiotów produkujących wodór w Polsce, powinny jak najszybciej wdrożyć rozwiązania nisko oraz zeroemisyjne, natomiast nie można zapominać o MŚP oraz start-upach, które odgrywają niezwykle ważną rolę w rozwoju technologicznym w każdym sektorze. Potrzebują one odpowiedniej pomocy finansowej, wyszkolonej kadry oraz sprzyjających warunków prawnych żeby mogły się dynamicznie rozwijać.

Dlatego PSW oraz przedstawione w niej cele strategiczne są tak ważne, aby zapoczątkować budowę gospodarki opartej o wodór. Sektory strategiczne takie jak energetyka, transport, ciepłownictwo czy rafinacja stanowią klucz do dekarbonizacji i to w tych sektorach należy spodziewać się największych projektów związanych z rozwojem technologii wodorowych w najbliższych latach, co zresztą widać w projektach wymienionych wcześniej w tym rozdziale.

### 3.3. Analiza cyklu życia produktów

Cykl życia produktów z obszaru technologii wodorowych w Polsce jest zbliżony do cyklu obserwowanego na rynku globalnym. Bazując na materiałach wypracowanych z uczestnikami warsztatów Smart Lab, można stwierdzić, że sam proces opracowania nowych rozwiązań z obszaru technologii wodorowych ma różną długość i trudno jest mówić o wartościach czasowych jednolitych dla całego obszaru. Można jednak oszacować długość poszczególnych faz projektów B+R (Tabela 12).

Tabela 12. Przedział czasu trwania faz projektów B+R dla obszaru technologii wodorowych wskazany przez uczestników SL

Faza projektu B+R	Przedział czasu trwania fazy w latach
Badania podstawowe	1 – 2
Badania przemysłowe	1,5 – 3
Prace rozwojowe	1,5 – 4

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych warsztatów Smart Lab

W kontekście cyklu życia produktów w rozumieniu komercyjnie dostępnych technologii, z uwagi na niski stopień rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych trudno jest przewidzieć długość takiego cyklu. W chwili obecnej instalacje produkcji wodoru dostępne są głównie w przedsiębiorstwach produkujących wodór na potrzeby własne i wiedza dotycząca szczegółów tych technologii nie jest powszechnie znana. Takie instalacje również rządzą się zupełnie innymi prawami niż technologie dostępne komercyjnie, gdyż są opracowywane w oparciu o wewnętrzne wymogi przedsiębiorstw. Odnosząc się do technologii komercyjnych również trudno jest przewidzieć jak będzie kształtował się cykl życia produktów. Duże zainteresowanie technologiami wodorowymi i niski stopień rozwoju łańcucha wartości z jednej strony mogą spowodować pojawianie się nowych, innowacyjnych technologii na rynku w szybkim tempie, skracając cykl życia technologii. Z drugiej jednak strony, nawet w przypadku zaistnienia szerokiego wyboru różnorodnych technologii na każdym z ogniw łańcucha wartości, bardzo wysoka kapitałochłonność tych technologii może powodować, że stopień ich przyjmowania i zamiany (starszych technologii na nowsze) przez rynek będzie relatywnie niski z uwagi na długi okres amortyzacji.

### 3.4. Analiza barier rynkowych

Barierzy rynkowe dla podmiotów działających w obszarze technologii wodorowych w Polsce, w kontekście „5 Sił Portera” (w skali makro) są w dużej części tożsame z tymi obserwowanymi na poziomie globalnym. Jednak dyskusje podczas SL uwidocznily dodatkowe bariery wartę szczególnej uwagi w kontekście rynku polskiego, które przedstawiono poniżej.



**Brak rozwiniętego łańcucha wartości technologii wodorowych.** Zarówno w skali globalnej, jak i w Polsce, łańcuch wartości technologii wodorowych dopiero się rozwija. W efekcie na każdym z ogniw: wytwarzaniu, przesyłaniu, magazynowaniu i wykorzystaniu wodoru nie została osiągnięta jeszcze skala masowa wdrożeń technologii. Powoduje to trudną sytuację dla podmiotów realizujących projekty B+R w danym obszarze, ponieważ z jednej strony wymagają one bardzo wysokich nakładów i obarczone są wysokim ryzykiem, zaś z drugiej strony brak rozwiniętych „innych” ogniw łańcucha wartości powoduje, że popyt na potencjalne wyniki tych prac również jest ograniczony. Dla przykładu, w odniesieniu do projektów realizowanych w obszarze magazynowania wodoru, oprócz „standardowego” ryzyka związanego z działalnością innowacyjną, istnieje ryzyko, że np. nie będą istniały podmioty, które zechcą zakupić opracowaną, nową technologię (brak producentów wodoru), co z kolei jest konsekwencją braku sieci dystrybucji wodoru oraz ograniczonych możliwości jego komercyjnego zastosowania.



**Potencjalny brak skoordynowanego podejścia do rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych.** W Polsce istnieje wiele różnych inicjatyw w zakresie rozwoju technologii wodorowych oraz wiele dokumentów określających kierunki ich rozwoju. Przykładem może być m.in.: Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 r. z perspektywą do 2040 r.; Polityka energetyczna Polski do 2040 r.; Krajowy Plan na rzecz Energii i Klimatu na lata 2021-2030 czy rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 w sprawie zarządzania unią energetyczną, które wskazuje wodór jako środek do rozwoju efektywnego energetycznie i niskoemisyjnego transportu. Mimo to uczestnicy spotkań SL zwracali uwagę, że obecnie istniejące dokumenty nie prezentują skoordynowanego podejścia do rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych; do części z kluczowych obszarów odnosi się wiele dokumentów, zaś inne obszary zostały w nich pominięte. Rozwój łańcucha wartości wymaga silnie skoordynowanego podejścia, potencjalnie nadzorowanego przez jeden, centralny podmiot lub instytucję, co w założeniu powinno usprawnić i zwiększyć efektywność rozwoju obszaru technologii wodorowych. Warto jednak zwrócić uwagę, że 14 października 2021 r. podpisano Sektorowe Porozumienie Wodorowe, które było poprzedzone listem intencyjnym o ustanowieniu partnerstwa na rzecz budowy gospodarki wodorowej i zawarciem sektorowego porozumienia wodorowego z dnia 7 lipca 2020 r. Porozumienie ma na celu zjednoczenie krajowego potencjału gospodarczego, badawczo-rozwojowego dla rozwoju rynku wodoru a także w zakresie kadr, konkurencyjności międzynarodowej oraz finansowania. Na bazie wyznaczonych przez Porozumienie celów, w marcu 2022 r. przy Ministerstwie Klimatu i Środowiska

---

powołano Radę Koordynacyjną ds. Gospodarki Wodorowej, która ma animować działania związane z budową gospodarki wodorowej w Polsce.



**Istniejące luki w zakresie norm i przepisów warunkujących możliwość i zasady**

**wykorzystania wodoru.** W chwili obecnej szeroko pojęte komercyjne wykorzystanie wodoru w wielu przypadkach jest wręcz niemożliwe z uwagi na braki w zakresie przepisów i norm prawnych warunkujących wykorzystanie wodoru. Przykładem może być np. brak wytycznych dotyczących projektowania sieci przesyłowych wodoru lub też niedoprecyzowana kwestia traktowania wodoru jako paliwo lub surowiec. Braki regulacyjne dotyczą niemal wszystkich obszarów funkcjonowania gospodarki wodorowej i będą musiały podlegać procesowi koordynacji na poziomie UE.



**Długotrwałe procesy uzyskiwania pozwoleń.** Proces uzyskiwania pozwoleń niezbędnych do realizacji projektów w obszarze technologii wodorowych (np. budowy pilotażowych sieci przesyłowych) jest bardzo długotrwały i liczony jest w latach (dla porównania, procedura uzyskania niektórych pozwoleń, która w Polsce trwa 36 miesięcy, w Niemczech trwa do 18 miesięcy). Efektywny i sprawny rozwój sektora technologii wodorowych w Polsce nie będzie możliwy bez uproszczenia wielu ścieżek proceduralnych.



**Wciąż stosunkowo niska świadomość społeczna w zakresie możliwości i bezpieczeństwa stosowania technologii wodorowych.** W społeczeństwie panuje powszechna świadomość, że technologie wodorowe mają szansę znacząco zmniejszyć ślad węglowy i zanieczyszczenie powietrza. Z drugiej jednak strony dla wielu ludzi wodór wciąż budzi obawy związane z bezpieczeństwem, bowiem powszechna jest świadomość niszczycielskiej siły tego gazu (bomba wodorowa lub katastrofa Hindenburga), co może spowalniać wdrażanie technologii wodorowych. Dzisiejsze standardy bezpieczeństwa oraz możliwości oferowane przez nowoczesne technologie powodują, że obawy te stają się niemal zupełnie bezzasadne, dlatego też ważna jest edukacja społeczeństwa w zakresie możliwości i bezpieczeństwa korzystania z technologii wodorowych.



**Wysokie koszty prowadzenia prac B+R w obszarze technologii wodorowych oraz ograniczona dostępność instrumentów wsparcia dla dużych przedsiębiorstw.**

Prowadzenie projektów B+R co do zasady obarczone jest wysokim ryzykiem niepowodzenia, co w połączeniu z niskim stopniem rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych stanowi bardzo wysoką barierę dla wielu przedsiębiorców. Dodatkowo „projekty wodorowe” są niezwykle kapitałochłonne, a dostępność instrumentów wsparcia dedykowanych realizacji projektów B+R (w szczególności powyżej 7 TRL) na szczeblu krajowym lub europejskim dla dużych przedsiębiorstw (które pełnią niezwykle istotną rolę w budowie łańcucha wartości) jest zdecydowanie niższa niż w przypadku MŚP. W efekcie potencjał rozwojowy obszaru technologii wodorowych jest spowolniony, a przewagę technologiczną i konkurencyjną w tym obszarze zyskują kraje, które przeznaczają więcej środków na związane z nim projekty badawczo-rozwojowe.



### **Brak rozwiniętej gospodarki opartej o OZE blokuje rozwój technologii wodorowych.**

Niedostępność dużej ilości konkurencyjnej cenowo energii z OZE stanowi barierę rozwoju gospodarki wodorowej opartej na czystych technologiach. Elektroliza jako najbardziej rozpowszechniona technologia produkcji zielonego wodoru, musi odbywać się z wykorzystaniem OZE, aby uczynić cały proces przyjaznym środowisku.



### **Brak systemu kształcenia na wszystkich poziomach Polskiej Ramy Kwalifikacji.**

Budowa gospodarki wodorowej wymaga specjalistycznej i interdyscyplinarnej wiedzy, do której obecnie jest ograniczony dostęp w Polsce. Brak systemu kształcenia na wszystkich poziomach Polskiej Ramy Kwalifikacji znacząco osłabia potencjał kraju do realizacji przełomowych projektów B+R, bowiem specjaliści w dużej części muszą uczyć się „na żywym organizmie”, tj. podczas realizacji prac projektowych.

## **3.5. Kluczowi gracze rynkowi**

Poniżej wymieniono najważniejsze podmioty, w podziale na przedsiębiorstwa, instytucje otoczenia biznesu i jednostki naukowe/ badawcze, działające w obszarze technologii wodorowych w Polsce.

### **Przedsiębiorstwa**



**CIM-mes Projekt Sp. z o.o.** – prywatne biuro projektowe z siedzibą w Warszawie, oferujące najnowsze i najbardziej zaawansowane rozwiązania projektowe, w tym m.in. uwzględniając metody przewidywania cech użytkowych nowych produktów oraz technik produkcji w celu ich optymalizacji (również przy wykorzystaniu automatycznych algorytmów) pod względem obniżenia kosztów oraz uzyskania przewagi konkurencyjnej. Firma prowadzi projekty związane z produkcją, przesyłem, magazynowaniem i wykorzystaniem wodoru w gospodarce.



**Enea S.A.** – spółka z branży energetycznej z siedzibą w Poznaniu. Jeden z liderów polskiego rynku elektroenergetycznego w zakresie produkcji energii elektrycznej<sup>110</sup>. Zarządza pełnym łańcuchem wartości na rynku energii elektrycznej od paliwa, poprzez produkcję energii elektrycznej, dystrybucję, sprzedaż i obsługę klienta. Enea we współpracy z innymi podmiotami realizuje projekt H2eBuffer, którego celem jest stworzenie systemu magazynującego energię i stabilizującego sieć energetyczną, który będzie wykorzystywał zielony wodór wytworzony z instalacji OZE<sup>111</sup>.



**Gaz-System S.A.** – firma z siedzibą w Warszawie, odpowiadająca za przesył gazu ziemnego, zarządzająca najważniejszymi gazociągami w Polsce oraz właściciel Terminalu LNG

---

<sup>110</sup> Strona internetowa Enea, [Grupa Enea](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>111</sup> Strona internetowa Enea, [Innowacyjny projekt szczecińskich naukowców i Enei Operator](#). Dostęp 04.13.2022.

---

im. Prezydenta Lecha Kaczyńskiego w Świnoujściu. W ramach programu inwestycyjnego 2015-2025 Gaz-System realizuje ponad 2000 km nowych gazociągów w zachodniej, południowej i wschodniej części Polski<sup>112</sup>. Spółka zawarła porozumienie z operatorami systemów przesyłowych ze Słowacji, Rumunii i Węgier (Eustream, Transgaz i FGSZ) w celu m.in. wypracowania sposobów ograniczania emisji dwutlenku węgla przy transporcie gazu. Organizacje skupią się również na szukaniu metod przesyłu wodoru. Inicjatorem porozumienia był rumuński Transgaz<sup>113</sup>.

**Grupa Azoty S.A.** – z siedzibą w Tarnowie, jest jednym z liderów branży nawozowo-chemicznej w Europie. Działa w sektorze nawozów mineralnych, tworzyw inżynierskich, a także produktów OXO i innych chemikaliów. Obecnie Grupa Azoty zajmuje drugą pozycję<sup>114</sup> w Unii Europejskiej w produkcji nawozów azotowych i wieloskładnikowych, a takie produkty jak melamina, kaprolaktam, poliamid, alkohole OXO czy biel tytanowa mają równie silną pozycję w sektorze chemicznym, znajdując swoje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Grupa Azoty realizuje prace badawczo-rozwojowe związane z wytwarzaniem i wykorzystywaniem zielonego wodoru, a także prace związane z rozwojem ogniw paliwowych i uruchomieniem laboratorium akredytacji jakości wodoru do zastosowań w ogniwach paliwowych w transporcie w ramach projektu „Zielone Azoty”<sup>115</sup>.

**Grupa Lotos S.A.** – grupa kapitałowa i jeden z najnowocześniejszych koncernów naftowych w Europie z siedzibą w Gdańsku. Koncern wydobywa gaz ziemny i ropę naftową w Polsce, Norwegii oraz na Litwie. Należy do niego jedna z najnowocześniejszych światowych rafinerii zlokalizowana w Gdańsku, która przerabia surowiec przede wszystkim na wysokiej jakości paliwa<sup>116</sup>. Lotos to także sieć ponad 500 stacji paliw, zaopatrujących w paliwa blisko 1/3 polskiego rynku. Zajmuje też pozycję drugiego spedytora kolejowego w kraju<sup>117</sup>. Firma jest też czołowym producentem asfaltów drogowych, olejów silnikowych oraz smarów do samochodów, samolotów, pociągów, statków, a nawet pojazdów techniki wojskowej. W zakresie technologii wodorowych Lotos pracuje m.in. nad uruchomieniem sprzedaży wodoru o bardzo wysokiej czystości w ramach projektu PURE H<sub>2</sub><sup>118</sup>.

---

<sup>112</sup> Strona internetowa Gaz-System, [Informacje ogólne](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>113</sup> Strona internetowa Platforma Przemysłu Przyszłości, [GAZ-SYSTEM sprawdzi metody przesyłu wodoru](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>114</sup> Strona internetowa Grupy Azoty, [O Grupie Azoty](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>115</sup> Strona internetowa Forsal, [Grupa Azoty przeznaczy 2,7 mld zł na program 'Zielone Azoty' do 2030 roku](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>116</sup> Strona internetowa Grupy Lotos, [Lotos - o nas](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>117</sup> Ibidem.

<sup>118</sup> Strona internetowa Grupy Lotos, [Pure H2](#). Dostęp 13.04.2022.

---

**Hynfra P.S.A.** – firma z siedzibą w Warszawie, prowadzi działalność w obszarze rozwoju infrastruktury zielonego wodoru. Ponadto oferuje prowadzenie procesów generalnego wykonawstwa, realizując projekty „pod klucz”, wspiera inwestorów w kwestiach obsługi i utrzymania procesów technologicznych na nowych instalacjach, jak również w zakresie sprzedaży zielonego wodoru oraz aktywnie rozwija technologie wykorzystania zielonego wodoru w procesach wysokosprawnej kogeneracji<sup>119</sup>.

**Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. (JSW)** – firma z siedzibą w Jastrzębiu-Zdroju, jest największym producentem wysokiej jakości węgla koksowego typu „hard” w Unii Europejskiej i jednym z przodujących producentów koksu używanego do wytopu stali. Produkcja i sprzedaż węgla koksowego oraz produkcja i sprzedaż koksu, jak również produktów węglpochodnych stanowią podstawową działalność Grupy JSW. W dążeniu do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, planowane kierunki rozwoju firmy to kontynuacja redukcji emisji metanu, optymalizacja produkcji i zużycia energii, udział w badaniach nad rozwojem nowych technologii – w tym wychwyty metanu z powietrza wentylacyjnego (VAM – *Ventillation Air Methane*), wychwyty dwutlenku węgla (CCUS – *Carbon Capture Utilisation and Storage*) oraz produkcji czystego wodoru<sup>120</sup>.

**Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi (KGHM Polska Miedź S.A.)** – firma z siedzibą w Lubinie, zajmuje się wydobyciem i przetwórstwem surowców naturalnych i dysponuje zdywersyfikowanym geograficznie portfelem projektów górniczych. Posiada zakłady produkcyjne na trzech kontynentach - w Europie, Ameryce Północnej i Południowej. KGHM jest w ścisłej czołówce światowych producentów srebra i miedzi<sup>121</sup>. Jest także jedynym w Europie producentem renu i nadrenianu amonu z własnych zasobów<sup>122</sup>. Oprócz miedzi, firma produkuje molibden, nikiel, złoto, pallad i platynę. KGHM jest jednym z sygnatariuszy „Porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce” i zamierza aktywnie inwestować w technologie nisko- i zeroemisyjnego wodoru<sup>123</sup>.

**PERN S.A.** – jedna z przewodnich firm zajmujących się transportem i magazynowaniem ropy naftowej w Polsce. Spółka ma siedzibę w Płocku i zajmuje się dostarczaniem ropy naftowej i gazu ziemnego przez Polskę na rynki Europy Wschodniej. Prowadzi działalność w zakresie transportu i magazynowania petrochemikaliów, a także przeładunku paliw i ich składowania dla podmiotów zajmujących się handlem i ich dystrybucją. Grupa PERN świadczy także

---

<sup>119</sup> Strona internetowa Hynfra, [O nas](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>120</sup> Strona internetowa JSW, [Raport bieżący nr 6/2022](#). Dostęp 13.03.2022.

<sup>121</sup> Strona internetowa KGHM, [KGHM - o nas](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>122</sup> Ibidem.

<sup>123</sup> Strona internetowa CIRE, [KGHM w gronie sygnatariuszy porozumienia na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej](#). 13.04.2021.

---

usługi w zakresie dozowania dodatków i biokomponentów do paliw, wykonuje badania laboratoryjne produktów naftowych, inspekcje stanu technicznego rurociągów, dzierżawi włókna światłowodowe, prowadzi transmisje danych internetowych, a także oferuje usługi kolokacji. PERN jest jednym z sygnatariuszy umowy o powołaniu Mazowieckiej Doliny Wodorowej co sygnalizuje plany spółki na włączenie się do rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce<sup>124</sup>.

**PKP Energetyka S.A.** – spółka z branży energetycznej z siedzibą w Warszawie, której głównym zadaniem jest sprzedaż i dostarczanie energii elektrycznej klientom trakcyjnym i biznesowym. Spółka oferuje usługi z zakresu budownictwa elektroenergetycznego, budownictwa i utrzymania sieci trakcyjnych, modernizacji i utrzymania oświetlenia zewnętrznego, a także pomiarów elektrycznych i badań. Realizuje także projekt budowy wodorowego systemu magazynowania energii. Układ wodorowy ma współpracować z instalacją fotowoltaiczną powstającą przy podstacji trakcyjnej w Garbcach. Jego głównym zadaniem będzie wytwarzanie, magazynowanie i spalanie wodoru. Rozwiązania wodorowe będą komponentem w ramach podstacji w Garbcach, który wraz z magazynem energii i farmą fotowoltaiczną stworzy prawdziwą „podstację przyszłości”<sup>125</sup>.

**Polenergia S.A.** – jedna z największych polskich prywatnych grup energetycznych z siedzibą w Warszawie. Model biznesowy obejmuje wszystkie elementy energetycznego łańcucha wartości - od wytwarzania do bezpośredniej sprzedaży kierowanej do odbiorców biznesowych i indywidualnych. Polenergia pręźnie rozwija ofertę odnawialnych źródeł energii budując morskie i lądowe farmy wiatrowe, farmy fotowoltaiczne, a także realizuje wielkoskalowy projekt umożliwiający produkcję czystego wodoru<sup>126</sup>. Jak podaje firma, istniejąca elektrociepłownia w Nowej Sarzynie, jak i planowane nowe bloki gazowe mają być przygotowane do spalania zielonego wodoru, co przyczyni się w przyszłości do budowy zeroemisyjnej grupy energetycznej<sup>127</sup>.

**Polska Grupa Energetyczna S.A. (PGE)** – państwowe publiczne przedsiębiorstwo energetyczne i największa firma produkująca energię elektryczną w Polsce<sup>128</sup> z siedzibą w Warszawie. Działalność Grupy jest obecnie zorganizowana w pięciu głównych segmentach: (i) energetyka konwencjonalna, która obejmuje wydobycie węgla brunatnego i wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła w źródłach konwencjonalnych oraz przesyłanie

---

<sup>124</sup> Strona internetowa Forsal, [Powołano Mazowiecką Dolinę Wodorową](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>125</sup> Strona internetowa PKP Energetyka, [Wodorowa rewolucja na kolei coraz bliżej](#). Dostęp 05.08.2022.

<sup>126</sup> Strona internetowa Polenergia, [Polenergia - nasz model biznesowy](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>127</sup> Strona internetowa Polenergia, [Kogeneracja gazowa i technologie wodorowe](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>128</sup> Strona internetowa PGE, [Grupa PGE](#). Dostęp 04.04.2022.



---

i dystrybucję ciepła, (ii) energetyka odnawialna, która obejmuje wytwarzanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych oraz w elektrowniach szczytowo-pompowych, (iii) obrót hurtowy energią elektryczną i produktami powiązаныmi oraz paliwami, (iv) dystrybucja energii elektrycznej, (v) sprzedaż detaliczna energii elektrycznej. PGE intensywnie inwestuje w technologie produkcji czystego wodoru, w tym w projekty badawczo-rozwojowe z ramienia PGE Energia Odnawialna<sup>129</sup>.

**Polski Koncern Naftowy Orlen S.A.** – największy koncern multienergetyczny w Europie Środkowo-Wschodniej<sup>130</sup> z siedzibą w Płocku. Obszary działalności Orleń: rafinacja ropy naftowej, petrochemia, energetyka, wydobywanie ropy i gazu oraz sprzedaż detaliczna na stacjach paliw, punktach sprzedaży pozapaliwowej i punktach alternatywnego tankowania. Jest to również najcenniejsza polska marka warta ponad 10 mld złotych. PKN Orlen przeznaczy do 2030 roku 7,4 mld zł na inwestycje, które umożliwią koncernowi rozwój w obszarze nisko- i zeroemisyjnego wodoru, opartego o odnawialne źródła energii i technologię przetwarzania odpadów komunalnych<sup>131</sup>.

**Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. (PGNiG)** – polski państwowy koncern naftowo-gazowy z siedzibą w Warszawie. Spółka posiada oddziały i przedstawicielstwa w wielu krajach oraz udziały kapitałowe w około 30 spółkach zależnych, w tym świadczących specjalistyczne usługi geofizyczne, wiertnicze i otworowe. PGNiG prowadzi działalność w całym łańcuchu wartości ropy naftowej i gazu ziemnego, obejmującym poszukiwanie i zagospodarowanie złóż, wydobywanie, transport, a następnie przetwarzanie i dostarczanie produktów rafinacji klientom indywidualnym i korporacyjnym. PGNiG realizuje różnorodne projekty wodorowe, w tym m.in. projekty ramowe HydraTank czy InGrid – Power to Gas<sup>132</sup> oraz 8 projektów badawczych o łącznym budżecie 300 mln zł (dotyczących przede wszystkim sposobów efektywnej dystrybucji, przesyłu, magazynowania oraz komercjalizacji wodoru w energetyce domowej i przemysłowej)<sup>133</sup>.

**Sescom S.A.** – spółka technologiczna z siedzibą w Gdańsku, działająca w obszarze usług technicznego *Facility Management*, mocno skoncentrowana na nowych technologiach do optymalizacji działalności własnej i klientów firmy, a także na potrzebach otoczenia

---

<sup>129</sup> Strona Internetowa CIRE, [PGE Energia Odnawialna inwestuje w innowacyjny projekt oparty o koncepcję wodorową](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>130</sup> Strona internetowa Grupy Orlen, [Orlen. Napędzamy przyszłość. Odpowiedzialnie](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>131</sup> Strona internetowa Grupy Orlen, [Grupa Orlen inwestuje w wodór](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>132</sup> Strona internetowa Energia RP, [Wodorowe projekty PGNiG. Koncern zwiększa inwestycje](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>133</sup> Strona internetowa CIRE, [PGNiG ma 8 projektów badawczych dotyczących wodoru o wartości 300 mln zł](#). Dostęp 01.07.2022.

---

związanych ze zrównoważonym rozwojem<sup>134</sup>. Sescom posiada 3 patenty dot. obszaru technologii wodorowych, kolejny wniosek o udzielenie patentu został złożony. Ponadto Sescom uczestniczy w debacie społecznej i wymianie dobrych praktyk w zakresie bezemisyjnej gospodarki, m. in. w ramach Klastra Technologii Wodorowych i Czystych Technologii Węglowych<sup>135</sup>.

**Tauron Polska Energia S.A.** – holding energetyczny z siedzibą w Katowicach. Firma posiada aktywa związane z wytwarzaniem i dystrybucją energii elektrycznej i ciepłej oraz wydobyciem węgla poprzez szereg spółek, szczególnie w południowo-zachodniej Polsce. Jest drugim co do wielkości przedsiębiorstwem pod względem produkcji energii w Polsce<sup>136</sup>. Tauron realizuje m.in. projekt pn. „Opracowanie przemysłowej konstrukcji węglanowych ogniw paliwowych oraz ceramicznych elektrolizerów dających możliwość integracji z instalacjami energetycznymi Power-to-Gas”<sup>137</sup>, a także realizuje projekty mające na celu wykorzystanie wodoru do produkcji energii<sup>138</sup>.

**Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A. (ZE PAK)** – jedna z największych prywatnych grup energetycznych w Polsce z siedzibą w Koninie, drugi, pod względem wielkości, krajowy producent energii elektrycznej otrzymywanej z węgla brunatnego oraz piąty wytwórca energii elektrycznej<sup>139</sup>. Grupa swoją działalność koncentruje na obszarach: wytwarzania energii z konwencjonalnych i odnawialnych źródeł, wydobycia węgla brunatnego, hurtowego handlu energią elektryczną, a uzupełnienie stanowi sprzedaż świadectw pochodzenia energii elektrycznej, czyli działania mające na celu zapewnienie odpowiedniej ilości uprawnień do emisji CO<sub>2</sub> oraz produkcja i sprzedaż ciepła. W ramach programu Czysta Polska, ZE PAK zakupił elektrolizer HyLYZER 1000-30 do produkcji wodoru wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem, tj. stacją sprężarek oraz stacją do napełniania magazynów mobilnych oraz usługą uruchomienia i serwisem<sup>140</sup>.

---

<sup>134</sup> Strona internetowa Sescom, [O nas](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>135</sup> Strona internetowa Sescom, [Sescom rozwija projekty wodorowe i wspiera zeroemisyjny transport](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>136</sup> Strona internetowa Rzeczypospolitej, [„Wielka Czwórka branży energetycznej”](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>137</sup> Strona internetowa Tauron, [Ogniwa paliwowe - TENNEESSEE](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>138</sup> Strona internetowa Tauron, [TAURON przetestuje przydatność wodoru w energetyce](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>139</sup> Strona internetowa ZE PAK, [ZE PAK - informacje ogólne](#). Dostęp 04.04.2022.

<sup>140</sup> Strona internetowa ZE PAK, [Produkcja wodoru w ZE PAK SA](#). Dostęp 13.04.2022.

## Instytucje Otoczenia Biznesu

Do głównych Instytucji Otoczenia Biznesu wspierających rynek i podmioty funkcjonujące w obszarze technologii wodorowych w Polsce zaliczyć można m.in.:

- Hydrogen Poland** – organizacja oferuje szeroki wachlarz usług o charakterze doradczym oraz szkoleniowym, wspiera procesy inwestycyjne w obszarze technologii wodorowych, jak również poszukuje synergii sektorowych w celu poprawy efektywności projektów. Stowarzyszenie zajmuje się kompleksową obsługą procesu legislacyjnego, począwszy od działań promocyjnych na przygotowywaniu i opiniowaniu projektów ustaw lub innych aktów prawnych dotyczących procesu wdrażania technologii wodorowych i ogniw paliwowych skończywszy.
- Izba Gospodarcza Gazownictwa** - utworzona została przez podmioty działające w branży gazowniczej w celu reprezentowania interesów gospodarczych swoich członków w zakresie ich działalności wobec krajowych organów państwowych, samorządowych i społecznych oraz instytucji naukowych i gospodarczych, a także zagranicznych organów i instytucji. Izba ma tworzyć gazowniczy lobbying, integrować środowisko osób fizycznych i prawnych związanych z gazownictwem oraz propagować gaz ziemny jako paliwo nowoczesne i ekologiczne. Izba propaguje także nowoczesną wiedzę techniczno-ekonomiczną, a docelowo ma także współdziałać w ustalaniu programów rozwoju branży gazowniczej.
- Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. (KAPE)** – głównym celem KAPE jest wspieranie działań efektywnych energetycznie i wpisujących się w założenia zrównoważonego rozwoju zgodnie z polityką klimatyczną UE, głównie w sektorze przemysłu, budownictwa, energetyki, ciepłownictwa i odnawialnych źródeł energii. KAPE realizuje go poprzez doradztwo i usługi z zakresu projektowania i wdrażania rozwiązań efektywnych energetycznie dla dużych i małych przedsiębiorstw, a także dla instytucji publicznych.
- Krajowa Izba Gospodarcza** – największa niezależna instytucja biznesu w Polsce, łącząca 160 organizacji biznesowych. Obszary działalności KIG to: rzecznictwo interesów polskich przedsiębiorców, współpraca międzynarodowa, organizacja wydarzeń, wspieranie polskiego eksportu, a także realizacja projektów unijnych.
- Polska Agencja Energetyczna** – organizacja biorąca aktywny udział w tworzeniu rynku energii odnawialnej w Polsce. Tworzy platformę współpracy między wytwórcami, dostawcami i konsumentami energii. Współpracuje z partnerami kapitałowymi i technologicznymi w obszarze paneli fotowoltaicznych, inwerterów, stacji transformatorowych, okablowania i technologii magazynowania energii. Ponadto promuje pozyskiwanie czystej zielonej energii i gospodarkę zeroemisyjną wykorzystującą odnawialne źródła energii, a także prowadzi kompleksowe projekty – pozyskuje grunty pod inwestycje, przygotowuje dokumentację techniczną, wdraża projekty i je nadzoruje.
- Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych** – organizacja integrująca wiodące marki z całego łańcucha wartości w elektromobilności. Tworzy środowisko producentów

---

pojazdów i infrastruktury, operatorów i dostawców usług ładowania, koncernów paliwowych i energetycznych oraz wszystkich pozostałych podmiotów i instytucji aktywnych w obszarze zrównoważonego transportu. Zrzesza ponad 150 przedsiębiorstw, będąc drugą największą organizacją branżową tego typu w Europie. Ponadto organizuje szkolenia, prowadzi projekty pilotażowe, publikuje raporty branżowe i zajmuje się promocją elektromobilności.

### Jednostki naukowe

Do zidentyfikowanych głównych jednostek naukowych/ badawczych funkcjonujących w Polsce w obszarze technologii wodorowych zaliczyć można m.in.:

**Centrum Technologii Wodorowych** - centrum jest jednostką dedykowaną do współpracy z przemysłem, w tym praktycznego stosowania osiągnięć naukowych. Zajmuje się kompleksową obsługą projektów wodorowych (od fazy koncepcyjnej, poprzez projektowanie rozwiązań, modelowanie procesu wytwarzania oraz diagnostyki i utrzymania opracowanych rozwiązań), a także rozwojem i utrzymaniem istniejących technologii wykorzystujących wodór. Ponadto oferuje m.in. specjalistyczne usługi niezbędne podczas aplikowania o środki europejskie, specjalistyczne ekspertyzy, do których wykorzystywany jest nowoczesny sprzęt diagnostyczno-pomiarowy, badania zlecone oraz organizację szkoleń.

**Główny Instytut Górnictwa** – działalność Instytutu obejmuje najistotniejsze aspekty górnictwa i geoinżynierii, bezpieczeństwa pracy w przemyśle oraz inżynierii środowiska (w szczególności ochrony środowiska przed skutkami działalności przemysłowej). Instytut prowadzi również działalność certyfikacyjną i edukacyjno-szkoleniową oraz świadczy usługi w postaci badań, ekspertyz, pomiarów i analiz dla wielu branż przemysłu, instytucji i urzędów administracji państwowej i samorządowej oraz partnerów zagranicznych. Instytut utrzymuje rozległe kontakty z zagranicznymi przedsiębiorstwami i instytucjami w ramach współpracy naukowej i technicznej, wspólnych projektów badawczych oraz eksportu usług i urządzeń, realizuje projekty w ramach Programów Ramowych Unii Europejskiej, Programu Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali i wielu innych. GIG jest aktywny również w obszarze wodoru, między innymi poprzez liczne projekty związane z tematyką wytwarzania i magazynowania wodoru, realizowane w Instytucie już od 2004 roku<sup>141</sup>.

**Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (ICfF PAN)** – zespoły badawcze działające w Instytucie pracują nad zagadnieniami na pograniczu chemii, fizyki i biologii. Otwartość i interdyscyplinarność Instytutu pozwalają na prowadzenie badań podstawowych, jak również mających charakter aplikacyjny, czego potwierdzeniem są firmy typu *spin-off*, które powstały na bazie odkryć i wynalazków pracowników Instytutu. Każdego roku pracownicy Instytutu publikują ponad 200 publikacji naukowych

---

<sup>141</sup> Strona internetowa GIG, [Inicjatywa Śląska Dolina Wodorowa](#). Dostęp 13.04.2022.

---

(w tym w tak prestiżowych czasopismach jak Nature czy Science), są również autorami wielu patentów. IChF PAN angażuje się w kształcenie młodej kadry naukowej poprzez dwie szkoły doktorskie oraz bogatą ofertę stypendialną dla studentów pierwszego i drugiego stopnia studiów. Instytut prowadzi działalność badawczą w zakresie wytwarzania i magazynowania wodoru.

**Instytut Energetyki - Instytut Badawczy** – jeden z największych w Polsce instytutów prowadzących badania w zakresie technologii energetycznych. Instytut jest nowoczesnym centrum badawczo-wdrożeniowym podlegającym Ministerstwu Klimatu i Środowiska. Działalność Instytutu obejmuje szeroki obszar badań energetycznych: od prac eksperckich na potrzeby sektora elektroenergetycznego, po najbardziej zaawansowane, przyszłościowe technologie generacji energii, jak ogniwa paliwowe, czyste technologie węglowe, technologie wodorowe i odnawialne źródła energii.

**Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk** – Instytut prowadzi badania podstawowe w dziedzinie podstaw działania, projektowania, budowy i rozwoju maszyn służących do konwersji energii w przepływach. Obecnie badania są prowadzone w następujących dziedzinach: mechanika płynów, przepływy wielofazowe, termodynamika i wymiana ciepła, fizyka plazmy, technika laserowa, mechanika maszyn, tribologia i diagnostyka maszyn energetycznych. W swojej strukturze Instytut posiada cztery ośrodki dzielące się na 18 zakładów naukowych. Oprócz badań podstawowych, Instytut oferuje usługi dotyczące praktycznych problemów inżynierskich w zakresie: turbin, pomp i sprzętów hydrokinetycznych, wentylatorów, śrub okrętowych, kolektorów słonecznych; ich projektowanie, obliczenia i ekspertyzy techniczne, konstrukcję unikatowego wyposażenia i aparatury. Instytut prowadzi również własną oficynę wydawniczą pn. „Wydawnictwo IMP PAN”. Instytut może się również pochwalić m.in. skonstruowaniem prototypu układu do rozproszonej produkcji wodoru z biogazu<sup>142</sup>.

**Instytut Polityki Energetycznej im. Ignacego Łukasiewicza** – celami Instytutu są: działalność na rzecz rozwoju świadomości i wiedzy w zakresie szeroko pojętego sektora energii (również energii tworzonej przy wykorzystaniu wodoru), w tym w szczególności polityki energetyczno-klimatycznej, bezpieczeństwa energetycznego oraz otoczenia regulacyjnego i ekonomicznego, informowanie, propagowanie, rozpowszechnianie oraz edukowanie społeczeństwa w zakresie problematyki związanej z polityką energetyczną oraz szeroko pojętą tematyką sektora energii, działalność naukowo-badawcza, dydaktyczna, ekspercka, doradcza i wydawnicza, podejmowanie działalności na rzecz współpracy międzynarodowej, a także rozwijanie współpracy międzyinstytucjonalnej krajowej i zagranicznej.

**Przemysłowy Instytut Motoryzacji** – instytut badawczy prowadzący badania naukowe i prace rozwojowe z zakresu: motoryzacji, doskonalenia pojazdów, poprawy

---

<sup>142</sup> Strona internetowa IMP PAN, [Układ do rozproszonej produkcji wodoru z biogazu](#). Dostęp 13.04.2022.

---


bezpieczeństwa ruchu drogowego, alternatywnych źródeł zasilania pojazdów oraz paliw, w tym wodoru i ogniw paliwowych, biopaliw i odnawialnych zasobów energii. Instytut zapewnia merytoryczne wsparcie dla organów administracji państwowej realizujących strategiczne cele związane z bezpieczeństwem transportu, ochroną środowiska i zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego kraju. Pracownicy Instytutu są autorami licznych publikacji naukowych, patentów i wzorów użytkowych, a także referatów i wystąpień prezentowanych podczas seminariów i konferencji. Od 1996 r. Instytut jest również wydawcą kwartalnika naukowego pt. „The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji”.

### 3.6. Analiza powiązań kooperacyjnych

Powiązania kooperacyjne pełnią istotną rolę zarówno w odniesieniu do integracji różnorodnych rozwiązań, jak i w tworzeniu nowych technologii wodorowych, w szczególności uwzględniając, że obecnie łańcuch wartości technologii wodorowych zarówno w Polsce, jak i na świecie znajduje się we wczesnej fazie rozwoju. Nawiązywanie współpracy pomiędzy podmiotami działającymi w tym samym obszarze lub na tym samym rynku jest sposobem na zdobycie przewagi konkurencyjnej i zwiększenie efektywności działania. Nawiązywanie współpracy pomiędzy podmiotami, niezależnie od jej formy (start-upy, spółki celowe, joint venture, podwykonawstwo i inne) pozwala na efektywne dzielenie się kompetencjami, co de facto prowadzi do dalszego przyspieszenia tempa rozwoju i komercjalizacji technologii (np. gdy przedsiębiorstwo zatrudnia jednostkę badawczą do prowadzenia fazy badań podstawowych, samodzielnie realizując wyłącznie badania przemysłowe i wdrożenia).

W Polsce główne powiązania kooperacyjne tworzone są na podstawie umów o współpracy pomiędzy jednostkami naukowymi a przedsiębiorstwami, zawieranych w celu realizacji konkretnych projektów i działań rozwojowych, często współfinansowanych ze środków krajowych lub funduszy strukturalnych. Bardzo ważną rolę w nawiązywaniu relacji między nauką a biznesem odgrywają klastry, stowarzyszenia branżowe czy tzw. hub’y – centra kompetencji animujące rynek. Często sama inicjatywa stworzenia klastra/ hub’u/ stowarzyszenia jest skutkiem efektywnej współpracy różnych podmiotów.

Poniżej zaprezentowane zostały przykłady powiązań kooperacyjnych w obszarze technologii wodorowych.

 **Doliny wodorowe.** Doliny wodorowe są ekosystemami skupiającymi lokalne podmioty funkcjonujące w obszarze technologii wodorowych<sup>143</sup>. W założeniu ich funkcja ma być nieco odmienna od klastrów i zrzeszeń, ponieważ mają być rejonami, w których tworzone są rozwiązania wodorowe. Ich stopniowy rozwój następować ma w oparciu o działalność

---

<sup>143</sup> Strona internetowa H2Poland, [H2Poland](https://www.h2poland.com). Dostęp 14.04.2022.

---

lokalnych przedsiębiorstw produkujących i transportujących wodór. Bazę popytową stanowią zaś procesy produkcyjne energii oparte o źródła odnawialne. W dolinach wodorowych prowadzone będą również działania wspierające budowę całego łańcucha wartości technologii wodorowych, w tym działania edukacyjne, B+R oraz wdrożenia przemysłowe. Obecnie w procesie tworzenia lub rozwoju jest 5 dolin wodorowych:

- Pomorska Dolina Wodorowa<sup>144</sup>
- Dolnośląska Dolina Wodorowa<sup>145</sup>
- Podkarpacka Dolina Wodorowa<sup>146</sup>
- Mazowiecka Dolina Wodorowa<sup>147</sup>
- Śląsko-Małopolska Dolina Wodorowa<sup>148</sup>

**Enea Operator, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie oraz Uniwersytet Szczeciński** zaangażowane są w projekt naukowo-badawczy H2eBuffer. Jego celem jest stworzenie systemu magazynującego energię i stabilizującego sieć energetyczną, który będzie wykorzystywał zielony wodór pozyskany z instalacji OZE<sup>149</sup>.

**Lotos** podpisał list intencyjny z firmą **Sescom**, który zakłada budowę systemu złożonego z parku elektrolizerów o mocy 100 MW, magazynów wodoru, ogniw paliwowych i ewentualnie turbin wodorowych, zapewniających zielony zeroemisyjny wodór na potrzeby rafineryjne<sup>150</sup>.

**Tauron** zamierza przetestować przydatność wodoru w energetyce wraz z **Instytutem Naukowo-Badawczym Sebastineum Silesiacum** w Kamieniu Śląskim<sup>151</sup>. Planowana do utworzenia instalacja będzie miała docelowo produkować ciepło i energię elektryczną na

---

<sup>144</sup> Strona internetowa klasterwodorowy.pl, [Pomorska Dolina Wodorowa](#). Dostęp 10.05.2022.

<sup>145</sup> Strona internetowa ARP, [Powstała Dolnośląska Dolina Wodorowa](#). Dostęp 10.05.2022.

<sup>146</sup> Strona internetowa Podkarpackiej Doliny Wodorowej, [Podkarpacka Dolina Wodorowa](#). Dostęp 10.05.2022.

<sup>147</sup> Strona internetowa Business Insider, [Powstała Mazowiecka Dolina Wodorowa. Orlen na czele](#). Dostęp 10.05.2022.

<sup>148</sup> Strona internetowa ARP, [Powstała Śląsko-Małopolska Dolina Wodorowa](#). Dostęp 10.05.2022.

<sup>149</sup> Strona internetowa Enea, [Innowacyjny projekt szczecińskich naukowców i Enei Operator](#). Dostęp 04.13.2022.

<sup>150</sup> Strona internetowa CIRE, [Lotos chce być za 6 lat w dziesiątce największych producentów zielonego wodoru w Europie](#). Dostęp 13.04.2022.

<sup>151</sup> Strona internetowa Tauron, [TAURON przetestuje przydatność wodoru w energetyce](#). Dostęp 13.04.2022.

---

potrzeby Sebastineum Silesiacum. Według oficjalnego komunikatu „Projekt zakłada produkcję wodoru z wody doprowadzonej do elektrolizera. Zastosowane w instalacji urządzenie, w ciągu jednej godziny, jest w stanie wytworzyć ok. 30 m<sup>3</sup> tego paliwa. Powstały w ten sposób wodór trafi następnie do dwóch zbiorników, w których pod odpowiednim ciśnieniem będzie można przechowywać aż 360 Nm<sup>3</sup> tego paliwa.”

W lutym 2022 r. **PKN Orlen** podpisał list intencyjny<sup>152</sup> z **17 miastami w Polsce** w sprawie budowy stacji tankowania wodorem, w tym m.in. w Poznaniu, Krakowie, Płocku, Pile oraz Metropolii Śląska. Rozpoczęta w ten sposób współpraca z Miejskim Przedsiębiorstwem Komunikacyjnym w Krakowie zaowocowała otwarciem pierwszej w Polsce stacji tankowania wodoru z ramienia Grupy Orlen w czerwcu 2022 r. oraz testami autobusu wodorowego<sup>153</sup>. Autobus wodorowy, z którego będą mogli korzystać mieszkańcy Krakowa, to pojazd całkowicie zeroemisyjny, „emitujący” jedynie nieszkodliwą dla środowiska parę wodną. Jest wyposażony w ogniwo wodorowe o mocy 70 kW i pięć zbiorników wodoru o łącznej pojemności ponad 35 kg. Autobus może przejechać na jednym pełnym tankowaniu do 350 km. Dla PKN Orlen było to otwarcie pierwszej stacji wodorowej w Polsce oraz trzeciej w historii całego koncernu (po dwóch pierwszych wybudowanych w Niemczech). Już w 2023 r. planowane jest otwarcie publicznych stacji wodorowych w Poznaniu i Katowicach, które będą dostępne dla wszystkich użytkowników pojazdów wodorowych. W trakcie postępowań przetargowych są kolejne stacje w Wałbrzychu, Pile i Włocławku. Współpraca z miastami jest częścią szerszej strategii wodorowej PKN Orlen, zakładającej m.in. stworzenie w ciągu najbliższych 8 lat sieci ponad 100 stacji tankowania wodoru.

**PKN Orlen** podpisał również porozumienie o strategicznej współpracy z francuską firmą **Alstom**<sup>154</sup> w zakresie wspólnych dostaw bezemisyjnych, ekologicznych pociągów i paliwa wodorowego dla publicznego transportu kolejowego. Obie firmy współpracować będą w postępowaniach organizowanych przez operatorów publicznego transportu kolejowego w następujący sposób: Alstom odpowiedzialny będzie za dostawy bezemisyjnych pociągów napędzanych wodorowymi ogniwami paliwowymi, z kolei PKN Orlen odpowiadać będzie

---

<sup>152</sup> Strona internetowa Portal Komunalny, [Orlen podpisał listy intencyjne z 17 miastami ws. stacji tankowania wodorem](#). Dostęp 01.07.2022.

<sup>153</sup> Strona internetowa Orlen Południe, [Paliwo wodorowe z Grupy Orlen zasili komunikację miejską w Krakowie](#). Dostęp 01.07.2022.

<sup>154</sup> Strona internetowa Alstom, [PKN Orlen i Alstom ze współpracą na rzecz kolei wodorowej](#). Dostęp 01.07.2022.



za dystrybucję, magazynowanie oraz dostawy paliwa wodorowego. Należy nadmienić, że Alstom produkuje nadwozia do swoich pociągów wodorowych w fabryce w Katowicach<sup>155</sup>.

### 3.7. Najważniejsze cykliczne wydarzenia branżowe

Analiza wydarzeń z obszaru technologii wodorowych, przeprowadzona w oparciu o informacje zebrane podczas spotkań SL wykazała, że w Polsce i na świecie, szeroko pojęte wydarzenia – targi, konferencje i sympozja w obszarze technologii wodorowych organizowane są głównie jako wydarzenia związane z tematyką energetyki, zrównoważonego rozwoju oraz Odnawialnych Źródeł Energii, co znajduje swoje uzasadnienie merytoryczne. Dodatkowo stosunkowo wczesny etap rozwoju łańcucha wartości technologii wodorowych powoduje, że tematyka związana z tym zagadnieniem jest również bardzo często poruszana na wydarzeniach koncentrujących się wokół szerokiego tematu innowacji. Zestawienie takich wydarzeń, organizowanych zarówno w Polsce, jak i na świecie, przedstawia odpowiednio Tabela 13 i Tabela 14.

Tabela 13. Najważniejsze wydarzenia branżowe organizowane w Polsce, dedykowane technologiom wodorowym

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
<u>Enex Nowa Energia</u>	Targi, na których co roku spotykają się przedstawiciele branży energetycznej z całej Europy. Większość wystawców prezentuje rozwiązania z obszaru biopaliw stałych i płynnych, biogazu, pozyskiwania energii elektrycznej i ciepłej ze źródeł odnawialnych oraz technologii produkcji peletu energetycznego. Wydarzenie organizowane jest w Kielcach.
<u>Międzynarodowe Targi Energetyki Expopower</u>	Targi Expopower to wydarzenie od lat gromadzące w Poznaniu przedstawicieli polskiej i zagranicznej branży energetycznej. Zakres tematyczny wydarzenia obejmuje szeroką gamę zagadnień związanych z energetyką przemysłową, ale również systemami automatyki, sterowania oraz instalacji niskiego napięcia, a także odnawialnymi i alternatywnymi źródłami energii.
<u>H2Poland Środkowoeuropejskie Forum Technologii Wodorowych</u>	H2POLAND to targi w całości poświęcone technologiom wodorowym. Wydarzenie organizowane jest w Poznaniu i stanowi platformę wymiany wiedzy podczas konferencji i debat

<sup>155</sup> Strona internetowa Alstom, [Coradia iLint: Alstom presents the world's first hydrogen passenger train in Poland](#). Dostęp 01.07.2022.

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
	połączonych z ekspozycją najnowszych rozwiązań poświęconych nisko i zeroemisyjnej gospodarce.
<u>Impact '22</u>	Impact'22 to jedno z największych wydarzeń gospodarczo-technologicznych w Europie Środkowo-Wschodniej, odbywające się w Poznaniu. Wśród 18 ścieżek tematycznych jest również ścieżka poświęcona energii, w tym wodorowi. Pytania, które zostały postawione przez organizatorów w obszarze wodoru, to m.in.: Jak strategicznie stworzyć zielony rynek wodoru? Czy kraje mogą zbudować udany globalny rynek eksportu wodoru? Jaka jest przyszłość czystego i zrównoważonego wodoru w Europie?
<u>Kongres Polskiego Przemysłu Gazowniczego</u>	Wydarzenie organizowane co 2 lata przez Izbę Gospodarczą Gazownictwa, stanowi platformę wymiany wiedzy eksperckiej i doświadczeń między przedstawicielami administracji rządowej a interesariuszami branży gazowniczej. W 2022 r. Kongres odbędzie się w Łodzi.
<u>Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska Poleco</u>	Międzynarodowe Targi Ochrony Środowiska POLECO Poznań to wydarzenie o charakterze konferencyjno-wystawienniczym związane z ochroną klimatu, środowiska, gospodarką komunalną i zrównoważonym rozwojem. Wystawcami są firmy produkcyjne i usługowe z branży recyklingu, przetwarzania odpadów, techniki komunalnej, technologii związanych z koncepcją <i>smart city</i> , odnawialnych źródeł energii, rewitalizacji i rekultywacji, gospodarki wodno-kanalizacyjnej oraz ochrony powietrza i klimatu.
<u>Polish Conference on Hydrogen Energy and Technologies</u>	Konferencja organizowana od 2018 roku. Ideą wydarzenia jest szerzenie wiedzy na temat technologii wodorowych w celu upowszechnienia wodoru jako alternatywy dla paliw kopalnych, a także łączenie różnych grup interesariuszy łańcucha wartości technologii wodorowych. W roku 2021 wydarzenie organizowane było w formule online.
<u>Smart City Expo</u>	Wydarzenie organizowane w Warszawie, poświęcone tematyce technologii miejskich, takich jak m.in. e-mobilność, odnawialne źródła energii, niskoemisyjny transport miejski, w tym rozwiązania wodorowe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych warsztatów Smart Lab

Tabela 14. Najważniejsze wydarzenia branżowe organizowane na świecie, dedykowane technologiom wodorowym

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
<u>ASEAN Sustainable Energy Week</u>	Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Sustainable Energy Week 2022 to wydarzenie organizowane w Bangkoku, podzielone na sekcje: Renewable Energy Asia, Energy Efficiency, Entech Pollutec Asia, Electric Vehicle Asia. Tematyka sekcji obejmuje prezentację rozwiązań produkcyjnych OZE, technologii i infrastruktury związanej z wydajnymi systemami konwersji energii, elektrycznymi układami napędowymi i komponentami, systemami zarządzania akumulatorami, sprzętem do monitorowania i kontroli oraz stacjami ładowania pojazdów.
<u>F-cell: Hydrogen &amp; Fuel Cell Conference and Trade Fair</u>	Wydarzenie organizowane w Stuttgarcie dla przedstawicieli przemysłu wodorowego, ze szczególnym uwzględnieniem ogniw paliwowych. Zapewnia obszerny przegląd międzynarodowych rynków i branż, a także postępu technologicznego w obszarze technologii wodorowych. Kluczowe obszary wystawiennicze to: komponenty ogniw paliwowych, produkcja i infrastruktura wodorowa, systemy ogniw paliwowych.
<u>H2 Forum</u>	Konferencja, która skupia cały łańcuch wartości zielonego wodoru: dostawców energii, firmy motoryzacyjne i przemysłowe oraz instytucje badawcze. Tematem przewodnim Konferencji jest kwestia wykorzystania zielonego wodoru na dużą skalę w Europie. Wydarzenie organizowane jest co roku w Berlinie.
<u>Hydrogen + Fuel Cells Europe</u>	Wystawa poświęcona technologiom wodorowym i ogniwoom paliwowym organizowana w Hanowerze. Jej zakres tematyczny obejmuje m.in. zagadnienia dot. wytwarzania, sprężania, przechowywania i transportu wodoru, systemów i zastosowania ogniw paliwowych, komponentów i technologii zasilania, testowania ogniw paliwowych i akumulatorów.
<u>Hydrogen Technology Conference &amp; Expo</u>	Targi poświęcone technologiom wodorowym organizowane w Houston w Teksasie. Tematy przewodnie wydarzenia to niskoemisyjna produkcja wodoru, rozwiązania do magazynowania wodoru, transport i infrastruktura oraz projektowanie i rozwój ogniw paliwowych.
<u>Hydrogen Technology Expo Europe</u>	Hydrogen Technology Conference & Expo Europe to forum, na którym przedstawiane są nowe technologie mające na celu przewyższenie wyzwań technicznych i wprowadzenie wodoru do głównego nurtu

Nazwa wydarzenia	Opis wydarzenia
	zastosowań stacjonarnych i mobilnych. Forum organizowane jest co roku w Bremie.
<u>HyVolution</u>	Coroczne targi odbywające się w Paryżu. Zakres tematyczny targów obejmuje produkcję, magazynowanie, dystrybucję oraz wykorzystanie wodoru, technologie gazowe, usługi techniczne oraz usługi inwestycyjno-finansowe związane z technologiami wodorowymi.
<u>International Hydrogen and Fuel Cell Technology Conference</u>	Konferencja organizowana corocznie w Szanghaju. Obszary tematyczne wydarzenia to m.in.: magazynowanie energii, produkcja i transport wodoru oraz opracowywanie projektów wytwarzania energii.
<u>North America Smart Energy Week (RE+)</u>	Wydarzenie dedykowane branży czystej energii, będące tak naprawdę cyklem targów i konferencji organizowanych w ciągu 1 tygodnia, na które składają się: Solar Power International (flagowa impreza), Energy Storage International, RE+ Power oraz RE+ Infrastructure. Jego zakres tematyczny obejmuje m.in. wszechstronne zastosowanie technologii wodorowych i ogniw paliwowych w mediach, mikro sieciach oraz pojazdach. Wydarzenie w 2022 r. organizowane jest w Anaheim, USA.
<u>Reuters: Hydrogen 2022</u>	Targi Hydrogen 2022 organizowane są przez agencję Reuters w Amsterdamie. Tematy przewodnie targów to m.in.: przywództwo i globalna szansa dla technologii wodorowych, dekarbonizacja przemysłu, projekty dużej skali związane z produkcją czystego oraz opłacalnego wodoru, wymagania infrastrukturalne oraz finansowanie gospodarki wodorowej.
<u>World Hydrogen 2022</u>	Targi World Hydrogen 2022 organizowane są w Rotterdamie. Wydarzenie gromadzi światowych liderów w dziedzinie energetyki oraz przedstawicieli rządów w celu wsparcia rozwoju przedsiębiorstw wodorowych i umożliwienia przejścia na zieloną energię na całym świecie, aby osiągnąć cele klimatyczne na lata 2030 i 2050.

Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych warsztatów Smart Lab

---

## 3.8. Otoczenie prawne i ochrona własności intelektualnej

Polska jest członkiem Unii Europejskiej, dlatego w tym rozdziale zostaną przedstawione zarówno polskie, jak i unijne regulacje dotyczące technologii wodorowych. Dnia 8 lipca 2020 r. Komisja Europejska opublikowała komunikat w sprawie strategii w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu<sup>156</sup>, która łącznie ze strategią Unii Europejskiej na rzecz integracji systemów energetycznych z dnia 19 maja 2021 r.<sup>157</sup> wspiera dążenia UE do osiągnięcia gospodarki neutralnej dla klimatu. Kluczowym długoterminowym celem ustalonym dla Unii Europejskiej jest osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Ten cel jest zgodny z wizją Komisji Europejskiej zaprezentowaną w 2018 r. na Konferencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu w Katowicach, co potwierdza Komunikat Komisji Europejski Zielony Ład<sup>158</sup>. Strategia wodorowa UE określa „czysty wodór” i jego łańcuch wartości, jako jeden z kluczowych obszarów umożliwiających odblokowanie inwestycji w celu wspierania zrównoważonego wzrostu gospodarczego i zatrudnienia.

Wymieniając strategie przyjęte przez Unię Europejską warto wskazać Strategię na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości z dnia 9 grudnia 2020 r.<sup>159</sup>. Strategia ta zawiera szereg postanowień związanych z zapewnieniem odpowiedniej liczby pojazdów zeroemisyjnych, jak również zwiększeniem dostępności sieci kolejowych.

Analogicznie jak w Unii Europejskiej, również i w Polsce kluczowe dokumenty dotyczące technologii wodorowych przyjęły formę strategii. Obowiązujący dokument w tym obszarze został przyjęty uchwałą Rady Ministrów z dnia 2 listopada 2021 r. w sprawie przyjęcia Polskiej Strategii Wodorowej do 2030 r. z perspektywą do 2040 r.<sup>160</sup>. PSW jest dokumentem strategicznym, który określa główne cele rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce i kierunki interwencji, jakie są pożądane dla ich osiągnięcia. Wpisuje się ona w globalne, europejskie i krajowe działania mające

---

<sup>156</sup> Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 19 maja 2021 r. w sprawie europejskiej strategii w zakresie wodoru (2020/2242(INI)), Dz.Urz.U.E.C 2022 Nr 15, str. 56.

<sup>157</sup> Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 19 maja 2021 r. w sprawie strategii europejskiej na rzecz integracji systemów energetycznych (2020/2241(INI)), Dz.Urz.U.E.C 2022 Nr 15, str. 45.

<sup>158</sup> Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europejski Zielony Ład, COM/2019/640.

<sup>159</sup> Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów, Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości, COM/2020/789.

<sup>160</sup> Uchwała Nr 149 Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Polskiej strategii wodorowej do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.”, z dnia 2 listopada 2021 r., M.P. z 2021 r. poz. 1138.

---

na celu osiągnięcie gospodarki niskoemisyjnej. Jednym z celów PSW jest stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego dotyczącego wodoru. Zgodnie z PSW gospodarka wodorowa jest rozumiana łącznie jako: technologie wytwarzania, magazynowania, dystrybucji i wykorzystania wodoru oraz jego pochodnych, obejmujące scentralizowane i rozproszone systemy wytwarzania, magazynowania, transportu wodoru z wykorzystaniem sieci przesyłowej i dystrybucyjnej, jak i innych form transportu, oraz jego następne wykorzystanie w różnych gałęziach gospodarki. Jak wynika z treści PSW, rząd polski planuje stworzenie regulacji, które usuną bariery rozwoju wodoru. W dokumencie wymieniono szereg obecnych regulacji, które zawierają luki lub wymagają uzupełnień o kwestie związane z technologiami wodorowymi. Jako przykłady takich luk można wskazać: brak definicji wodoru w ustawie z dnia 10 kwietnia 1997 r. prawo energetyczne<sup>161</sup> czy też brak definicji i regulacji dotyczących wodoru i instalacji do wytwarzania wodoru w ustawie o odnawialnych źródłach energii<sup>162</sup>.

Planowane zmiany mają wprowadzić do polskiego prawa definicję wodoru i ustalić czy wodór będzie uznawany za paliwo gazowe i czy będzie objęty szczególnymi regulacjami w tym zakresie. Ustawa o odnawialnych źródłach energii ma implementować Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (RED II)<sup>163</sup> poprzez objęcie wodoru systemem gwarancji pochodzenia. W celu stworzenia ram regulacyjnych funkcjonowania wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie oraz przepisów określających szczegóły funkcjonowania rynku planowane jest opracowanie legislacyjnego pakietu wodorowego. Działania te będą obejmowały między innymi określenie warunków technicznych dla stacji tankowania wodoru w ustawie o elektromobilności<sup>164</sup> oraz norm dla paliwa wodorowego<sup>165</sup> w ustawie o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw<sup>165</sup>. PSW wskazuje, że celem polskiego rządu jest opracowanie legislacyjnego pakietu wodorowego, dążącego do usunięcia barier rozwoju rynku wodoru oraz zachęcającego do stopniowego zwiększania wykorzystania odnawialnych źródeł energii na potrzeby elektrolizy. Obok nowelizacji poszczególnych ustaw mających wpływ na rynek wodoru, rozważane jest przyjęcie proponowanych zmian nie w formie nowelizacji aktualnie obowiązujących ustaw, ale poprzez wprowadzenie ustawy „Prawo wodorowe”, która kompleksowo i w jednym

---

<sup>161</sup> Ustawa prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r., Dz.U. z 2021 r. poz. 716.

<sup>162</sup> Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, Dz.U.2021.610 z dnia 2021.04.01.

<sup>163</sup> Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (OJ L 328, 21.12.2018, s. 82–209).

<sup>164</sup> Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r., Dz.U. z 2021 r. poz. 110.

<sup>165</sup> Ustawa o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw z dnia 25 sierpnia 2006 r., Dz.U. z 2021 r. poz. 133.

---

miejscu ureguluje działanie technologii wodorowych. Wskazać należy, że PSW zawiera jedynie hasła legislacyjne, które muszą zostać dopracowane w formie ustaw.

Prawo własności przemysłowej chronione jest w Polsce na podstawie ustawy prawo własności przemysłowej z dnia 30 czerwca 2000 roku<sup>166</sup> regulującej zagadnienia materialne i procesowe związane z uzyskiwaniem praw własności przemysłowej. Wspólną ścieżkę zgłaszania i udzielania patentów europejskich, obowiązujących w każdym z państw-członków Europejskiej Organizacji Patentowej (w tym w Polsce) wskazanych przez wnioskodawcę we wniosku o udzielenie patentu europejskiego ustala Konwencja o udzielaniu patentów europejskich<sup>167</sup>. Ochronę znaków towarowych na obszarze Unii Europejskiej reguluje Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1001 w sprawie znaku towarowego Unii Europejskiej<sup>168</sup>. Ochronę wzorów wspólnotowych, które gwarantują ochronę wzorów na terenie Unii Europejskiej, reguluje Rozporządzenie Rady (WE) NR 6/2002 w sprawie wzorów wspólnotowych<sup>169</sup>.

Analizując otoczenie patentowe w Polsce zostały wzięte pod uwagę publikacje polskich zgłoszeń patentowych dokonanych przez podmioty z Polski do Urzędu Patentowego RP.

Ze względu na niewielką ilość tych dokumentów, przeprowadzono badanie na podstawie kryteriów dotyczących wszystkich czterech scenariuszy rozwoju obszaru technologii wodorowych, szczegółowo omówionych w dalszej części dokumentu. Poszukiwano dokumentów patentowych, których skrót zawierał słowo kluczowe „wodór” (lub jego odmiany) i które zakwalifikowane byłyby w jednej z pięciu najbardziej istotnych dla badanych scenariuszy klas wg. Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (klasy te występowały najczęściej w dokumentach zidentyfikowanych w ramach badania globalnego otoczenia patentowego) (są to podklasy: C01B (wodór ogólnie), H01M (procesy konwersji energii), B01J (procesy chemiczne), C25B (procesy elektrolityczne), B01D (procesy rozdziału)).

---

<sup>166</sup> Ustawa prawo własności przemysłowej z dnia 30 czerwca 2000 r., Dz.U. z 2021 r. poz. 324.

<sup>167</sup> Konwencja o udzielaniu patentów europejskich (Konwencja o patencie europejskim), sporządzona w Monachium dnia 5 października 1973 r., zmieniona aktem zmieniającym artykuł 63 Konwencji z dnia 17 grudnia 1991 r. oraz decyzjami Rady Administracyjnej Europejskiej Organizacji Patentowej z dnia 21 grudnia 1978 r., 13 grudnia 1994 r., 20 października 1995 r., 5 grudnia 1996 r. oraz 10 grudnia 1998 r. wraz z Protokołami stanowiącymi jej integralną część (Dz. U. z 2004 r. Nr 79, poz. 737), Akt z dnia 29 listopada 2000 r. rewidujący Konwencję o udzielaniu patentów europejskich, sporządzoną w Monachium dnia 5 października 1973 r. (Dz. U. z 2007 r. Nr 236, poz. 1736).

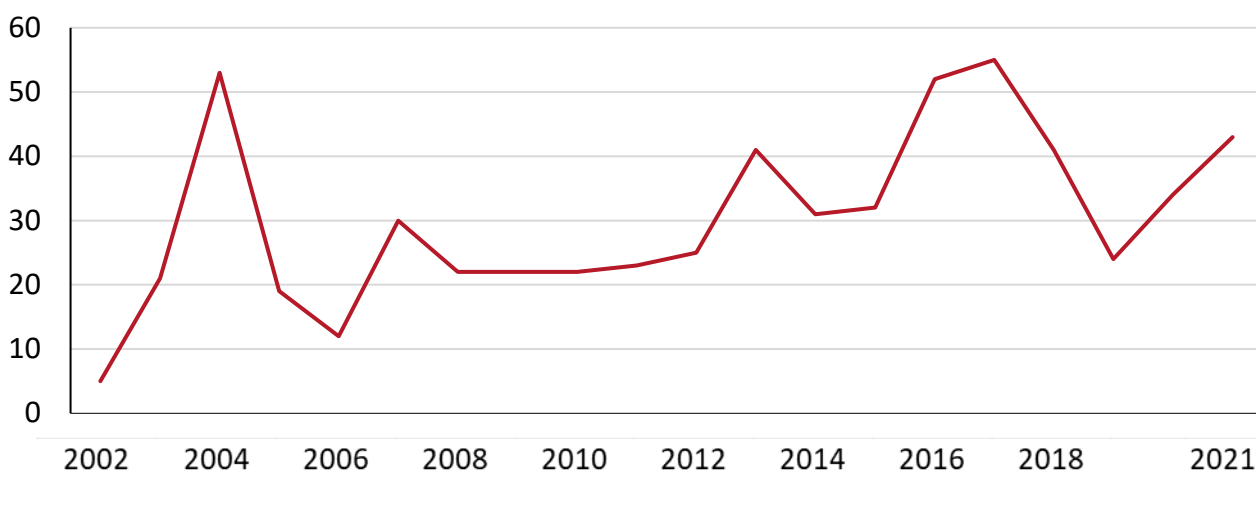
<sup>168</sup> Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1001 z dnia 14 czerwca 2017 r. w sprawie znaku towarowego Unii Europejskiej (Dz. Urz. UE. L 2017 Nr 154, str. 1).

<sup>169</sup> Rozporządzenie Rady (WE) nr 6/2002 z dnia 12 grudnia 2001 r. w sprawie wzorów wspólnotowych (Dz. Urz. UE. L 2002 Nr 3, str. 1).

Jak przedstawia to Rysunek 28, liczba publikacji polskich zgłoszeń patentowych dotyczących technologii wodorowych zmienia się w czasie. Nie występuje tu dynamiczny trend wzrostowy jaki można zauważyć w przypadku publikacji ogólnościowych (za który odpowiada przede wszystkim przyrost publikacji chińskich).

Najbardziej aktywne podmioty dokonujące zgłoszeń patentowych w Polsce w tej dziedzinie, to przede wszystkim uczelnie (Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Politechnika Warszawska, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu).

**Rysunek 28. Liczba polskich zgłoszeń patentowych dotyczących technologii wodorowych zgłoszonych w latach 2002-2021**



Źródło: badanie własne w bazie danych UPRP

Wynalazki objęte zgłoszeniami z badanej grupy były zgłaszane w przeważającej liczbie jedynie w Polsce (około 90% zgłoszeń), tylko nieliczne z nich były zgłaszane za granicą – 8% w Europie, 4% w USA (wartości te nie kumulują się, gdyż część zgłoszeń była rejestrowana zarówno w Europie, jak i w Stanach Zjednoczonych).

Z uwagi na powyższe wskazane jest podjęcie przez polskie podmioty intensywniejszych działań w zakresie ochrony i komercjalizacji swoich wynalazków za granicą.

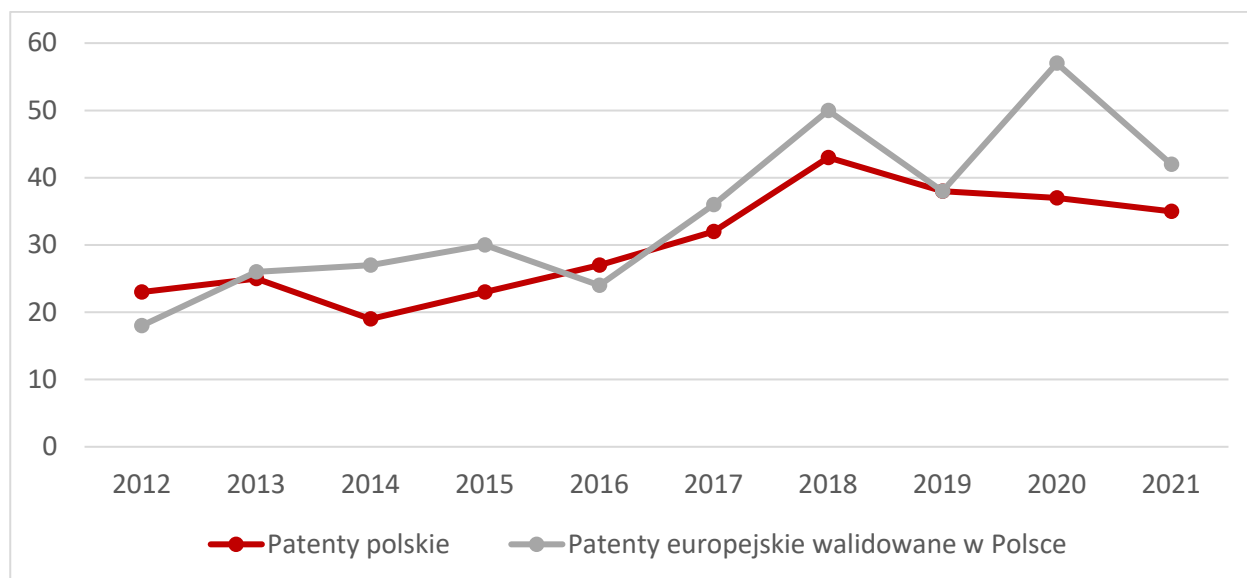
Widoczny jest brak polskich zgłoszeń patentowych ze strony podmiotów zagranicznych – podmioty te zasadniczo uzyskują ochronę patentową w Polsce poprzez walidacje patentów europejskich, gdyż w strategii ochrony międzynarodowej jest to rozwiązanie korzystniejsze od dokonywania krajowych zgłoszeń patentowych.

W celu porównania ilości rozwiązań chronionych w Polsce na rzecz podmiotów polskich i zagranicznych, Rysunek 29 ilustruje liczbę patentów technologii wodorowych (kryterium doboru analogicznie jak dla omówionych powyżej polskich zgłoszeń patentowych) opublikowanych w kolejnych latach, z podziałem na patenty polskie i patenty europejskie walidowane w Polsce



(porównanie nie obejmuje zgłoszeń patentowych, gdyż liczba zgłoszeń europejskich jest około stukrotnie większa od liczby polskich zgłoszeń patentowych, lecz tylko niewielka część patentów jest walidowana w Polsce).

Rysunek 29. Liczba corocznie publikowanych nowych polskich patentów dotyczących technologii wodorowych wraz z liczbą patentów europejskich walidowanych w Polsce w latach 2012-2021



Źródło: badanie własne w bazie danych UPRP

### 3.9. Analiza trendów rozwojowych

Trendy związane z rozwojem technologii wodorowych w Polsce są związane z realizacją Europejskiego Zielonego Ładu oraz innych zobowiązań międzynarodowych, jako kluczowych instrumentów regulacyjnych prowadzących do dekarbonizacji krajów i osiągnięcia neutralności klimatycznej. Kluczowe jest również budowanie krok po kroku rynku gospodarki wodorowej, a więc podaży technologii (z odpowiednim systemem wsparcia) i popytu rynkowego w poszczególnych obszarach gospodarki wodorowej (również z systemem wsparcia).

Do najważniejszych trendów rozwojowych w Polsce w obszarze technologii wodorowych należą:

#### Trendy w zakresie produkcji wodoru

**Wzrost liczby projektów i intensyfikacja działań mających na celu uruchomienie produkcji wodoru zeroemisyjnego.** Ze względu na śladową produkcję wodoru w procesie elektrolizy w Polsce i ogółem na świecie, niezbędne jest stworzenie całego systemu produkcji zielonego wodoru. Obecnie obserwowany jest wzrost liczby realizowanych projektów związanych z produkcją wodoru i należy się spodziewać, że będzie on przybierał na sile. W Polskiej Strategii Wodorowej wyznaczony cel zakłada uruchomienie instalacji elektrolizy o mocy 2GW do produkcji wodoru do roku 2030. Kluczowe będzie w tym procesie zapewnienie energii z OZE. Najbardziej efektywne

---

(przy uwzględnieniu nakładów finansowych) będzie pozyskanie energii z lądowych farm wiatrowych, a w kolejnych latach z morskich farm wiatrowych. Panele słoneczne mogą stać się źródłem energii do produkcji wodoru z przejściowych nadwyżek energii, jednak na obecnym poziomie rozwoju dla zapewnienia progowej opłacalności produkcji konieczne jest budowanie instalacji powyżej 3-5 MW. Potencjał OZE należy uznać za krytyczny czynnik tworzenia łańcucha gospodarki wodorowej, bowiem wg dostępnych opracowań ok 60-70 % wartości przemysłu wodorowego będzie budowane na dostępności OZE do produkcji H<sub>2</sub>.

**Wykorzystanie biomasy i odpadów do produkcji wodoru niskoemisyjnego.** Polska posiada duży potencjał w zakresie wytwarzania energii z biomasy i odpadów, głównie ze względu na wysoką gęstość zalesienia, a także rozporoszony i stosunkowo duży sektor rolnictwa. Dla realizacji produkcji niskoemisyjnego wodoru z biomasy i odpadów, kluczowy jest rozwój otoczenia regulacyjno-finansowego, gdyż technologia jest już opanowana. Należy dążyć do aktywizacji lokalnych społeczności oraz rolników w zakresie rozwoju koncepcji energetyki rozproszonej, gdzie jednostki na biomasę mogą pełnić kluczową rolę nie tylko w zakresie produkcji wodoru, ale także w kontekście substytucji gazu ziemnego lub produkcji niskoemisyjnej energii elektrycznej. Pewną barierą w zakresie rozwoju opłacalnej produkcji wodoru z biomasy może być konieczność uruchomienia dużych instalacji, a w związku z tym wysokie zapotrzebowanie na biomasę rzędu nawet 100-150 tys. ton rocznie. Oznacza to konieczność zbudowania sprawnego łańcucha logistycznego.

#### **Trendy w zakresie magazynowania wodoru**

**Wykorzystanie wodoru jako wielkoskalowego i sezonowego magazynu energii.** Wodór sam w sobie jest magazynem energii, tzn. jest nośnikiem, a nie źródłem energii. Rola tego czynnika wzrośnie w obliczu tendencji do elektryfikacji systemu energetycznego, któremu musi towarzyszyć odpowiednia zdolność do magazynowania energii

**Wykorzystanie kavern solnych do podziemnego przechowywania wodoru.** Rozwój tej metody magazynowania połączonej w przyszłości z wielkoskalowymi instalacjami OZE oraz siecią połączeń gazowych transportujących wodór, może być stymulatorem procesu integracji sektora elektroenergetycznego, ciepłowniczego i gazowego oraz przyczynić się do powstania sprawnie funkcjonującej, efektywnej gospodarki wodorowej.

#### **Trendy w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru**

**Wykorzystanie istniejącej sieci przesyłowej gazu do przesyłu wodoru.** Polska posiada relatywnie dobrze rozwiniętą sieć połączeń gazowniczych – przesyłowych i dystrybucyjnych, która jest ciągle rozbudowywana. Z uwagi na znaczące różnicowanie materiałowe i eksploatacyjne cała sieć nie może służyć do mieszania i przesyłu gazu ziemnego z wodorem, a jedynie jej niektóre fragmenty, w tym również po pewnym dostosowaniu. Niemniej z punktu widzenia nowych wyzwań regulacyjnych (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspólnych zasad rynków wewnętrznych gazów odnawialnych i gazu ziemnego oraz wodoru; COM (2021) 803), które zakładają, że w perspektywie kilku lat na łączach transgranicznych systemu przesyłowego (a więc i

---

najpewniej w systemie dystrybucyjnym) może pojawić się do kilku procent gazów zdekarbonizowanych – w tym wodoru – kluczowe będzie prowadzenie badań w zakresie mieszania gazu i wodoru oraz budowanie infrastruktury gotowej na stopniowe zwiększanie roli wodoru (z ang. *hydrogen-ready*).

**Budowa oraz rozbudowa infrastruktury do tankowania wodoru dla pojazdów elektrycznych wykorzystujących ogniwa wodorowe.** Przewidywany rozwój rynku mobilności opartej na ogniwach paliwowych wykorzystujących wodór, wymaga budowy infrastruktury tankowania pojazdów. W chwili obecnej rozwój wodoromobilności jest poniekąd ograniczony brakiem dostępnej infrastruktury do tankowania wodoru. Pojazdy napędzane wodorowymi ogniwami paliwowymi zdobywają jednak coraz większy udział w rynku globalnym, a także w Polsce (choć jest to wciąż udział marginalny), zatem stworzenie sieci tankowania wodoru jest niezbędne i jest już planowane do realizacji, m.in. przez Orlen (w skali komercyjnej), a także przez firmy prywatne.

### Trendy w zakresie wykorzystania wodoru

**Coraz szybszy rozwój technologii wykorzystujących wodór, spowodowany realizacją procesu dekarbonizacji gospodarki.** Z punktu widzenia celów dekarbonizacyjnych oraz specyfiki krajowego systemu elektroenergetycznego, ciepłowniczego (oba są porównywalne pod względem zainstalowanych mocy wytwarzania energii i wykorzystują węgiel) oraz gazowniczego, który musi przejść gruntowną rekonstrukcję, istotne będzie takie zaprojektowanie procesów, aby zapewnić płynne przejście od węgla i gazu do wodoru. Szczególnie istotne będzie więc uwzględnienie w procesie rozwoju infrastruktury gazowniczej możliwości jej użycia na potrzeby wodoru oraz już na obecnym etapie, możliwości współspalania wodoru i gazu ziemnego tak by obniżyć emisyjność tego drugiego i spełnić zaostrzające się kryteria regulacyjne.

**Wykorzystanie napędów nisko i zeroemisyjnych w transporcie towarów.** Warto zauważyć, że w sektorze transportu, który jest trudny w elektryfikacji, Polska posiada bardzo duże kompetencje i możliwości związane z dobrze rozbudowaną siecią połączeń towarowego transportu drogowego. W zakresie produkcji, w Polsce zlokalizowane są fabryki wielu producentów różnych pojazdów, o czym świadczy znaczna liczba produkowanych pojazdów osobowych, ciężarowych i dostawczych. W obszarze wykorzystania pojazdów, polskie firmy logistyczne posiadają największy udział na rynku drogowego transportu towarów w UE. W obliczu regulacji unijnych, odnoszących się zarówno do norm emisji pojazdów eksploatowanych przez firmy logistyczne, jak również co ważniejsze, do norm emisji dla producentów pojazdów, napędy nisko i zeroemisyjne będą w coraz większym zakresie wykorzystywane w pojazdach towarowych. Stwarza to realną szansę dla podmiotów opracowujących technologie wodorowe do nawiązania współpracy w charakterze poddostawcy komponentów, z producentami pojazdów, szczególnie tymi zlokalizowanymi na terytorium Polski.

**Dynamiczny rozwój rynku elektrycznych autobusów miejskich zasilanych ogniwami wodorowymi.** Atrakcyjnym rynkiem, który będzie się rozwijał prawdopodobnie w najszybszym tempie w całym sektorze transportu, jest rynek autobusów miejskich. Producenci posiadają już pierwsze gotowe produkty, a zdolność produkcyjna przystosowywana jest do znacznej

popularyzacji autobusów z ogniwem paliwowym w najbliższej dekadzie. Kluczowa jest informacja, że producenci autobusów są w dużym stopniu integratorami technologicznymi, którzy nie produkują własnych baterii do autobusów typu BEV ani zbiorników na gaz (gaz ziemny czy wodór). W związku z tym firmy te otwarte są na współpracę z poddostawcami innowacyjnych podzespołów, szczególnie w przypadku ich bardzo ograniczonej dostępności rynkowej.

### Trendy w budowie łańcucha wartości gospodarki wodorowej

#### Włączanie się polskich producentów do globalnego łańcucha wartości technologii wodorowych.

W wielu sektorach istnieje wysoki potencjał włączenia polskich firm w globalny łańcuch technologii wodorowych. Przy dzisiejszym stanie rozwoju rynku zielonego wodoru trudno określić szczegółowe polskie specjalizacje na rynku wodorowym, jednak wydaje się, że poziom Tier 2 – Tier 3 mógłby być osiągalny dla polskich podmiotów przy uwzględnieniu ewentualnego wsparcia rządowego, np. w zakresie elektrolizerów stałotlenkowych opracowywanych przez Instytut Energetyki i AGH.

Finalnie należy wskazać, że głównym wyzwaniem w zakresie rozwoju rynku krajowego jest stworzenie odpowiedniego otoczenia regulacyjno-finansowego, które sprawiłoby, że inwestycje w elektrolizę z OZE stałyby się finansowo atrakcyjne. Bez głębokiego usankcjonowania wodoru w prawodawstwie nie będzie możliwe jego komercyjne wykorzystanie. Rozwój technologiczny nie jest w tym przypadku najważniejszą barierą. Optymalizacja technologiczna w zakresie kosztów elektrolizerów czy ich efektywności, a także rozwój krajowej specjalizacji może nastąpić dopiero przy odpowiedniej aktywności inwestorskiej i przy założeniu, że gospodarka wodorowa w Polsce jest już w pewnym stopniu utworzona.

Tabela 15. Potencjał rozwoju poszczególnych segmentów rynku gospodarki wodorowej w Polsce

Zastosowanie/ technologia	Potencjał integracyjny 2025	Potencjał integracyjny 2030	Uwagi
FCEB	OEM – Tier 1	OEM, Tier 1	Kompetencje w produkcji autobusów, potencjał inżynierski
LFCEV (+pociągi, statki)	Tier 2 – Tier 3	Tier 1 – OEM	Potencjał do wejścia na rynek, produkcja wielu komponentów pojazdów w Polsce
FCEV	Tier 3 – Tier 2	Tier 2 – Tier 1	Konkurencyjny rynek, możliwość dostaw komponentów
HRS	Tier 2 – Tier 1	Tier 1 – OEM	Potrzebne kompetencje integracyjne, potencjał: np. stacje dla autobusów

LH <sub>2</sub>	Tier 3 – Tier 2	Tier 1 – OEM	Dostępność technologii skraplania, urządzeń „krio”
CHP	Tier 3 – Tier 2	Tier 2 – Tier 1	Potrzebne kompetencje integracyjne
Elektrolizery/ ogniwa	Tier 2 – Tier 1	OEM – Tier 1	Wysokie krajowe kompetencje, duże doświadczenie i potencjał – głównie SOFC
Zbiorniki ciśnieniowe	Tier 2 – Tier 1	Tier 1 – OEM	Krajowe kompetencje w zakresie wysokich ciśnień
Kompresory	Tier 3 – Tier 2	Tier 2 – Tier 1	Duży potencjał, liczni producenci w Polsce
Układy chłodzenia	Tier 3 – Tier 2	Tier 1 – OEM	Duży potencjał, liczni producenci w Polsce
Rury, kompozyty, nowe materiały	Tier 3 – Tier 2	Tier 1 – OEM	Duży potencjał, szczególnie w warunkach rozwoju gazowej infrastruktury dedykowanej
Pomiary, detekcja, bezpieczeństwo, IT	Tier 2 – Tier 1	Tier 1 - OEM	Krajowe kompetencje, duży potencjał

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Analizy potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku”<sup>170</sup>. Objasnienia do tabeli znajdują się poniżej.

#### Objasnienia do Tabeli 15:

- Tier 3 (*material manufacturer* – producent/ wytwórca surowców, podstawowych elementów);
- Tier 2 (*parts manufacturer* – producent części motoryzacyjnych);
- Tier 1 (*system manufacturer* – producent złożonych systemów i części, modułów).

<sup>170</sup> Badanie i publikacja realizowane w ramach programu priorytetowego nr 5.1.1 „Wsparcie Ministra Klimatu w zakresie realizacji polityki klimatycznej Część 1) Ekspertyzy, opracowania, realizacja zobowiązań międzynarodowych” przez Wydział Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, Instytut Energetyki, Instytut Ekologii i Terenów Uprzemysłowionych ze środków NFOŚiGW, (2021).

Na końcu procesu jest producent dobra finalnego – OEM (*Original Equipment Manufacturer*), czyli tzw. integrator jako producent zamykający cały cykl, nadający produktowi określoną markę.

- HRS – stacje tankowania wodoru;
- FCEV – pojazdy osobowe;
- FCEB – autobusy;
- LFCEV – pojazdy dostawcze i użytkowe;
- LH<sub>2</sub> – kriogenika;
- CHP – kogeneracja.

### 3.10. Analiza SWOT i PESTEL

Poniżej zaprezentowana została analiza silnych i słabych stron, szans i zagrożeń dla obszaru technologii wodorowych z perspektywy podmiotów operujących na polskim rynku. Analiza pozwala na kompleksowe wnioskowanie odnośnie głównych pozytywnych i negatywnych czynników oddziałujących na rynek, zarówno z perspektywy wewnętrznej, jak i zewnętrznej organizacji/ podmiotu. Przedstawione wnioski pochodzą zarówno od uczestników spotkań Smart Lab, jak i reprezentują kluczowe spostrzeżenia uwzględnione w ramach Polskiej Strategii Wodorowej<sup>171</sup>.

Tabela 16. Analiza SWOT dla obszaru technologii wodorowych w Polsce

Silne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"><li>• Polskie przedsiębiorstwa z branży chemicznej, petrochemicznej i gazowniczej posiadają doświadczenie w produkcji i wykorzystaniu wodoru (głównie na potrzeby własne).</li><li>• Polska jest jednym z największych producentów wodoru szarego w UE.</li><li>• Polska posiada łatwy dostęp do lokalnych surowców wykorzystywanych do niskoemisyjnej produkcji wodoru, np. bioodpadów.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• W porównaniu do liderów europejskich i światowych, Polska posiada stosunkowo niewielki potencjał komercjalizacyjny i produkcyjny w obszarze wysoce innowacyjnych technologii wodorowych, w tym kluczowych podzespołów technologii wodorowych – elektrolizerów, ogniw paliwowych itp.</li><li>• Niekorzystne uwarunkowania polskiego sektora technologii wodorowych – istnieje wysoka liczba małych podmiotów,</li></ul>

<sup>171</sup> Strona internetowa gov.pl, [Polska Strategia Wodorowa do roku 2030](#). Dostęp 14.04.2022.

## Silne strony

- Korzystne ukształtowanie geologiczne kraju (np. możliwość magazynowania w kawernach solnych).
- Centralne położenie geograficzno-polityczne, stanowiące przewagę konkurencyjną kraju w odniesieniu do potencjalnej dystrybucji wodoru.
- Bardzo dobrze rozbudowana infrastruktura gazowa kraju.
- Wysoki potencjał wdrażania technologii bazujących na OZE w Polsce, z uwagi na wciąż jeszcze silne uzależnienie od węgla.

## Słabe strony

- które dysponują nowoczesnymi rozwiązaniami, na wdrożenie których nie posiadają środków finansowych.
- Wysokie koszty związane z prowadzeniem prac B+R w obszarze technologii wodorowych.
- Bardzo duże uzależnienie programów badawczych i inwestycyjnych od finansowania ze środków unijnych.
- Uzależnienie od importu w wielu elementach łańcucha wartości technologii wodorowych.
- Słabo rozwinięty łańcuch wartości technologii wodorowych w Polsce – brak komercyjnych możliwości stosowania wodoru na szeroką skalę (zarówno brak strony podażowej, jak i popytowej, oraz brak odpowiedniej infrastruktury B+R do prowadzenia projektów w obszarze technologii wodorowych).
- Brak świadomości w zakresie światowych megatrendów i szans/ konsekwencji z nich wynikających, co obniża efektywność projektowania programów badawczych i rozwojowych z dziedziny OZE.
- Brak rozwiązań systemowych w obszarze edukacji, w tym m.in. w zakresie rozwoju mapy kompetencji, systemów kształcenia PRK, co przekłada się na brak zasobów i doświadczonych kadry do wdrażania gospodarki opartej o technologie wodorowe.
- Brak badań potwierdzających możliwość wykorzystania istniejącej w Polsce sieci gazowej do transportu gazu z domieszką wodoru.
- Brak integracji środowisk naukowych i przemysłu, co skutkuje znaczącym

Silne strony	Słabe strony
	<p>obniżeniem efektywności prowadzonych prac B+R.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bardzo wysokie koszty transportu wodoru oraz badań nad technologią w związku z brakiem rozwiniętego łańcucha wartości technologii wodorowych.</li> <li>• Niedostateczne przygotowane regulacje prawne, ograniczające wdrażanie rozwiązań wodorowych na szeroką skalę.</li> <li>• Brak spójnych regulacji dot. wodoru, brak „prawa wodorowego” (np. Jak traktować wodór jako paliwo do pojazdów? Jakie normy stosować przy tworzeniu sieci przesyłowych?).</li> <li>• Relatywnie niska dostępność i poziom rozwoju infrastruktury badawczej do prowadzenia prac B+R.</li> <li>• Środki przeznaczane na badania i rozwój (B+R) w Polsce, w tym w zakresie wodoru i ogniw paliwowych są zdecydowanie mniejsze niż w innych krajach UE, które są liderami w tej dziedzinie (np. w Niemczech i Francji).</li> </ul>

Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zmiany w polityce klimatycznej oraz energetycznej UE i Polski zmierzające w kierunku ograniczania negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne (m.in. odchodzenie od paliw konwencjonalnych na rzecz rozwiązań niskoemisyjnych).</li> <li>• Duże pozakrajowe środki finansowe, potencjalnie dostępne na finansowanie kluczowych inwestycji wodorowych, częściowo lub w całości realizowanych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dofinansowania projektów realizowane głównie bądź jedynie na wybranych elementach łańcucha wartości H<sub>2</sub> (np. zakup autobusów miejskich) oraz brak realizacji wszystkich krytycznych, podstawowych projektów inwestycyjnych we wszystkich elementach łańcucha wartości, co może zaburzyć prawidłowe działanie poszczególnych elementów łańcucha wartości H<sub>2</sub>.</li> </ul>



Szanse	Zagrożenia
<p>w Polsce, w szczególności dla MŚP (np. programy europejskie, współpraca międzynarodowa).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Duży potencjał do implementacji technologii wodorowych w sektorze energetycznym, wynikający z potrzeby dużych inwestycji i modernizacji w energetyce, a także w sektorze transportowym czy innych sektorach wymagających pilnej dekarbonizacji.</li> <li>• W krótkiej perspektywie czasowej, przy szybkim uruchomieniu produkcji zielonego wodoru i małym krajowym zapotrzebowaniu będzie istniała potencjalna możliwość eksportu zielonego wodoru.</li> <li>• Aktualny poziom B+R i dalszy jego rozwój, a także potencjał przemysłowy w zakresie wodoru dają duże szanse na wykreowanie własnych, w tym przełomowych, technologii.</li> <li>• Posiadany potencjał B+R oraz przemysłowy pozwala na łatwą absorpcję technologii zagranicznych.</li> <li>• Wskazywana w wielu dokumentach strategicznych rola wodoru jako kluczowego elementu w procesie dekarbonizacji gospodarki.</li> <li>• Wysoki potencjał na przeprowadzenie procesu transformacji energetycznej z pominięciem gazu ziemnego (doświadczenia z Niemiec, konsekwencje wojny na Ukrainie).</li> <li>• Powstanie inicjatyw lokalnych – dolin wodorowych, które w realny sposób mogą przyczynić się do szybszego rozwoju wszystkich ogniw wodorowego łańcucha wartości. Krajowe podmioty wykazują</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brak wdrożenia krajowych certyfikacji wodorowych, co może uniemożliwić lub utrudnić ewentualny handel wodorem na rynku europejskim.</li> <li>• Brak zaplanowanego i konkretnego planu rozwoju sieci tankowania wodoru w Polsce (poza planowanymi stacjami PKN Orlen).</li> <li>• Ograniczona rynkowa dostępność technologii wodorowych, szczególnie w najbliższych 5-10 latach, związana z dużym zainteresowaniem „urządzeniami wodorowymi” na świecie oraz ograniczoną podażą.</li> <li>• Niewystarczająca dojrzałość technologii wodorowych w poszczególnych elementach łańcucha wartości, opóźniająca proces globalnego upowszechnienia rozwiązań wodorowych.</li> <li>• Niepewność związana z koniunkturą gospodarczą na świecie i UE w obliczu pandemii i wojny w Ukrainie.</li> <li>• Niedostosowanie systemu edukacji lub brak uruchomienia programów kształcenia w obszarze technologii wodorowych, co może przełożyć się na brak kadry pracowniczej i naukowej w obszarze gospodarki wodorowej.</li> <li>• Pomimo rosnącej świadomości konsumentów, w społeczeństwie wciąż funkcjonują mity dotyczące niebezpieczeństwa stosowania technologii wodorowych („bomba wodorowa” lub katastrofa Hindenburga).</li> </ul>

Szanse	Zagrożenia
<p>wysokie zainteresowanie tworzeniem wspólnych inicjatyw na rzecz pogłębiania wiedzy o wodorze i rozwoju technologii wodorowych.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wysoki potencjał upatrywany jest w wytworzeniu systemu gotowego dla przyjęcia alternatywnych zastosowań technologii wodorowych (np. obranie kierunku ciepłownictwa, zamiast bilansowania przez technologie Power-to-Gas).</li> <li>• Wojna na Ukrainie oraz sankcje nałożone na Rosję mogą przyspieszyć rozwój i inwestycje w technologie wodorowe w Polsce.</li> <li>• Potencjalna możliwość produkcji wodoru z wykorzystaniem regionalnie wytwarzanych odpadów (komunalnych/przemysłowych), co może stanowić podstawę budowy rozproszonych, lokalnych instalacji produkcji i dystrybucji wodoru (jest to technologia polskiej produkcji).</li> </ul>	

Źródło: opracowanie własne na podstawie spotkań Smart Lab i Polskiej Strategii Wodorowej<sup>172</sup>

Poniżej zaprezentowana została analiza PESTEL – analiza uwarunkowań makroekonomicznych w odniesieniu do czynników politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, środowiskowych oraz prawnych. Przedstawione wnioski pochodzą od uczestników spotkań SL.



#### Czynniki polityczne

Wśród czynników politycznych, warunkujących funkcjonowanie polskiego obszaru technologii wodorowych należy wymienić przede wszystkim „trend” związany z dekarbonizacją gospodarki – odchodzeniem od energii pochodzącej z paliw kopalnych, jak również minimalizacją wykorzystania tychże paliw przez konsumentów indywidualnych. Długoterminowy plan transformacji energetycznej, pomimo, że jego realizacja jest niezbędna, budzi jednak liczne obawy, przede

<sup>172</sup> Strona internetowa gov.pl, [Polska Strategia Wodorowa do roku 2030](#). Dostęp 14.04.2022.

wszystkim pracownikom zatrudnionych w sektorach najbardziej związanych z „brudną energią”, jak na przykład górników. Negatywnie na funkcjonowanie obszaru technologii wodorowych wpływają również luki w zakresie istnienia polityk i wytycznych warunkujących funkcjonowanie i inwestycje w obszarze technologii wodorowych, co zostanie opisane w punkcie dotyczącym czynników prawnych. Optymistycznym akcentem pozostaje jednak długoterminowa szansa kreowana przez technologie wodorowe, która jest wynikiem wysokiego potencjału wodoru do energetycznego uniezależnienia się Polski od importu surowców energetycznych.



#### Czynniki ekonomiczne

Do czynników ekonomicznych należy zaliczyć stale rosnące ceny gazu, ropy i węgla, które powodują, że produkcja wodoru staje się coraz bardziej opłacalna i zasadna z ekonomicznego punktu widzenia.

Z pewnością istotnym czynnikiem są także liczne możliwości stosowania wodoru w wielu sektorach gospodarki z energetyką oraz transportem na czele, w których (w związku z dekarbonizacją) upatruje się znaczącego źródła rosnącego popytu. Niestety na chwilę obecną trudno jest stwierdzić kiedy rynek mógłby zaobserwować skokowy wzrost popytu na wodór z uwagi na nierozwinięty (nie tylko w skali globalnej, ale też polskiej) łańcuch wartości technologii wodorowych. Bez wzrostu liczby realnych przykładów zastosowania wodoru (np. poprzez upowszechnienie się aut elektrycznych, w tym zasilanych wodorowymi ogniwami paliwowymi) nie należy się spodziewać dynamicznego rozwoju tego łańcucha (np. wzrostu liczby stacji tankowania wodoru, sieci przesyłowej oraz zdolności wytwórczych). W efekcie obecnie technologie wodorowe są bardzo kapitałochłonne, ewentualne wdrożenia realizowane są głównie w małej skali, a sam wodór jako nośnik energii jest mniej opłacalny ekonomicznie od węgla czy gazu. Potencjał ekonomiczny wodoru tkwić może także w możliwości wykorzystania technologii wodorowych do niwelowania ograniczeń Krajowego Systemu Elektroenergetycznego przy budowie infrastruktury wykorzystującej mniej stabilne OZE. Szacuje się, że docelowo rozwinięty łańcuch wartości technologii wodorowych przełoży się na obniżenie cen energii, jak również będzie źródłem wielu nowych miejsc pracy. Pomimo już i tak licznych inicjatyw mających na celu wsparcie opracowywania technologii wodorowych (np. poprzez dedykowane konkursy i instrumenty wsparcia), dalsze zwiększenie skali inwestycji publicznych w projekty wodorowe ma realną szansę na przyspieszenie budowy wodorowego łańcucha wartości, dążąc do większej opłacalności wykorzystania wodoru.



#### Czynniki społeczne

Wśród czynników społecznych mających wpływ na rozwój sektora technologii wodorowych należy wymienić głównie obawy społeczne szeroko związane z rozwojem technologii wodorowych. Do tych obaw należą te w zakresie bezpieczeństwa wykorzystania wodoru jako nośnika energii. Brak prowadzonych działań na dużą skalę mających na celu uświadomienie korzyści wynikających ze stosowania wodoru skutkuje faktem, że przez znaczącą część społeczeństwa wodór postrzegany jest nie jako przyszłość energetyki, a jako pierwiastek wykorzystany w bombie wodorowej czy łatwopalny gaz, który spowodował katastrofę sterowca Hindenburg. Istotna jest także obawa dużej części społeczeństwa, które związane jest zawodowo od pokoleń z pozyskiwaniem jednego z dominujących obecnie źródeł energii – węgla (górników), jak również tej części społeczeństwa,

któremu zależy na wykorzystaniu jak najtańszych źródeł energii, często nielegalnych (jak np. ogrzewanie domów spalaniem „śmieciami”). Z drugiej jednak strony społeczeństwo może wywierać presję na rząd lub organy regulacyjne, przez co technologie wodorowe mogą zostać upowszechnione szybciej. Na przykład w obliczu upowszechnienia się na polskim rynku pojazdów wodorowych, presja społeczna może przyspieszyć budowę sieci stacji tankowania wodoru oraz sieci przesyłowej. Rosnąca świadomość społeczeństwa w zakresie postępujących zmian klimatycznych i konieczności ochrony środowiska również pozytywnie wpływa na rozwój rynku technologii wodorowych, gdyż presja społeczna motywować może rządzących do podejmowania działań mających na celu odejście od paliw kopalnych, dla których wodór jest alternatywą.



**Czynniki technologiczne**

Wśród czynników technologicznych najistotniejszym jest brak rozwiniętego łańcucha wartości technologii wodorowych. Taka sytuacja tworzy pewnego rodzaju negatywne sprzężenie zwrotne – brak rozwiniętego jednego z ogniw łańcucha wartości znacząco spowalnia i ogranicza rozwój pozostałych. W Polsce projekty realizowane w obszarze technologii wodorowych znajdują się we wczesnych fazach rozwoju a potencjalni odbiorcy technologii wodorowych niechętnie inwestują w rozwiązania, które nie osiągnęły jeszcze komercyjnej, masowej skali wdrożeń. Z drugiej jednak strony, brak komercyjnej skali wdrożeń nie pozwala często producentom na dopracowanie technologii oraz osiągnięcie efektu skali i w rezultacie opłacalności tego typu projektów. Istotnym czynnikiem rzutującym na technologie są również uwarunkowania geopolityczne Polski, przekładające się na istnienie kawern solnych (w których można magazynować wodór) czy centralne położenie w Europie. Oba te czynniki stanowią mogą o przewadze konkurencyjnej Polski względem innych krajów, determinując zakres merytoryczny części projektów B+R w obszarze technologii wodorowych, jak np. technologie składowania wodoru w kawernach czy projekty związane z dystrybucją wodoru. Również dobrze rozwinięta sieć dystrybucji gazu w Polsce stanowi potencjalnie podatny grunt do realizacji projektów B+R mających na celu badanie możliwości wykorzystania tejże sieci przesyłowej do przesyłu mieszanki wodoru.



**Czynniki środowiskowe**

Najważniejszym ze wszystkich czynników związanych z funkcjonowaniem obszaru technologii wodorowych jest „ekologiczność”, jakiej docelowo upatruje się zarówno w wykorzystaniu wodoru jako nośnika energii, jak i w procesach jego produkcji. Wodór jest praktycznie niewyczerpalnym zasobem, a jego wykorzystanie generuje jeden z najniższych możliwych do osiągnięcia śladów węglowych. To właśnie wodór jest uważany za przyszłość zielonej energii i bardziej efektywną alternatywę dla energii słonecznej czy wiatrowej, a na świecie wiele krajów opracowuje i realizuje szeroko zakrojone polityki w zakresie transformacji energetycznej zmierzającej do stosowania wodoru jako głównego nośnika energii.



**Czynniki prawne**

W nawiązaniu do czynników prawnych, mających wpływ na funkcjonowanie polskiego obszaru technologii wodorowych należy wymienić przede wszystkim konieczność dekarbonizacji gospodarki, która jest wymagana różnymi krajowymi i unijnymi przepisami, traktatami i porozumieniami.

---

W Polsce brakuje jednak „prawa wodorowego”, czyli jasno określonego zbioru regulacji, przepisów i norm, które określałyby wymagania i możliwości funkcjonowania podmiotów operujących w obszarze technologii wodorowych. Brak takich regulacji jest źródłem licznych luk prawnych, które wiele kwestii kluczowych dla podejmowania przez firmy decyzji o inwestycji pozostawiają w sferze domysłów. Przykładem takich „braków” może być brak norm w zakresie projektowania i budowy sieci przesyłowych wodoru czy też kwestia spornego traktowania wodoru jako paliwo lub surowiec. Pozytywnym elementem jest jednak ustawa o elektromobilności, która poniekąd „wymusza” na jednostkach samorządowych inwestycje w nisko- i zeroemisyjne środki transportu, do których zalicza się pojazdy „zasilane wodorem”.



## 4. Przegląd dostępnych źródeł wsparcia niekomercyjnego

Oferta wsparcia finansowego na przedsięwzięcia związane z rozwojem technologii wodorowych, czy ogniw paliwowych, zaprezentowana w poniższym zestawieniu, obejmuje zarówno źródła Komisji Europejskiej (KE), unijne, jak i fundusze krajowe. W tym zakresie już teraz dostępne są wybrane konkursy, niemniej do końca bieżącego roku (2022) powinny zostać uruchomione kolejne programy, z których potencjalni beneficjenci będą mogli czerpać istotne korzyści.

Zestawienie obejmuje również wskazanie dostępnych aktualnie preferencji podatkowych, nieograniczających się wyłącznie do technologii wodorowych, natomiast cieszących się rosnącą popularnością podatników (jak szczególnie ulga badawczo-rozwojowa).

Poniższe tabele prezentują szczegółowe informacje odnośnie wybranych źródeł wsparcia dostępnych na moment przeprowadzenia analizy (kwiecień/ maj 2022 r.) lub zaplanowanych na 2022 r.

Tabela 17. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych na poziomie Komisji Europejskiej

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Horyzont Europa <sup>173</sup>	<p>Program oferuje różnorodne konkursy, w ramach których dofinansowanie mogą otrzymać przedsiębiorcy realizujący inicjatywy związane z technologiami wodorowym oraz ogniwami paliwowymi. Wspierane są m.in. przedsięwzięcia, które mają na celu wsparcie łańcucha wartości oraz zwiększenie skali technologii wodorowych, tj. odnoszące się szczególnie do następujących obszarów:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <b>wykorzystanie</b> wodoru, w tym zapewnienie bezpiecznej eksploatacji;</li><li>2. <b>wytwarzanie</b> wodoru;</li><li>3. <b>magazynowanie</b> wodoru;</li></ol>

<sup>173</sup> Strona internetowa Horizon Europe, [What is Horizon Europe?](#) Dostęp: 29.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>4. <b>tworzenie stacji tankowania</b> wodoru;</p> <p>5. <b>rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE)</b> w zakresie wodoru.</p> <p>Wsparciem objęte będą m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inwestycje mające na celu tworzenie łańcucha wartości oraz zwiększenie skali technologii wodorowych, w tym dotyczące wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru. Przykładowo - inwestycje dotyczące monitorowania i bezpiecznej eksploatacji stacji tankowania wodoru (HRS), zbiorników LH<sub>2</sub> do pojazdów ciężarowych, rozwój i optymalizacja dedykowanych ogniw paliwowych dla lotnictwa czy też opracowanie specyficznego lotniczego systemu kriogenicznego magazynowania, a także wdrażanie nowych/ zoptymalizowanych protokołów tankowania i komponentów dla wysokiego przepływu HRS<sup>174</sup>;</li> <li>• rozwój tzw. Dolin Wodorowych o dużej i małej skali, będących określonym obszarem geograficznym, na którym wodór służy więcej niż jednemu sektorowi końcowemu lub ma zastosowanie w przemyśle i energetyce<sup>175</sup>;</li> <li>• zwiększenie publicznej świadomości i zrozumienia technologii wodorowych, w tym zachęcenia obywateli do implementacji rozwiązań związanych z technologiami wodorowymi i ogniwami paliwowymi z wykorzystaniem wodoru<sup>176</sup>;</li> <li>• zaprojektowanie, opracowanie i wdrożenie rozwiązań związanych z wodorem w przemyśle lotniczym, m.in. w zakresie bezpośredniego spalania wodoru w silnikach lotniczych; rozwiązań do przechowywania ciekłego wodoru, wybranych technologii przełomowych dla samolotów napędzanych wodorem czy układów</li> </ul>

<sup>174</sup> Strona internetowa Horizon Europe, [HORIZON-JTI-CLEANH2-2022 \(HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-1\)](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

<sup>175</sup> Strona internetowa Horizon Europe, [HORIZON-JTI-CLEANH2-2022 \(HORIZON-JTI-CLEANH2-2022-2\)](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

<sup>176</sup> Strona internetowa Horizon Europe, [Public understanding of hydrogen and fuel cell technologies](#). Dostęp: 27.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>napędowych z ogniwami paliwowymi do samolotów napędzanych wodorem<sup>177</sup>;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zrównoważone, bezpieczne i konkurencyjne dostawy energii z OZE w zakresie wodoru, w szczególności projekty mające na celu demonstrację kompletnych łańcuchów wartości czy rozwój technologicznych interfejsów między technologiami paliw słonecznych a energii wodorowej<sup>178</sup>.</li> </ul> <p>W zależności od konkursu wsparcie przybiera formę m.in. dotacji i jest udzielane podmiotom prawnym, w tym konsorcjom przedsiębiorstw i jednostek naukowych oraz przedsiębiorstwom. Planowane zakończenie trwających aktualnie naborów w ramach ww. konkursów nastąpi w okresie od maja do października 2022 r. (w zależności od konkursu).</p> <p>Poza ww. inicjatywami organizowanymi w ramach Horyzontu Europa, interesujący może okazać się program: „<b>Innovation Fund Small Scale Projects</b>”, który umożliwi uzyskanie dofinansowania na projekty realizowane w tzw. małej skali, tj. których całkowity koszt inwestycyjny wynosi między 2,5 a 7,5 mln EUR.</p> <p>Fundusz zakłada wsparcie inwestycji w czystą energię i przemysł, co ma pobudzić wzrost gospodarczy, stworzyć lokalne, przyszłościowe miejsca pracy i wzmocnić globalną pozycję Europy w dziedzinie technologii. Inicjatywa ma wspierać zwłaszcza innowacje w technologiach i procesach niskoemisyjnych, w tym bezpieczne dla środowiska wychwytywanie i wykorzystanie dwutlenku węgla, przyczyniające się istotnie do łagodzenia zmiany klimatu, a także innowacyjne technologie w zakresie energii odnawialnej i magazynowania energii.</p> <p>O wsparcie mogą aplikować osoby prawne, w tym samodzielni przedsiębiorcy (bez względu na wielkość przedsiębiorstwa). Nabór wniosków w ramach wskazanego konkursu trwa do 31 sierpnia 2022 r. Budżet trwającego konkursu wynosi <b>100 mld EUR</b> (forma dotacji) i 2 mln EUR na wsparcie w opracowaniu wniosków PDA (z ang. <i>Project</i></p>

<sup>177</sup> Strona internetowa Horizon Europe, [Clean Aviation Cfp 01 \(HORIZON-JU-Clean-Aviation-2022-01\)](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

<sup>178</sup> Strona internetowa: Horizon Europe, [Call Secure and competitive energy supply \(HORIZON-CL5-2022-D3-02\)](#). Dostęp: 22.04.2022.



Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p><i>Development Assistance</i>). Dofinansowanie wynosi do 60% poniesionych kosztów kwalifikowanych<sup>179</sup>.</p>
<p>IPCEI Hydrogen</p>	<p>IPCEI (z ang. <i>Important Projects of Common European Interest</i>) jest programem, który oferuje wsparcie finansowe dedykowane dla ważnych projektów stanowiących przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania.</p> <p>Projekty złożone w ramach IPCEI powinny charakteryzować się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wysokim poziomem innowacyjności;</li> <li>• pozytywnym wpływem na środowisko;</li> <li>• przyczynieniem się do wzrostu konkurencyjności całego europejskiego przemysłu.</li> </ul> <p>Przewidywana do zastosowania technologia powinna wpisywać się w założenia nowej strategii przemysłowej Unii Europejskiej, a także w Europejski Zielony Ład oraz dawać podstawy do przemysłowego wdrożenia i rozwoju obecnie stosowanych technologii wodorowych, w tym zmniejszenia kosztów jego pozyskiwania oraz jego zastosowań do magazynowania energii. Projekt powinien umożliwić osiągnięcie długotrwałej rentowności w przewidywalnej perspektywie czasowej. Korzyści płynące z projektu nie powinny ograniczać się tylko do danego przedsiębiorstwa lub sektora a powinny również tworzyć podstawy dla budowy nowego łańcucha wartości w UE i oddziaływać na rozwój w innych jego ogniwach<sup>180</sup>.</p> <p>Dotychczas o dofinansowanie w ramach IPCEI Hydrogen mogli ubiegać się przedsiębiorcy, którzy planowali realizację przedsięwzięć obejmujących np. inicjatywy pozwalające na dekarbonizację przemysłu oraz związane z rozwojem elektromobilności, dzięki zastąpieniu standardowego paliwa napędowego, rozwiązaniami opartymi na wodorze. Niemniej obecnie nie są dostępne informacje o nowych naborach w ramach IPCEI Hydrogen. Biorąc pod uwagę zainteresowanie przedsiębiorców w tym temacie, można spodziewać się, że kolejny nabór zostanie wkrótce ogłoszony.</p>

<sup>179</sup> Strona internetowa: *Horizon Europe, Innovation Fund (INNOVFUND)*. Dostęp: 27.04.2022.

<sup>180</sup> Strona internetowa Ministerstwa Rozwoju i Technologii, *Konkurs na projekty z obszaru technologii i systemów wodorowych w ramach mechanizmu IPCEI*. Dostęp: 29.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji (FST <sup>181</sup> )	<p>FST jest jednym z kluczowych narzędzi Unii Europejskiej służących wspieraniu regionów w procesie transformacji w kierunku neutralności klimatycznej do 2050 r. Mechanizm kierowany jest do regionów i sektorów, w których transformacja wywiera największe skutki. Do celów FST należy łagodzenie negatywnych skutków transformacji klimatycznej i promowanie zrównoważonej transformacji społeczno-gospodarczej.</p> <p>FST wspiera m.in. następujące działania:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inwestycje produkcyjne w MŚP, w tym prowadzące do dywersyfikacji gospodarczej, modernizacji i restrukturyzacji;</li> <li>• inwestycje w działania badawcze i innowacyjne oraz działania wspierające transfer zaawansowanych technologii;</li> <li>• inwestycje w implementację technologii i w systemy oraz infrastrukturę zapewniającą przystępną cenowo czystą energię, w tym we wdrażanie technologii magazynowania energii oraz w redukcję emisji gazów cieplarnianych;</li> <li>• inwestycje w energię odnawialną.</li> </ul> <p>Wsparciem z tego funduszu objęte zostaną podmioty z wybranych województw Polski (w szczególności: śląskie, dolnośląskie i wielkopolskie). Fundusz będzie oferował wsparcie głównie w formie dotacji, dostępnych prawdopodobnie w IV kwartale 2022 r. Całkowity budżet FST na lata 2021–2027 wynosi 17,5 mld EUR. Poziom unijnego współfinansowania projektów jest ustalany w zależności od kategorii regionu, w którym realizowane są te projekty (maksymalnie 50-85%)<sup>182</sup>.</p>

<sup>181</sup> Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1056 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji (Dz. U. UE. L. z 2021 r. Nr 231, z późn. zm.).

<sup>182</sup> Strona internetowa Europarlamentu, [Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji](#). Dostęp: 29.04.2022 r.

Tabela 18. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych z instrumentów unijnych dostępnych na poziomie krajowym

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG) <sup>183</sup>	<p>Program stanowi kontynuację Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (POIR) i będzie realizowany w perspektywie 2021-2027.</p> <p>Możliwe jest uzyskanie wsparcia na projekty o charakterze przemysłowym, eksperymentalnych prac rozwojowych lub rozpowszechnianie wyników takich działań.</p> <p>FENG będzie realizowany w ramach 4 priorytetów:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wsparcie dla przedsiębiorców – dofinansowania m.in. w obszarach dotyczących prac badawczo-rozwojowych, rozwoju infrastruktury B+R czy wdrożenia wyników badań (projekty inwestycyjne), zatem pomocą mogą zostać objęte również innowacyjne projekty dotyczące technologii wodorowych. Pomoc publiczna udzielana będzie dla MŚP oraz dużych przedsiębiorstw. Wsparcie będzie realizowane w ramach poniższych modułów:             <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) obligatoryjnych: „Prace B+R” lub „Wdrożenie innowacji”;</li> <li>(ii) fakultatywnych:                 <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Infrastruktura B+R”;</li> <li>- „Kompetencje”;</li> <li>- „Zazielenienie przedsiębiorstw”;</li> <li>- „Cyfryzacja”;</li> <li>- „Internacjonalizacja”.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p>W ramach tego priorytetu wspierane będą projekty wpisujące się w obszary Krajowych Inteligentnych Specjalizacji (KIS) oraz specjalizacje wyłaniające się w ramach procesu przedsiębiorczego odkrywania, monitorowanego w ramach KIS. Wsparcie zakłada zarówno dofinansowanie dla projektów linearnych, pozwalających na rozwój przez kolejne etapy danego przedsięwzięcia, jak i nielinearnych, mających na celu rozwój konkretnego obszaru B+R+I. Na realizację Priorytetu 1 zostanie przeznaczonych 55% alokacji programu, tj. ok. 4,4 mld EUR;</p>

<sup>183</sup> Program FENG, [wersja przekazana do KE, Załącznik V](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• środowisko sprzyjające innowacjom – wspieranie projektów pozwalających na zwiększenie potencjału w zakresie badań i innowacji oraz wykorzystania zaawansowanych technologii, w synergii z innymi programami i inicjatywami UE. W tym obrębie wsparcie udzielane będzie m.in. dla organizacji badawczych, podmiotów zajmujących się transferem technologii, zespołów badawczych, indywidualnych naukowców i przedsiębiorstw. Na realizację Priorytetu 2 zostanie przeznaczonych 33% alokacji programu, tj. ok. 2,6 mld EUR;</li> <li>• zazielenienie przedsiębiorstw - wspierane mają być działania, mające na celu zwiększenie efektywności energetycznej i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, np. wsparcie transformacji przedsiębiorstw poprzez wdrażanie nowych lub ulepszonych produktów, usług w powiązaniu ze zmianą procesów, umożliwiającą znaczącą redukcję zużycia energii w danym przedsiębiorstwie lub u końcowego odbiorcy. Wsparcie w ramach tego priorytetu przewidziane jest dla przedsiębiorców. Na realizację priorytetu zostanie przeznaczonych 10% alokacji programu, tj. 0,8 mld EUR;</li> <li>• pomoc techniczna – zapewnienie systemowego wsparcia dla potencjalnych beneficjentów.</li> </ul> <p>Pomoc publiczna udzielana będzie m.in. dla MŚP oraz dużych przedsiębiorstw, głównie w formie dotacji i pożyczek. Budżet Programu wynosi ok. 8 mld EUR.</p> <p>Pierwsze konkursy w ramach Programu mogą zostać uruchomione już w III/ IV kwartale 2022 r.</p>
Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FEnIKS)	Głównym celem programu jest poprawa warunków rozwoju kraju poprzez budowę infrastruktury technicznej i społecznej zgodnie z założeniami zrównoważonego rozwoju (w tym poprzez obniżenie emisyjności gospodarki i jej transformację w kierunku gospodarki przyjaznej środowisku i o obiegu zamkniętym) <sup>184</sup> .

<sup>184</sup> Strona internetowa Programu Infrastruktura i Środowisko, [Założenia Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>Wśród celów szczegółowych wskazuje się m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wspieranie efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych:</b></li> </ul> <p>W tym zakresie wsparcie otrzymają działania mające na celu zwiększenie efektywności energetycznej budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, w tym wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie. Branże przemysłowe i usługowe mogą liczyć np. na wsparcie w zastępowaniu wodoru z paliw kopalnych wodorem odnawialnym i niskoemisyjnym.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wspieranie energii odnawialnej:</b></li> </ul> <p>Wsparcie zostanie udzielone na zastosowanie rozwiązań ukierunkowanych na wdrażanie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie, w transporcie jako paliwa alternatywnego, dekarbonizację przemysłu, produkcję wodoru w nowych instalacjach oraz na magazynowanie wodoru.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Rozwój inteligentnych systemów i sieci energetycznych oraz systemów magazynowania energii poza transeuropejską siecią energetyczną:</b></li> </ul> <p>Planowane jest finansowanie rozbudowy, przebudowy, zmiany przeznaczenia, przekształcenia albo modernizacji sieci przesyłowych i dystrybucyjnych gazu z uwzględnieniem przygotowania sieci do wprowadzenia do instalacji wodorowej, a także odnośnie infrastruktury dedykowanej do przesyłu lub dystrybucji wodoru<sup>185</sup>.</p> <p>Wsparcie dla wyżej wymienionych inicjatyw oferowane będzie w formie dotacji. Oferta Programu skierowana będzie m.in do:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przedsiębiorstw;</li> <li>• jednostek samorządu terytorialnego;</li> <li>• dostawców usług energetycznych;</li> <li>• podmiotów zarządzających portami lotniczymi oraz portami morskimi.</li> </ul>

<sup>185</sup> Projekt Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, (str. 27, 58, 65). Dostęp: 22.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	Budżet programu wynosi ponad 25 mld EUR <sup>186</sup> . Uruchomienie środków powinno nastąpić w IV kw. 2022 r.
Krajowy Plan Odbudowy (KPO) <sup>187</sup>	<p>KPO określa cele związane z odbudową i tworzeniem odporności społeczno-gospodarczej Polski po kryzysie wskutek COVID-19. Plan stanowi podstawę do skorzystania z Instrumentu Odbudowy i Zwiększenia Odporności.</p> <p>Wsparcie będzie udzielane na realizację przedsięwzięć w poniższych komponentach:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• odporność i konkurencyjność gospodarki;</li> <li>• zielona energia i zmniejszenie energochłonności;</li> <li>• transformacja cyfrowa;</li> <li>• efektywność, dostępność i jakość systemu ochrony zdrowia;</li> <li>• zielona i inteligentna mobilność.</li> </ul> <p>W ramach komponentu B „Zielona energia i zmniejszenie energochłonności” przewiduje się m.in. działanie: „Poprawa warunków dla rozwoju technologii wodorowych oraz innych gazów zdekarbonizowanych”, co docelowo ma pozwolić na osiągnięcie poniższych wskaźników do III kwartału 2026 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• moc instalacji do produkcji niskoemisyjnego i odnawialnego wodoru, w tym elektrolizerów wraz z infrastrukturą towarzyszącą – 320 MW;</li> <li>• rozwój technologii wykorzystania wodoru w transporcie, przemyśle i energetyce/ liczba stacji tankowania w tym bunkrowania wodoru – 25 szt.;</li> <li>• procesy badawcze i innowacyjne w zakresie budowy innowacyjnych jednostek transportowych zasilanych wodorem/ budowa innowacyjnych jednostek transportowych zasilanych wodorem – 3 typy.</li> </ul>

<sup>186</sup> Strona internetowa Programu Infrastruktura i Środowisko, [Założenia Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

<sup>187</sup> Strona internetowa Programu Inteligentny Rozwój, [Krajowy Plan Odbudowy](#). Dostęp: 04.22.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>Adresatami proponowanych działań w ramach KPO będą m.in. przedsiębiorstwa, samorządy terytorialne, instytucje publiczne czy stowarzyszenia.</p> <p>Przewidywane dofinansowanie ma obejmować zarówno dotacje, jak i pożyczki<sup>188</sup>. W ramach KPO budżet przewidziany dla Polski to ok. 36 mld EUR (w tym blisko 24 mld EUR w formie dotacji). Największą alokację środków zaplanowano na komponent B – „Zielona energia i zmniejszenie energochłonności”, tj. 14,3 mld EUR, w tym 5,7 mld EUR z części grantowej. Trwa intensywny dialog z KE mający na celu wypłatę środków finansowych, co ma pozwolić na uruchomienie Programu jeszcze w II kw. 2022 r.</p>
Fundusz Modernizacyjny	<p>Fundusz Modernizacyjny to specjalny program finansowania, przyczyniający się do osiągnięcia celów Europejskiego Zielonego Ładu. Fundusz wspiera 10 państw członkowskich UE w przejściu na neutralność klimatyczną, poprzez pomoc w modernizacji ich systemów energetycznych i poprawie efektywności energetycznej. Polskim krajowym dystrybutorem środków z Funduszu Modernizacyjnego jest NFOŚiGW.</p> <p>Fundusz Modernizacyjny ma wesprzeć inwestycje dotyczące m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wytwarzania i wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych;</li> <li>• efektywności energetycznej;</li> <li>• magazynowania energii.</li> </ul> <p>W ramach dotacji możliwe jest dofinansowanie od 70 do 100% poniesionych kosztów kwalifikowanych, w zależności od rodzaju realizowanej inwestycji<sup>189</sup>. Dotychczas zostały uruchomione pierwsze konkursy (np. „Rozwój infrastruktury elektroenergetycznej na potrzeby rozwoju stacji ładowania pojazdów elektrycznych”), a w najbliższych miesiącach można spodziewać się ogłoszenia kolejnych naborów.</p>

<sup>188</sup> Strona internetowa Funduszy Europejskich, [Zielona energia i zmniejszenie energochłonności - wysłuchanie dla Krajowego Planu Odbudowy](#). Dostęp: 27.04.2022 r.

<sup>189</sup> Art. 50c, Ustawa z dnia 12 czerwca 2015 r. o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (tj. Dz. U. z 2021 r. poz. 332 z późn. zm.).

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>Budżet przewidziany z tytułu Funduszu Modernizacyjnego w latach 2021-2030 może wynieść ok. 48 mld EUR<sup>190</sup>, z czego ok. 43% przypada dla Polski (ostateczna kwota zależna jest od ceny uprawnień do emisji).</p>
<p>Regionalne Programy Operacyjne (RPO)<sup>191</sup></p>	<p>Podobnie jak w perspektywie 2014-2020, także w kolejnej 2021-2027 realizowanych będzie 16 programów regionalnych dedykowanych poszczególnym województwom, z których środki mają służyć zmniejszeniu dysproporcji w rozwoju regionów należących do UE.</p> <p>W ramach RPO co do zasady zawsze możliwe jest uzyskanie wsparcia na prace B+R, w tym związane z tworzeniem lub rozwijaniem rozwiązań z obszaru innowacyjnych technologii takich jak np. technologie wodorowe. Co więcej, pomocą mogą zostać objęte nie tylko działania związane z innowacjami, rozwojem technologicznym oraz infrastrukturą, ale także uwzględniające aspekty środowiskowe. Również pod kątem beneficjentów występuje duża dowolność – dofinansowania udzielane z RPO skierowane są do szerokiego grona odbiorców, w tym:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przedsiębiorstw;</li> <li>• instytucji otoczenia biznesu oraz publicznych;</li> <li>• jednostek samorządu terytorialnego czy stowarzyszeń (w zależności od konkursu).</li> </ul> <p>Kwota przeznaczona na realizację RPO w perspektywie 2021-2027 wyniesie aż 28,4 mld EUR. Prace nad uszczegółowieniem poszczególnych programów są w toku, jednak nabory powinny zostać ogłoszone jeszcze w IV kwartale 2022 r.</p>

<sup>190</sup> Strona internetowa programu Modernisation Fund, [Climate Action – Modernisation Fund](#). Dostęp: 22.04.2022 r.

<sup>191</sup> Strona internetowa Funduszy Europejskich, [Fundusze Europejskie dla regionów](#). Dostęp: 29.04.2022 r.



Tabela 19. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych ze środków krajowych

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
<p>Program „Energia Plus”<sup>192</sup></p>	<p>Program dostępny w ramach Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Celem programu jest zmniejszenie negatywnego oddziaływania przedsiębiorstw na środowisko, w tym poprawa jakości powietrza, poprzez wsparcie przedsięwzięć inwestycyjnych.</p> <p>Aktualny nabór wniosków skierowany jest do przedsiębiorstw i dotyczy m.in. budowy lub przebudowy jednostek wytwórczych wraz z podłączeniem ich do sieci dystrybucyjnej/ przesyłowej, w których do produkcji energii wykorzystuje się:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• paliwa niskoemisyjne gazowe, mieszanki gazów, gaz syntetyczny lub wodór;</li> <li>• energię ze źródeł odnawialnych;</li> <li>• ciepło odpadowe;</li> <li>• ciepło pochodzące z kogeneracji z wyłączeniem ciepła wytworzonego w jednostce kogeneracji opalanej węglem.</li> </ul> <p>Alokacja naboru wynosi 745 mln PLN. Konkurs potrwa do 16 grudnia 2022 r. lub do wyczerpania alokacji środków.</p>
<p>NEON – I konkurs<sup>193</sup></p>	<p>NEON – I konkurs - to wspólne Przedsięwzięcie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz PKN Orlen, polegające na wsparciu badań naukowych oraz prac rozwojowych dla przemysłu rafineryjno-petrochemicznego.</p> <p>Wśród zagadnień przewidzianych konkursem należy wymienić „Biologiczne i biochemiczne technologie otrzymywania wodoru”, w tym:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• technologie wytwarzania zielonego wodoru przy wykorzystaniu procesów biologicznych i biochemicznych (surowcem w procesie powinna być biomasa odpadowa lub będąca produktem ubocznym m.in. przetwórstwa rolno-spożywczego, dostępna na rodzimym rynku);</li> </ul>

<sup>192</sup> Strona internetowa Programu Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, [Nabór III wniosków 2022](#). Dostęp 04.22.2022 r.

<sup>193</sup> Strona internetowa konkursu Neon, [NEON – I konkurs](#). Dostęp: 29.04.2022 r.

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<ul style="list-style-type: none"> <li>rozwiązania powinny uwzględniać oczyszczanie wodoru wraz ze wskazaniem możliwości jego wykorzystania.</li> </ul> <p>Do konkursu mogą przystąpić jednostki naukowe, przedsiębiorstwa jak również ich konsorcja. Szacowana dotacja na projekt wyniesie 10 mln PLN (nawet do 100% wartości kosztów kwalifikowanych, m.in. w zależności od beneficjenta).</p> <p>Budżet I konkursu wynosi 35 mln PLN. Nabór wniosków będzie trwał w terminie od 18 maja do 4 lipca 2022 r.</p>

Tabela 20. Informacje odnośnie pozostałych instrumentów wspierających potencjalnie działalność związaną z rozwojem przedsięwzięć obejmujących wodór

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
<p>Ulga badawczo-rozwojowa (Ulga B+R)</p>	<p>Ulga B+R daje możliwość dodatkowego odliczenia od podstawy opodatkowania przez przedsiębiorców prowadzących działalność badawczo-rozwojową wydatków poniesionych na tę działalność. Z ulgi mogą skorzystać zarówno podatnicy PIT jak i CIT. Od 2022 r. odliczenie wynosi nawet do 200% wartości kosztów kwalifikowanych, w zależności od kategorii kosztów i rodzaju podatnika.</p> <p>Wśród przykładowych kosztów, które mogą zostać rozliczone w ramach Ulgi B+R można wskazać:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>koszty kwalifikowane wynagrodzeń pracowników, którzy byli zaangażowani w tworzenie lub rozwój kriogenicznego systemu magazynowania energii lub zbiorników magazynowania wodoru;</li> <li>koszty związane z zakupem surowców i materiałów niezbędnych do opracowania nowatorskich ogniw paliwowych;</li> <li>wybrane koszty związane z opatentowaniem opracowanej, nowej technologii na bazie wodoru;</li> <li>koszty związane z nabyciem usług realizowanych przez instytut badawczy, związanych z badaniem czystości produkowanego wodoru w obrębie pilotażowej technologii.</li> </ul>

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
Ulga IP Box	<p>Innovation Box umożliwia zastosowanie obniżonej stawki opodatkowania dochodu uzyskiwanego z praw własności intelektualnej do 5%. Podstawą do stosowania obniżonej stawki jest czerpanie dochodów z praw własności intelektualnej, które były wynikiem prac B+R. Ulga skierowana jest zarówno dla podatników PIT jak i CIT.</p> <p>Na przykład w ramach Ulgi IP Box potencjalnie mogą zostać rozliczone dochody uzyskane przez spółkę z tytułu sprzedaży autorskiej, innowacyjnej stacji tankowania wodoru objętej patentem.</p>
Ulga na innowacyjnych pracownikach	<p>Podatnicy posiadający nierozliczoną w roku poprzednim ulgę B+R mogą odliczyć nieodliczone wcześniej aktywo przysługujące z Ulgi B+R – od zaliczek na podatek dochodowy od osób fizycznych pobierany od dochodów (przychodów) osób fizycznych, z tytułu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stosunku służbowego, stosunku pracy, pracy nakładczej, spółdzielczego stosunku pracy;</li> <li>• wykonywania usług na podstawie umowy zlecenia lub umowy o dzieło;</li> <li>• praw autorskich.</li> </ul> <p>Warunkiem odliczenia jest poświęcenie przez danego pracownika co najmniej 50% ogólnego czasu pracy bezpośrednio na realizację działalności B+R w danym miesiącu. Ulga obowiązuje od 1 stycznia 2022 r.</p> <p>Z omawianej ulgi mogą korzystać na przykład przedsiębiorcy, których poszczególni pracownicy co najmniej w połowie ogólnego czasu pracy zajmowali się tworzeniem nowatorskich rozwiązań technologicznych wykorzystywanych na potrzeby innowacyjnych technologii wodorowych, w tym prac związanych z badaniami wodoru czy też nowymi koncepcjami dotyczącymi zastosowania wodoru w nanomateriałach.</p>
Ulga na prototyp	<p>Ulga pozwala na odliczenie od podstawy obliczenia podatku 30 % sumy kosztów produkcji próbnej nowego produktu i wprowadzenia na rynek nowego produktu, przy czym wysokość odliczenia nie może w roku podatkowym przekroczyć 10 % dochodu osiągniętego z innych źródeł przychodów niż z zysków kapitałowych. Ulga weszła w życie 1 stycznia 2022 r.</p>

Nazwa programu/ źródła wsparcia	Opis
	<p>Preferencja skierowana dla wszystkich podmiotów prowadzących działalność gospodarczą (zarówno podatnicy podatku dochodowego od osób prawnych, jak i fizycznych).</p> <p>Ulga ta może być szczególnie interesująca dla podatników, którzy zakupili lub planują nabyć materiały celem uruchomienia produkcji próbnej rozwiązania technologicznego stosowanego w technologiach wodorowych czy wdrożenie rynkowe wytworzonych nowatorskich produktów umożliwiających tankowanie wodorem.</p>
<p>Ulga na robotyzację</p>	<p>Jest to nowy mechanizm podatkowy, który wszedł w życie 1 stycznia 2022 r. Instrument skierowany jest do osób fizycznych i prawnych, bez względu na branżę i status podmiotu. Ulga umożliwia dodatkowe odliczenie od podstawy opodatkowania 50% kosztów uzyskania przychodów poniesionych na robotyzację.</p> <p>Koszty kwalifikowane obejmują m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zakup lub leasing finansowy nowych robotów i kobotów;</li> <li>• zakup oprogramowania niezbędnego do poprawnego uruchomienia i przyjęcia do użytkowania robotów; kobotów i innych środków trwałych z zakresu robotyzacji;</li> <li>• zakup osprzętu (np. torów jezdnych, obrotników, sterowników, czujników ruchu, efektów końcowych).</li> </ul> <p>Potencjalnie od podatku można odliczyć wydatki np. na nabycie robotów produkcyjnych stosujących innowacyjne algorytmy stosowane w oprogramowaniu wykorzystywanym na potrzeby technologii wodorowych celem automatycznego testowania butli do magazynowania wodoru.</p>



## 5. Program rozwoju dla obszaru technologii wodorowych w perspektywie 8 lat

### 5.1. Scenariusze rozwoju obszaru technologii wodorowych

Poniżej przedstawiono scenariusze rozwoju oraz zidentyfikowane w ich zakresie konkretne działania/ projekty, które zostały określone i przedyskutowane w ramach cyklu spotkań Smart Lab z udziałem przedstawicieli podmiotów reprezentujących obszar technologii wodorowych.

Na spotkaniach wygenerowano cztery scenariusze rozwoju w obszarze technologii wodorowych, odpowiadające wszystkim ogniwom łańcucha wartości gospodarki wodorowej, tj. produkcji, magazynowaniu, przesyłowi i dystrybucji oraz wykorzystaniu w urządzeniach końcowych.

Pierwszy scenariusz poświęcono przedstawieniu działań związanych z wytwarzaniem wodoru, które stanowi pierwszą z faz łańcucha wartości gospodarki wodorowej. Scenariusz ten obejmuje różnorodne technologie wytwarzania wodoru w procesie elektrolizy oraz produkcję wodoru niskoemisyjnego, produkcję wodoru z odpadów, zagospodarowanie wodoru odpadowego (*by product*) oraz produkcję paliw syntetycznych z wykorzystaniem wodoru.

Drugi scenariusz dotyczy magazynowania wodoru i obejmuje technologie fizykochemicznego, niskociśnieniowego magazynowania wodoru, wysokociśnieniowego magazynowania wodoru, a także technologie opomiarowania powiązane z magazynowaniem wodoru.

Trzeci ze scenariuszy dotyczy przesyłu i dystrybucji wodoru i obejmuje technologie pomiaru i monitorowania wodoru oraz te związane z bezpieczeństwem, technologie materiałowe, technologie sprzyjające integracji systemów gazowniczych i wodorowych, technologie dotyczące możliwości badań mieszaniny gazu ziemnego i wodoru oraz odporności materiałowej, a także systemy IT ukierunkowane na dystrybucję wodoru.

Czwarty, ostatni scenariusz koncentruje się na zastosowaniu wodoru w różnych aplikacjach i obejmuje technologie takie jak kogeneracja, technologie układów napędowych do pojazdów zasilanych ogniwami paliwowymi, technologie współspalania wodoru i gazu ziemnego, technologie zasilania awaryjnego oraz zintegrowanego wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru.

---

Zidentyfikowane działania/ projekty w scenariuszach zostały podzielone ze względu na ich aktualny stan rozwoju oraz charakter na następujące fazy:

### **Faza I** Badania podstawowe i prace przygotowawcze

Działania/ projekty na poziomie gotowości technologicznej (TRL) I, czyli realizacja badań naukowych w celu wykorzystania ich wyników w przyszłych zastosowaniach. W ramach tej fazy działania przygotowawcze mogą również dotyczyć takich aspektów jak m.in. badania i weryfikacja rynku, opracowanie studium wykonalności czy analizy pod kątem dostępności niezbędnych do realizacji prac B+R partnerów oraz infrastruktury. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 90-100%<sup>194</sup>.

### **Faza II** Badania przemysłowe

Działania/ projekty na poziomach TRL w zakresie II-VI, czyli opracowanie koncepcji zastosowania technologii, prowadzenie badań analitycznych i laboratoryjnych wybranych elementów technologii, badania opracowanej technologii w warunkach laboratoryjnych, w symulowanych warunkach operacyjnych oraz demonstracje prototypu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 60-80%<sup>195</sup>.

### **Faza III** Prace rozwojowe, przedwdrożeniowe i wdrożeniowe

Działania/ projekty na poziomach TRL w zakresie VII-IX, czyli demonstracje prototypów technologii w warunkach operacyjnych, badania i demonstracje ostatecznej formy technologii oraz sprawdzenie funkcjonowania technologii w warunkach rzeczywistych. W ramach tej fazy działania przedwdrożeniowe oraz wdrożeniowe mogą również dotyczyć takich aspektów jak m.in. certyfikacja oraz ochrona własności intelektualnej wyników prac B+R, działania promocyjne oraz pierwsze wdrożenia komercyjne. Zakładany średni poziom dofinansowania projektów ze środków publicznych w tej fazie to 40-60%<sup>196</sup>.

---

<sup>194</sup> Wartości na bazie poziomów dofinansowania projektów B+R+I z Funduszy Europejskich w ramach perspektywy finansowej 2014-2020 oraz konsultacji z uczestnikami spotkań Smart Lab.

<sup>195</sup> Ibidem.

<sup>196</sup> Ibidem.

---

Poszczególne fazy realizacji projektów zostały umiejscowione na skali czasu i opatrzone ustalonym budżetem. Ilość faz w działaniu oraz ich czas trwania został zdefiniowany na bazie pierwotnej dojrzałości rozwijanej w działaniu/ projekcie technologii. Przewidywaną ilość projektów w danej fazie określonego działania, ich alokacje budżetowe i niezbędne zasoby określono na bazie wiedzy eksperckiej uczestników SL i poddano krytycznej ocenie przez zespół ekspertów opracowujący niniejszą ekspertyzę.

### 5.1.1. Scenariusz 1 – Metody produkcji wodoru

Produkcja wodoru stanowi pierwsze i kluczowe ogniwo łańcucha wartości gospodarki wodorowej. Bez powszechnej dostępności taniego nisko- i zeroemisyjnego wodoru, trudne będzie osiągnięcie konkurencyjności tej gałęzi przemysłu.

Spotkania z uczestnikami Smart Labu pozwoliły na wygenerowanie 5 działań związanych z produkcją wodoru bądź rozwojem metod jego produkcji, które przedstawiono poniżej:



#### Działanie 1 – Produkcja wodoru w procesie elektrolizy

Z punktu widzenia rozwoju gospodarki wodorowej jako narzędzia dekarbonizacji i osiągnięcia celów neutralności klimatycznej, krytyczny jest rozwój technologii, metod i sposobów produkcji wodoru zielonego (zeroemisyjnego). Istotny jest również rozwój produkcji wodoru wytwarzanego lokalnie (na poziomie krajowym i regionalnym), co pozwala ograniczać problemy magazynowania i transportu wodoru, a tym samym ograniczyć ślad węglowy, który towarzyszy tym procesom.

Rozwój i doskonalenie najpowszechniejszej metody produkcji wodoru zeroemisyjnego, czyli elektrolizy z wykorzystaniem energii z OZE, jest szczególnie istotny, ponieważ 60-70% kosztów produkcji wodoru zielonego stanowią koszty energii elektrycznej. Kluczowy jest bowiem wysiłek energetyczny związany z elektrolitycznym rozkładem wody. Dla podniesienia konkurencyjności technologii istotne jest więc poprawienie sprawności procesów i urządzeń, ich optymalizacja, jako złożonych współpracujących systemów, w całym łańcuchu wartości – w tym np. poprzez magazynowanie wodoru w paliwach syntetycznych. W konsekwencji można oczekiwać obniżenia cen urządzeń do zeroemisyjnej produkcji wodoru. Dla rozwoju gospodarki wodorowej ważne jest także, aby technologie produkcji wodoru poprzez elektrolizę były możliwe do zastosowania w małej, średniej i dużej skali, adekwatnej względem potrzeb i warunków pracy w różnych zastosowaniach – produkcja *on-site* (produkcja i zużycie na miejscu) oraz wielkoskalowa.

Spośród działań w ramach scenariusza I pojawiły się w trakcie Smart Labu następujące propozycje w obszarze produkcji wodoru w procesie elektrolizy ze zdefiniowanymi celami prac:

- opracowanie stosu ogniw elektrolizera wysokotemperaturowego pracującego w warunkach podwyższonego ciśnienia,

- opracowanie i wdrożenie wysokosprawnego systemu wytwarzania wodoru dla celów transportowych, z wykorzystaniem elektrolizera stałotlenkowego zasilanego energią z OZE,
- budowa wielkoskalowej instalacji do produkcji zielonego wodoru,
- opracowanie nowej konstrukcji elektrolizerów dla różnorodnych zastosowań.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w fazie I obejmują:

- badania nad wykorzystaniem materiałów i konstrukcji stosu ogniwi celem zaadaptowania go do wymagających warunków eksploatacji, obejmujące m.in.: badania analityczne i symulacyjne, badania laboratoryjne, badania materiałowe, badania eksperymentalne (elektrolizer SOE),
- prace nad koncepcją urządzenia wraz z przeprowadzeniem badań jednostkowych prowadzących do wytworzenia dokumentacji dla modelu elektrolizera, w tym m.in.: badania analityczne procesów produkcji gazów, bezpieczeństwa pracy urządzenia, żywotności membran, wpływu elektrolitu na proces elektrolizy (elektrolizer ALK).

Efektami prac w fazie I będą m.in.:

- opracowana koncepcja stosu ogniwi nowej generacji elektrolizera SOE,
- opracowany w badaniach podstawowych model teoretyczny uzasadniający podjęcie dalszych prac przemysłowych w zakresie elektrolizera alkalicznego z elektrodami o profilu zamkniętym.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym specjaliści w zakresie projektowania urządzeń przemysłowych i energetycznych oraz symulacji właściwości materiałów i urządzeń, projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej i urządzeń energetycznych, inżynierowie technologii materiałowych, wysokich ciśnień oraz inżynier mechanik i inżynier energetyk,
- środki trwałe, w tym zaplecze laboratoryjne badań materiałów i urządzeń, narzędzia do modelowania, symulacji i projektowania materiałów i urządzeń, oraz WNiP.

Uczestnicy SL ocenili, że w ramach fazy I możliwe jest zrealizowanie 8 projektów na łączną kwotę 24 mln PLN. Projekty te powinny zakończyć się w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- implementację wniosków z poprzedniej fazy projektowej do budowy prototypu elektrolizera,



- badania konstrukcyjne nowej generacji elektrolizerów, testowanie i weryfikację prototypów w warunkach laboratoryjnych elektrolizerów (SOE),
- badania funkcjonalne w warunkach laboratoryjnych i w symulowanym środowisku odwzorowującym warunki pracy nominalnej, badania wytrzymałościowe materiałów, sprawności i efektywności energetycznej elektrolizera,
- wytworzenie prototypu urządzenia i przeprowadzenie badań elektrolizera alkaicznego (ALK) w warunkach laboratoryjnych,
- zestawienie dokumentacji do procedur bezpieczeństwa i certyfikacji urządzenia,
- sformułowanie wniosków do dalszych kroków.

Efektami prac w fazie II będą:

- opracowany model funkcjonalny i wytworzony prototyp elektrolizera SOE nowej generacji,
- opracowany model funkcjonalny i wytworzony prototyp elektrolizera ALK,
- wybudowane/ wytworzone elementy instalacji prototypowej obu rodzajów elektrolizera,
- dokumentacja niezbędna do uzyskania znaku CE na elektrolizerach.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym osoby z umiejętnościami w zakresie projektowania i konstrukcji specjalistycznej aparatury badawczej i urządzeń energetycznych, specjaliści w zakresie inżynierii materiałowej, specjaliści w zakresie wysokich ciśnień, elektrycy, elektromechanicy,
- środki trwałe (zarówno wykorzystane na potrzeby fazy I, jak również wytworzone w fazie II), w tym narzędzia do projektowania i prototypowania wyrobów energetycznych, laboratoria i stanowiska badawcze.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 4 projektów o łącznym budżecie 36 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- budowę demonstratora i integrację z obiektem przemysłowym/ energetycznym w zakresie:
  - wysokociśnieniowej instalacji *Power-to-Gas* (PtG),
  - wytwarzania wodoru w oparciu o elektrolizer stałotlenkowy (SOE) w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych,
- budowę demonstratora wielkoskalowej instalacji do produkcji zielonego wodoru.

W ramach każdego z ww. przedsięwzięć przewidziane są poddziałania z poniższego wykazu:

- 
- montaż i uruchomienie prototypu elektrolizera,
  - badania długoterminowe,
  - weryfikacja funkcjonalności prototypu w warunkach rzeczywistych,
  - opracowanie dokumentacji techniczno-technologicznej demonstratora,
  - certyfikacja demonstratora elektrolizera lub wybranych jego komponentów.

Efektami prac w fazie III będą:

- gotowa do komercjalizacji wysokociśnieniowa instalacja PtG,
- elektrolizer do wytwarzania wodoru pracujący z wydajnością ok. 16 kg wodoru na dobę o czystości 99,999 %,
- kompletna dokumentacja projektowa, konstrukcyjna, podwykonawcza, produkcyjna i wdrożeniowa urządzenia/ instalacji (potwierdzenie dojrzałości technologii na poziomie TRL 9, predysponującej technologię do wdrożenia).

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym specjaliści w zakresie projektowania i uruchomienia instalacji energetycznych, technologii materiałowych, wysokich ciśnień, automatyki, elektryki, inżynierii mechanicznej, technologii i inżynierii produkcji,
- środki trwałe wytworzone w fazie II, oraz WNIPI i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 4 projektów o łącznym budżecie 70 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.

Rezultatem działania 1 będzie opracowanie nowych technologii produkcji wodoru w procesie elektrolizy. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 16 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 130 mln PLN.



## **Działanie 2 – Produkcja paliw syntetycznych z zielonego wodoru oraz z odpadów**

Drugie, pod względem liczby projektów, działanie obejmuje produkcję paliw syntetycznych z uprzednio wytworzonego zielonego wodoru z wykorzystaniem ogni w wysokotemperaturowych (SOE). W jednym z poddziałań wskazana została produkcja wodoru z odpadów. Projekty te, klasy *Power-to-Liquid* (PtL), *Power-to-Ammonia* (PtA), *Power-to-Gas* (PtG), mogą być również klasyfikowane jako działania związane z magazynowaniem wodoru (energii). Niemniej ze względu na fakt, że ich główny komponent B+R jest związany z doskonaleniem procesu elektrolizy w instalacjach skali 1-5 MW, projekty te zostały umieszczone w scenariuszu dotyczącym produkcji wodoru.

Działanie obejmuje prace w fazach II i III.

Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- przygotowanie prototypów systemów *Power-to-Hydrogen* - układ magazynowania energii wykorzystujący H<sub>2</sub> wytworzony w procesie elektrolizy wysokotemperaturowej przy pomocy ogniwo SOC klasy 5 MW, prototyp, budowa instalacji,
- przygotowanie prototypów systemów *Power-to-Liquid klasy 1 MW* - produkcja ciekłych paliw syntetycznych oparta na ogniwach SOC i wykorzystująca metodę Fischera-Tropscha lub syntezę metanolu, przygotowanie prototypów systemów *Power-to-NH<sub>3</sub>-to-power* – budowa instalacji z ogniwami SOC do produkcji amoniaku i jego bezemisyjnej konwersji na energię elektryczną celem demonstracji wielkoskalowego magazynowania energii OZE w skali powyżej GW,
- przygotowanie prototypów systemów *Power-to-Gas* - produkcja syntetycznych paliw gazowych oparta na ogniwach SOC wykorzystująca reaktor metanizacji klasy 1 MW,
- przygotowanie prototypów systemów produkcji wodoru i paliw syntetycznych z odpadów, w tym:
  - identyfikacja strumienia odpadów do wytwarzania wodoru,
  - przygotowanie funkcjonalnej koncepcji wytwarzania, oczyszczania, sprężania i gromadzenia wodoru,
  - przygotowanie funkcjonalnej koncepcji wykorzystania zielonego wodoru z odpadów,
  - testowanie modelu wytwarzania, oczyszczania i sprężania wodoru w warunkach laboratoryjnych,
  - testowanie sprawności energetycznej systemu i urządzeń pozyskiwania wodoru,
  - projekt instalacji monitoringu i bezpieczeństwa instalacji.

Efektami prac w fazie II będą m.in.:

- prototyp instalacji wysokotemperaturowej elektrolizy SOE w pełni zintegrowanej z ciągiem procesowym wybranego obiektu lub procesu technologicznego,
- prototyp instalacji z ogniwami SOE pozwalającej na elastyczną i efektywną ekonomicznie produkcję wodoru, tlenu lub gazu syntetycznego (SNG, CNG, LNG) oraz separację i buforowanie dwutlenku węgla,
- prototyp technologii efektywnego energetycznie i ekonomicznie wykorzystania odpadów (z biomasy) jako źródła wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- 
- zasoby ludzkie, w tym specjaliści w zakresie projektowania i uruchamiania instalacji, technologii zgazowania, technologii produkcji wodoru oraz energetyki,
  - środki trwałe w postaci instalacji elektrolizy SOE, oraz WNIP.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 15 projektów o budżecie 636 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Faza II

Faza III

Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- przystosowanie instalacji PtG do specyficznych wymogów obiektów energetycznych i przemysłowych – testowanie, certyfikacja, wdrożenie,
- przystosowanie instalacji PtL do specyficznych wymogów obiektów energetycznych i przemysłowych – testowanie, certyfikacja, wdrożenie,
- przystosowanie instalacji Power-to-NH<sub>3</sub>-to-Power do specyficznych wymogów obiektów energetycznych i przemysłowych – testowanie, certyfikacja, wdrożenie,
- przystosowanie instalacji PtG i instalacji do produkcji paliw syntetycznych do specyficznych wymagań obiektów przemysłowych/ energetycznych – testowanie, certyfikacja, wdrożenie,
- przygotowanie i testowanie instalacji wytwarzania, oczyszczania i sprężania wodoru w warunkach laboratoryjnych, instalacja monitoringu i systemów bezpieczeństwa.

Efektom prac w fazie III będą:

- gotowa do komercjalizacji instalacja PtG,
- gotowa do komercjalizacji instalacja PtL,
- gotowa do komercjalizacji instalacja P-to-NH<sub>3</sub>-to-Power,
- gotowa do komercjalizacji instalacja produkująca paliwa syntetyczne bazująca na PtG,
- sprawdzone w warunkach rzeczywistych technologie do produkcji wodoru i paliw syntetycznych z odpadów.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, jak np. projektanci urządzeń energetycznych, automatycy, elektrycy, inżynierowie mechanicy, technologowie/ inżynierowie produkcji i inżynierowie materiałowi,
- środki trwałe (elektrolizer, elementy infrastruktury – rury, zawory, uszczelki) i dostęp do usług obcych w postaci badań laboratoryjnych, testów potwierdzenia sprawności urządzeń etc.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 11 projektów o łącznym budżecie 620 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 2 będzie opracowanie nowych technologii produkcji paliw syntetycznych z zielonego wodoru oraz odpadów. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 26 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 1,256 mld PLN.



### **Działanie 3 – Wytwarzanie wodoru niskoemisyjnego z wykorzystaniem CCS/U**

Celem działania jest dostosowanie i implementacja technologii CCS i CCSU w procesach reformingu węglowodorów. Zastosowanie technologii CCS i CCSU pozwala otrzymać wodór niskoemisyjny. Mimo, że jest to produkcja wodoru z węglowodorów, to jednak z wychwytem lub zagospodarowaniem CO<sub>2</sub>. Główną motywacją rozwoju tej metody jest fakt, że produkcja wodoru z węglowodorów jest najbardziej dojrzała i upowszechniona, a jednocześnie niebieski wodór (wytwarzany w procesie wychwytywania, magazynowania i wykorzystania dwutlenku węgla) oznacza utrzymanie CO<sub>2</sub> pod kontrolą. Ponadto, ze względu na ambitne cele polityki klimatycznej, obecnie nie jest możliwa produkcja dużej ilości wodoru metodami nieemisyjnymi. Oczekiwanie na zielony wodór pozyskiwany w procesie elektrolizy mogłoby oznaczać spowolnienie rozwoju rynku technologii wodorowych.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- przeprowadzenie prac analitycznych dotyczących możliwości wytwarzania wodoru z węglowodorów oraz doboru metody wychwytu dwutlenku węgla i dalszego jego zagospodarowania,
- przeprowadzenie analiz, symulacji i badań eksperymentalnych w odniesieniu do konkretnych, wybranych przypadków/ lokalizacji.

Efektom prac w fazie I będzie koncepcja zintegrowanego procesu wytwarzania niskoemisyjnego wodoru z wykorzystaniem metody CCSU.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, jak projektanci urządzeń energetycznych i gazowniczych,
- środki trwałe, w tym infrastruktura badawcza/ laboratoryjna, oraz materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 6 projektów o łącznym budżecie 54 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- 
- zaprojektowanie demonstracyjnego (w skali wielkolaboratoryjnej) układu CCS/ CCSU dla konkretnego przypadku produkcji wodoru,
  - budowę demonstracyjnego układu CCS/ CCSU i jego integrację z procesem wytwarzania wodoru,
  - testowanie układu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Efektom prac w fazie II będą:

- demonstrator układu CCS/ CCSU zintegrowanego z wybranym procesem produkcji wodoru,
- wyniki oceny funkcjonalnej, technologicznej i ekonomicznej całego układu.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym pracownicy naukowcy, inżynierowie, projektanci, technicy o specjalnościach: energetyk, automatyk i w zakresie instalacji gazowych oraz energetycznych,
- środki trwałe wytworzone w fazie I, usługi obce (pomiarowe, laboratoryjne) oraz materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 6 projektów o łącznym budżecie 360 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie do 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- zaprojektowanie układu CCS/ CCSU dla wybranego przypadku produkcji wodoru w skali półtechnicznej,
- budowę układu CCS/ CCSU i jego integrację z procesem wytwarzania wodoru,
- rozruch i testowanie układu.

Efektom prac w fazie III będą:

- przetestowany układ CCS/ CCSU zintegrowany z istniejącym procesem wytwarzania wodoru z węglowodorów w warunkach rzeczywistych.
- wyniki/ raport z oceny procesowej, technologicznej i ekonomicznej całego układu/ systemu.

Uczestnicy SL wskazali, że dla realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym pracownicy naukowcy, inżynierowie, projektanci, technicy o specjalnościach: energetyk, automatyk oraz w zakresie instalacji gazowych i inżynier produkcji,
- środki trwałe wytworzone w fazie II, usługi obce (pomiarowe, laboratoryjne certyfikacyjne) oraz materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie 240 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 3 będzie opracowanie technologii wytwarzania wodoru niskoemisyjnego z wykorzystaniem CCS/U. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 7 lat łącznie 15 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 654 mln PLN.



#### **Działanie 4 – Produkcja wodoru z odpadów**

Produkcja wodoru z odpadów (z biomasy oraz odpadów komunalnych) w procesie zgazowania, może stanowić istotny wkład w rozwój gospodarki obiegu zamkniętego, ponieważ w wyniku jej zastosowania powstaje czyste paliwo jakim jest wodór. Mimo, że zgazowanie jest metodą emisyjną, istnieje możliwość jej zastosowania z modułem CCS/ CCU zapewniając wodór niskoemisyjny.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- analizę optymalnej lokalizacji do wybudowania instalacji zgazowania biomasy i odpadów, w tym przygotowanie niezbędnej dokumentacji technicznej i technologicznej, przygotowanie niezbędnych pozwoleń,
- wybór optymalnej technologii przygotowania odpadów oraz opracowanie koncepcji technologii do zastosowania w wybranej lokalizacji,
- przygotowanie koncepcji instalacji stacji tankowania zintegrowanej z produkcją wodoru.

Efektom prac w fazie I będzie wybrana technologia produkcji wodoru z odpadów w kontekście wybranej lokalizacji.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są zasoby ludzkie, w tym specjaliści z dziedziny projektowania instalacji produkcji wodoru, projektowania stacji tankowania wodoru oraz urzędów energetycznych, inżynierii budowlanej oraz specjaliści ds. pozyskiwania środków krajowych/ unijnych itp.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 15 projektów o łącznym budżecie 52,5 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie do 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- budowę prototypowej instalacji zgazowania biomasy i/ lub odpadów w technologii wybranej podczas analizy w fazie I,

- pierwszą testową produkcję wodoru.

Efektom prac w fazie II będzie zbudowana testowa instalacja produkcji wodoru z odpadów.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie w zakresie projektowania instalacji, technologii zgazowania,
- środki trwałe konieczne do budowy prototypu instalacji – reaktor, palniki, systemy dozowania etc.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 10 projektów o łącznym budżecie 500 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie, mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- wdrożenie pełnoskalowej instalacji produkcji wodoru z odpadów,
- wdrożenie instalacji stacji tankowania pojazdów wodorem, celem sprzedaży nadwyżek wyprodukowanego wodoru.

Efektom prac w fazie III będzie testowa instalacja produkcji wodoru z odpadów zintegrowanej ze stacją zasilania pojazdów.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie w zakresie projektowania instalacji i urządzeń energetycznych, technologii zgazowania, technologii produkcji,
- środki trwałe niezbędne dla budowy prototypu instalacji – reaktor, palniki, systemy dozowania etc.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 8 projektów o łącznym budżecie 680 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.

Rezultatem działania 4 będzie opracowanie technologii produkcji wodoru z odpadów. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 33 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 1 232,5 mln PLN.



#### **Działanie 5 – Wodór odpadowy (*by product*)**

W obszarze działania 5 celem jest opracowanie technologii zagospodarowania wodoru odpadowego (*by product*), który powstaje w wielu procesach (np. w zakładach chemicznych – produkcja chloru) i produkcyjnych (np. wytwarzanie szkła), których celem podstawowym nie jest jego wytworzenie. Propozycja ta wychodzi naprzeciw potrzebom wykorzystania występujących w kraju licznych źródeł wodoru tzw. „ubocznego”, które nie są efektywnie zagospodarowane.



---

Działanie obejmuje prace w fazach II i III.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- prace nad przygotowaniem demonstratora technologii efektywnego energetycznie i ekonomicznie wykorzystania licznych źródeł wodoru „odpadowego”.

Efektem prac w fazie II będzie opracowany ww. demonstrator.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym inżynier instalacji gazowych, inżynier chemii procesowej, inżynier produkcji,
- dostęp do linii technologicznych zakładów, w których możliwe jest odseparowanie i wychwycenie wodoru z procesów produkcyjnych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie 90 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- działania integracyjne komponentów do uzyskania pełnoskalowej instalacji oczyszczania, sprężania i gromadzenia wodoru,
- testowanie sprawności energetycznej instalacji,
- wdrożenia i testowanie systemu monitoringu,
- analizy aspektów ekonomicznych całego rozwiązania oraz stworzenia banku danych z dłuższego okresu eksploatacji układu.

Efektem prac w fazie III będzie technologia pozwalająca na odzysk wodoru odpadowego.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

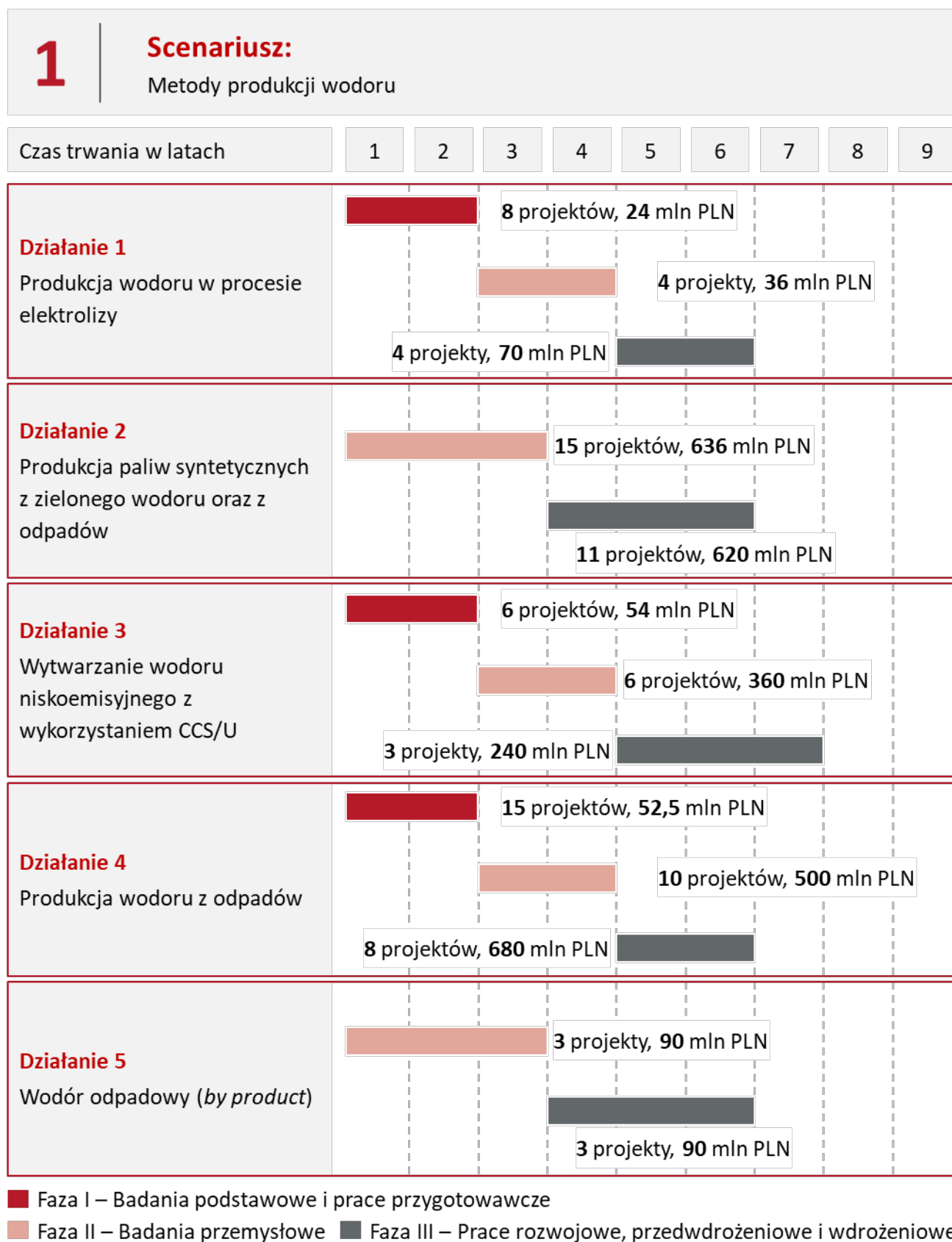
- zasoby ludzkie w zakresie budowy i eksploatacji urządzeń energetycznych, instalacji chemicznych, urządzeń gazowniczych,
- środki trwałe, w tym aparatura pomiarowa do badań jakości wytworzonego wodoru oraz dostęp do systemu i przebiegu procesów w celu stworzenia banku danych i możliwość prowadzenia prac naukowych z wykorzystaniem danych z instalacji pełnoskalowej.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie 90 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie 3 lat.

---

Rezultatem działania 5 będą technologie zagospodarowania wodoru odpadowego (*by product*).  
W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 180 mln PLN.

Rysunek 30. Forma graficzna scenariusza 1



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

## 5.1.2. Scenariusz 2 – Magazynowanie wodoru

Magazynowanie wodoru stanowi po jego produkcji kolejne ogniwo w procesie dostarczenia wartości dla konsumenta. Wodór jest rewersyjnym nośnikiem energii i może być ważnym elementem stabilizowania systemu energetycznego, jako mechanizm wielkoskalowego i sezonowego magazynowania energii, np. w przypadku morskich farm wiatrowych.

Wodór może również funkcjonować jako lokalny magazyn energii w ramach klastrów energii i wspólnot energetycznych oraz hub'ów, jak również krótkoterminowy magazyn na potrzeby np. infrastruktury zasilania pojazdów. Magazynowanie wodoru w małej skali przy wysokim ciśnieniu jest też kluczowym komponentem rozwoju rynku wodoromobilności.

Etap magazynowania wodoru stawia jednocześnie istotne wyzwania technologiczne z uwagi na fakt, że wodór charakteryzuje się wysoką gęstością grawimetryczną (MJ/kg) i jednocześnie niską gęstością objętościową (MJ/m<sup>3</sup>). Drugi z wymienionych wymiarów oznacza, że gęstość objętościowa wodoru gazowego przy ciśnieniu atmosferycznym otoczenia wynosi ok. 0,09 kg/m<sup>3</sup>. Aby zwiększyć gęstość objętościową wodór poddaje się wyższym ciśnieniom, zmienia się jego stan na ciekły, bądź też próbuje się go magazynować w innych związkach chemicznych.

Rozwój metod magazynowania wodoru będzie kształtował rozwój gospodarki wodorowej wpływając na te segmenty rynku, które będą wymagały dostępu do małoskalowego oraz wielkoskalowego magazynowania wodoru. Odbiorcy technologii magazynowania wodoru są potencjalnie ulokowani w każdym fragmencie łańcucha wartości gospodarki wodorowej, gdzie potrzebne jest przechowywanie (nawet krótkoterminowe) wodoru - przemysł motoryzacyjny, sektor energetyczny, gospodarstwa domowe, klastry, huby etc.

Spotkania z uczestnikami Smart Labu pozwoliły na wygenerowanie 3 działań związanych z magazynowaniem wodoru, które przedstawiono poniżej:



### **Działanie 1 – Fizykochemiczne, niskociśnieniowe magazynowanie wodoru**

Działanie to ma szansę wypełnić lukę rynkową w zakresie dostępności magazynów wodoru o ciśnieniu poniżej 200 bar. Technologie wysokociśnieniowe (700-1000 bar), a tym bardziej kriogeniczne, są stosunkowo drogimi metodami magazynowania wodoru - nieopłacalnymi dla tzw. przydomowego gromadzenia. Lokalne i małoskalowe (w tym niskociśnieniowe) magazynowanie wodoru stanowi istotny element rozwoju pełnego łańcucha wartości gospodarki wodorowej. Dla lokalnego wytwarzania i magazynowania wodoru krytyczny może być rozwój zbiorników i zdolności magazynowych w warunkach niskociśnieniowych z wykorzystaniem procesów fizykochemicznych.

Kluczowym celem na tym etapie rozwoju rynku jest opracowanie innowacyjnych materiałów na bazie wodorków metali oraz kompozytów węglowych o chemicznej i fizycznej zdolności wiązania wodoru.

---

Efektom projektów może być niskociśnieniowy, małogabarytowy magazyn wodoru o wysokiej gęstości magazynowania energii zbudowany na bazie zjawisk fizyczno-chemicznych w strukturach kompozytowych.

Spośród zadań w ramach działania 1 pojawiły się w trakcie Smart Labu następujące propozycje w obszarze magazynowania niskociśnieniowego, tj.:

- opracowanie niskociśnieniowej technologii fizyko-chemicznego magazynowania wodoru,
- opracowanie składu oraz wyznaczenie parametrów pracy materiałów do chemicznego magazynowania wodoru.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- analizę obecnego stanu techniki oraz prowadzonych prac na poziomie międzynarodowym celem identyfikacji kluczowych trendów, technologii oraz rozwiązań i możliwości ich komercjalizacji,
- opracowanie propozycji materiałów kompozytowych o wysokiej gęstości magazynowania energii w wodorze, pozwalających na jego cykliczne magazynowanie,
- wybór materiału rokującego zastosowanie w zakresie magazynowania fizykochemicznego oraz prace badawcze obejmujące projekt materiału,
- opracowanie koncepcji składu i procesu wytwarzania materiałów do odwracalnej sorpcji wodoru.

Efektom prac w fazie I będą:

- opracowane materiały do magazynowania wodoru pozwalające na uzyskanie wysokiej pojemności grawimetrycznej i wolumetrycznej,
- wybrane trzy materiały o potencjalnie najwyższej gęstości magazynowania wodoru na podstawie analizy obecnego stanu techniki,
- specyfikacja opracowanych materiałów sorpcyjnych.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym pracownicy naukowcy posiadający kompetencje badawcze w dziedzinie chemii i fizyki materiałów, inżynierii materiałowej, jak również w badaniach nieniszczących materiałów i urządzeń; inżynierowie specjaliści modelowania i symulacji właściwości materiałów i urządzeń; projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej,

- 
- środki trwałe, w tym zaplecze laboratoryjne badań fizyko-chemicznych materiałów; narzędzia do modelowania, symulacji i projektowania materiałów i urządzeń; zaplecze konstrukcyjne i wykonawcze w zakresie specjalistycznej aparatury badawczej.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 7 projektów o łącznym budżecie równym 54 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- prace konstrukcyjne i optymalizacja pracy opracowanego modelu magazynu,
- opracowanie koncepcji małogabarytowego magazynu wodoru w oparciu o zjawiska fizykochemiczne dla dwóch materiałów sorbujących wodór zakwalifikowanych z fazy I.

Efektami prac w fazie II będą:

- opracowany model skalowalnego małogabarytowego magazynu wodoru w oparciu o zjawiska fizykochemiczne dla dwóch materiałów sorbujących wodór zakwalifikowanych z fazy I,
- opracowany prototyp technologii produkcji materiału kompozytowego pozwalającego na absorpcję/ uwalnianie wodoru,
- opracowany projekt magazynu wodoru z wykorzystaniem jednego wybranego materiału,
- opracowany model funkcjonalny instalacji magazynującej,
- opracowany układ monitorowania i sterowania instalacji magazynującej (w tym dedykowanych czujników).

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej; projektanci technologii produkcji wyrobów branży chemicznej, pracownicy naukowcy posiadający kompetencje badawcze w dziedzinie chemii i fizyki materiałów, inżynierii materiałowej oraz w badaniach nieniszczących materiałów i urządzeń,
- środki trwałe, w tym narzędzia do projektowania i prototypowania wyrobów branży chemicznej; zaplecze laboratoryjne badań fizyko-chemicznych materiałów, podzespołów i gotowych urządzeń; techniczne wyposażenie do badań laboratoryjnych modelu i prototypu.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 5 projektów o łącznym budżecie równym 76 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- prace konstrukcyjno-technologiczne, prace technologiczne oraz testy magazynu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych,
- opracowanie parametrów technologicznych oraz wyznaczenie charakterystyk pracy serii prototypowych magazynów wodoru wykorzystujących proces chemisorpcji,
- opracowanie technologii produkcji magazynu wodoru wykorzystującego zjawiska fizykochemiczne w opracowanym materiale,
- opracowanie technologii do produkcji pilotażowej na bazie wyników fazy II: przeskalowanie technologii produkcji materiału, wykonanie prototypu/ badania w warunkach eksploatacji pilotażowej, produkcja pilotażowa, badania funkcjonalne i certyfikacja/ homologacja.

Efektami prac w fazie III będą:

- seria prototypowa magazynów wodoru wykorzystujących proces chemisorpcji,
- konstrukcja magazynów dopuszczona do eksploatacji i produkcja serii pilotażowej.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym projektanci technologii produkcji wyrobów branży chemicznej, specjaliści kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów branży chemicznej, pracownicy naukowcy w dziedzinie badań jakości wyrobów,
- środki trwałe, w tym zaplecze konstrukcyjno-wykonawcze do wytworzenia i powielania wyrobu w ramach serii pilotażowej, zaplecze laboratoryjne do badań fizyko-chemicznych materiałów, podzespołów i gotowych urządzeń, techniczne wyposażenie do kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 50 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 1 będzie opracowanie technologii fizykochemicznego, niskociśnieniowego magazynowania wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 7 lat łącznie 14 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 180 mln PLN.



## **Działanie 2 – Wysokociśnieniowe magazynowanie wodoru**

W zakresie magazynowania i jednocześnie transportu wodoru, szczególnie w relatywnie małych ilościach i na małe dystanse, istotne będzie rozwijanie technologii zbiorników, butlowozów i kompresorów. Szczególną rolę na początkowym etapie rozwoju rynku gospodarki wodorowej odegrają kompozytowe zbiorniki wysokociśnieniowe.

Uczestnicy Smart Labu zgłosili propozycję opracowania i wdrożenia do produkcji wysokociśnieniowych zbiorników kompozytowych (w pełni podlegających recyclingowi) do magazynowania i transportu wodoru. Rezultatem może być wdrożenie nowego, innowacyjnego typu zbiorników o cechach dotychczas niewystępujących na rynku.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- przeprowadzenie badań porównawczych dotyczących doboru różnych materiałów kompozytowych i komponentów (żywic, alternatywnie taśm kompozytowych z żywicami) potwierdzających przyjęte założenia badawcze i koncepcyjne dla zbiorników, które docelowo będą wdrażane w kolejnych fazach projektu,
- zaprojektowanie konstrukcji modelu zbiornika o różnych pojemnościach.

Efektom prac w fazie I będzie projekt zbiornika o wysokich parametrach wytrzymałościowych.

Uczestnicy SL wskazali, że wśród niezbędnych zasobów do realizacji prac w fazie I jest współpraca z jednostkami naukowymi oraz ekspertami z zakresu projektowania i badania zbiorników kompozytowych oraz z podmiotami zajmującymi się recyklingiem.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 6 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie do 1 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- opracowanie technologii produkcji zaprojektowanego zbiornika,
- zaprojektowanie pilotażowej linii produkcyjnej do wytwarzania opracowanych zbiorników.

Efektom prac w fazie II będzie przygotowana seria prototypów zbiorników różnych wielkości i kształtów.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym inżynierowie technologii materiałowych, wysokich ciśnień i elektrochemii oraz współpraca z jednostkami naukowymi zajmującymi się materiałami kompozytowymi i termoplastycznymi,
- surowce – kompozyty polimerowe, hybrydowe etc.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 50 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie ok. 1,5 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:



- montaż i rozruch linii produkcyjnej zbiorników wysokociśnieniowych,
- produkcję partii próbnej i certyfikację zbiorników,
- optymalizację linii produkcyjnej zbiorników wysokociśnieniowych poprzez dostosowanie parametrów technologicznych procesu wytwarzania,
- badania niszczące, testy zmęczeniowe i starzeniowe zbiorników wysokociśnieniowych.

Efektom prac w fazie III będzie typoszereg ultralekkich wysokociśnieniowych zbiorników kompozytowych o unikalnych na rynku cechach (w 100 % podlegających recydingowi) do transportu i magazynowania wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że niezbędne zasoby do realizacji prac w fazie III to współpraca ze specjalistycznymi laboratoriami badawczymi, ekspertami od materiałów kompozytowych i tworzyw termoplastycznych oraz jednostkami certyfikującymi.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 40 mln PLN w okresie ok. 1 roku. Faza ta może jednak trwać ok. 2 lat ze względu na procesy certyfikacyjne, które w obliczu braku upowszechnionych norm mogą być czasochłonne.

Rezultatem działania 2 będzie opracowanie technologii wysokociśnieniowego magazynowania wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 4,5 roku łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 96 mln PLN.



### **Działanie 3 – Technologie opomiarowania w magazynowaniu wodoru**

Wodór jest wymagającym gazem z powodu konieczności śledzenia stabilności jego parametrów i ze względów bezpieczeństwa. Zmiana składu chemicznego czy nawet minimalne wycieki mogą wpłynąć na pracę urządzeń oraz stwarzać zagrożenie dla zdrowia i życia użytkowników. Z tego względu opomiarowanie i monitorowanie szczelności wszelkich instalacji z wykorzystaniem wodoru powinno mieć miejsce od momentu jego wytworzenia do zużycia.

Celem działania 3 jest opracowanie systemu pomiaru i monitorowania wodoru na potrzeby procesów jego magazynowania i zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji różnych urządzeń wodorowych.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- badania nad opracowaniem metod pomiaru wybranych parametrów opisujących pracę elementów magazynu i całego systemu magazynowania pozwalających na ocenę bezpieczeństwa bieżącej pracy systemu,
- opracowanie procedur bezpieczeństwa i eliminacji zagrożeń.

Efektem prac w fazie I będą:

- zidentyfikowane wybrane typy obserwowanych parametrów dokumentujących stan pracy magazynu w czasie rzeczywistym ze wskazaną technologią pomiaru bezpośredniego bądź pośredniego,
- modele czujników,
- ogólna specyfikacja systemu monitorującego.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym automatyk, informatyk, elektrotechnik,
- dostęp do zaplecza badawczego fizyki stosowanej i metod przetwarzania danych w czasie rzeczywistym.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie równym 12 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie do 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- opracowanie wstępnego prototypu systemu monitorowania z wyspecyfikowanym katalogiem czujników i systemem przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, o strukturze otwartej i modułowej.

Efektem prac w fazie II będą:

- model prototypowej technologii produkcji czujników,
- opracowany system monitorowania w czasie rzeczywistym.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym. automatyk, informatyk, elektrotechnik,
- środki trwałe, w tym zestaw oprzyrządowania do pomiaru zmian stanu konstrukcji oraz aparatura pozwalająca na sygnalizację stanu zagrożenia (przekroczenia krytycznych parametrów alarmowych).

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 30 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie do 2 lat.



Projekt, jaki może zostać zrealizowany w ramach fazy III obejmuje:

- zadania związane z opracowaniem technologii produkcji czujników,

- 
- opracowanie technologii montażu platformy monitorowania w strukturze modułowej, skalowalnej,
  - certyfikację elektroniki (praca w kontakcie z wodorem),
  - walidację systemu przetwarzania danych,
  - produkcję pilotażową modułów systemu monitorowania,
  - badania w warunkach eksploatacji pilotażowej.

Efektami prac w fazie III będzie prototyp systemu monitorowania i wytworzenie partii pilotażowej w kilku wariantach.

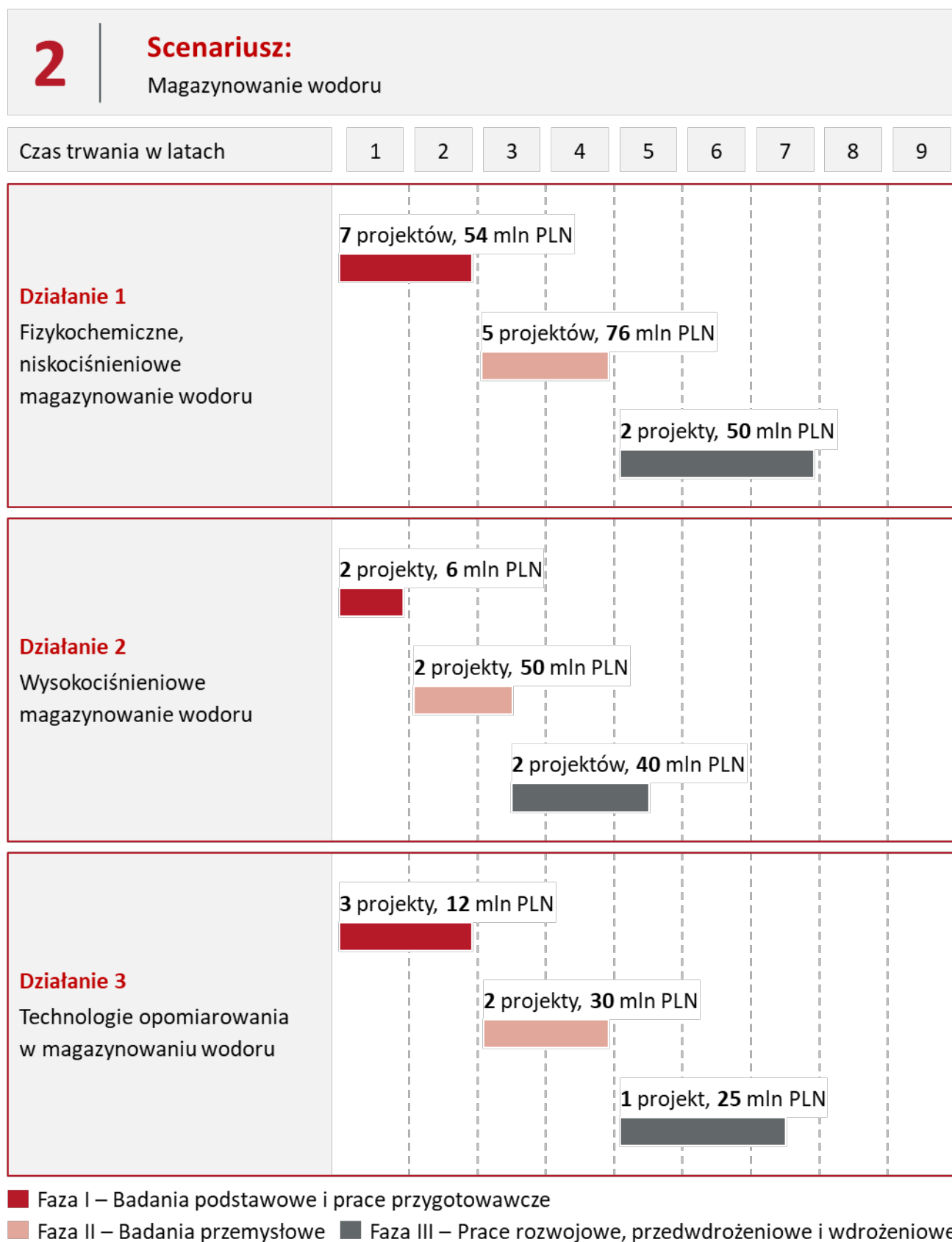
Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. automatyk, informatyk, elektrotechnik.
- środki trwałe – laboratorium badania oprzyrządowania pomiarowego, w tym elementów układu przetwarzania danych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 1 projektu o budżecie równym 25 mln PLN. Projekt ten powinien zostać zrealizowany w okresie 2,5 roku.

Rezultatem działania 3 będzie opracowanie technologii opomiarowania w magazynowaniu wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6,5 roku łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 67 mln PLN.

Rysunek 31. Forma graficzna scenariusza 2



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

### 5.1.3. Scenariusz 3 – Przesył i dystrybucja wodoru

W zakresie wielkoskalowego przesyłu wodoru najdogodniejszą metodą na krótkich, średnich i długich dystansach (do kilkuset i kilku tysięcy km) jest sieć gazownicza (rurociągową) – obecna, wykorzystywana do przesyłu gazu ziemnego, bądź nowa, dedykowana na potrzeby transportu wodoru. Warunkiem wykorzystania rurociągów do przesyłu wodoru jest jego odpowiednio duża i trwała podaż oraz popyt, zgłaszane jednocześnie. W tym obszarze kluczowe wydają się inwestycje w zakresie budowy/ dostosowania gazociągów mogących transportować wodór, szczególnie w obrębie dolin wodorowych i obszarów samobilansujących się energetycznie. Wynika to również z dynamicznej transformacji sektora gazowniczego na gruncie regulacyjnym UE, przyspieszonego konfliktem Rosja-Ukraina i unijnymi sankcjami. System gazowniczy może pełnić funkcje przesyłowe, dystrybucyjne i magazynowe. Oznacza to, że istotnego znaczenia nabiera rozwój infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej gotowej do przyjęcia gazów zdekarbonizowanych (na poziomie operatorów systemu przesyłowego i dystrybucyjnego), szczególnie w zakresie wodoru i paliw syntetycznych: *hydrogen-ready, ammonia-ready*.

W zakresie transportu wodoru w relatywnie małych ilościach i na małe dystanse, istotne będzie rozwijanie technologii zbiorników, butlowozów, kompresorów etc., ale również technologii konwersji, w tym do postaci ciekłej i technologii odzysku energii chłodu.

Obok komponentów typu zbiorniki wysokociśnieniowe czy rury umożliwiające przesył wodoru, istotne będą również produkty armatury towarzyszącej budowie i eksploatacji gazociągów i urządzeń dystrybucyjnych, tj.: kompresory, zawory, mierniki etc. Ważny będzie także komponent rozwiązań IT do optymalizacji procesów, zarządzania nimi, opomiarowania i bezpieczeństwa pracy z wodorem.

Spotkania z interesariuszami w ramach Smart Labu pozwoliły na wygenerowanie 5 działań związanych z technologiami wspierającymi przesył i dystrybucję wodoru, które przedstawiono poniżej:



#### **Działanie 1 – Technologie pomiaru i monitorowania, bezpieczeństwo wodoru**

Celem działania jest:

- opracowanie urządzeń do wykrywania i pomiaru emisji wodoru i mieszaniny wodoru z gazem ziemnym z infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej,
- opracowanie systemów monitoringu infrastruktury przesyłu i dystrybucji wodoru,
- przygotowanie magistralnej instalacji światłowodowej do monitorowania szczelności (i innych parametrów, takich jak np. pole odkształceń, stopień zużycia korozyjnego itp.) obiektów zawierających wodór.

Rezultatem może być:

- nowe urządzenie do wykrywania oraz pomiaru emisji wodoru i mieszaniny wodoru z gazem ziemnym,
- nowy system monitoringowy do zastosowania bezpośrednio podczas eksploatacji sieci gazowych lub przemysłowych instalacji wodorowych,
- pilotażowa instalacja monitoringu zintegrowanego systemu przesyłu i gromadzenia wodoru z wykorzystaniem zaawansowanych (beziskrowych) metod zawierających czujniki światłowodowe.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- porównanie dostępnych technologii wytwarzania czujników do opracowania czujników nowego typu,
- porównanie dostępnych technik badania materiałów i konstrukcji czujników, które mogą być zastosowane na elementach infrastruktury gazowej, m.in. gazociągi,
- opracowanie czujników pomiarowych nowego typu wykrywających zarówno metan, jak i wodór,
- opracowanie czujników umożliwiających monitoring infrastruktury gazowej w celu zapewnienia odpowiedniego bezpieczeństwa w trakcie jej eksploatacji.

Efektom prac w fazie I będzie koncepcja technologii do monitoringu infrastruktury gazowej transportującej mieszaninę gazu ziemnego i wodoru lub czystego wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są zasoby ludzkie, głównie specjaliści w zakresie materiałoznawstwa, elektroniki, programowania, projektowania zaawansowanej infrastruktury badawczej i urządzeń.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 5 projektów o łącznym budżecie równym 25 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- przeprowadzenie badań konstrukcyjnych nowych, zaprojektowanych w fazie I czujników wykrywających zarówno wodór, jak i metan,
- przeprowadzenie badań konstrukcyjnych nowych systemów pracujących na sieci gazowej,

- zaprojektowanie pełnoskalowego demonstratora monitorowania magistrali w warunkach rzeczywistych eksploatacji instalacji wodorowej.

Efektami prac w fazie II będą:

- prototypy nowych czujników umożliwiających pomiar zarówno wodoru, jak i metanu w tym samym czasie,
- prototypy czujników pracujących w sieci gazowej wykrywające zmiany parametrów istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji infrastruktury gazowej.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby kadrowe, głównie specjaliści w zakresie materiałoznawstwa, elektroniki, programowania, fotoniki i metrologii,
- zasoby techniczne, w tym dostęp do rzeczywistej infrastruktury gazowej i uzyskanie informacji o parametrach technicznych i potencjalnych ryzykach, elementy systemu monitorującego (czujniki, stacja przetwarzania sygnałów optycznych na elektryczne itp.) oraz instalacja i monitorowanie obiektu testowego (laboratoryjnego) z programowanymi defektami.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 8 projektów o łącznym budżecie równym 77 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- dostosowanie czujników opracowanych w fazie II do specyficznych warunków panujących w sieci gazowej, opracowanie protokołów komunikacji cyfrowej, integrację z istniejącymi platformami wizualizacji danych pomiarowych (np. SCADA), badanie działania czujników w różnych warunkach pracy,
- dostosowanie czujników/ systemów monitoringu opracowanych w fazie II do specyficznych warunków panujących w sieci gazowej, w tym sieci gazowej wysokiego ciśnienia, opracowanie protokołów komunikacji cyfrowej, integrację z istniejącymi platformami wizualizacji danych pomiarowych (np. SCADA), badanie działania czujników i systemów monitoringu w różnych warunkach pracy,
- przeprowadzenie badań na rzeczywistym obiekcie,
- instalację systemu pomiarowego na rzeczywistym obiekcie (gazociągu), testowanie systemu magistrali z użyciem serii defektów symulowanych na obiekcie, sporządzenie biblioteki defektów i kalibrację systemu, określenie warunków granicznych dla mierzonych wartości oraz sposobów reagowania na wykryte alarmy.

Efektami prac w fazie III będą:

- 
- demonstrator urządzenia do wykrywania i/ lub pomiarów wielkości wycieków mieszaniny wodoru i gazu ziemnego z infrastruktury przesyłu i dystrybucji gazu,
  - demonstrator systemu monitoringu do zastosowań komercyjnych, dostosowany do pracy na sieci gazowej wpływający na poprawę jakości monitorowanej infrastruktury.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby kadrowe, głównie specjaliści w zakresie materiałoznawstwa, elektroniki, programowania,
- zasoby techniczne, w tym dostęp do czynnej sieci gazowej lub stanowiska badawczego symulującego warunki rzeczywiste,
- zasoby produkcyjne – wykonanie obudów, elektroniki, docelowych układów sterowania urządzeniami, zasoby konieczne do zabezpieczenia warunków eksploatacji systemów monitorowania, zasoby produkcyjne w zakresie wytwarzania nowego typu czujników,
- dostęp do wiedzy klienta w zakresie potencjalnych zagrożeń obiektu, wsparcie ze strony kadry inżynierskiej dysponenta gazociągu przy przeprowadzeniu defektów symulowanych i przy instalacji systemu monitorującego.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 8 projektów o łącznym budżecie równym 77 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.

Rezultatem działania 1 będzie opracowanie technologii pomiaru i monitorowania oraz infrastruktury transportującej wodór. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 21 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 179 mln PLN.



## **Działanie 2 – Technologie materiałowe**

Z uwagi na fizykochemiczne właściwości wodoru, wyzwaniem technologicznym jest stworzenie lekkich, dostępnych cenowo i wysoce szczelnych materiałów mogących odegrać istotną rolę w zakresie ograniczenia kosztów i trudności związanych z magazynowaniem, przesyłem i dystrybucją wodoru.

Najważniejsze cele w tym działaniu to:

- opracowanie technologii wytwarzania wysokociśnieniowych rur kompozytowych (i zbiorników) do przesyłu i magazynowania węglowodorów (gaz ziemny, wodór) z wykorzystaniem włókna i kompozytu bazaltowego,
- opracowanie technologii redukcji przenikalności wodoru przez obiekty metalowe i polimerowe z użyciem nanomateriałów,
- opracowanie technologii produkcji ultralekkich wysokociśnieniowych rur kompozytowych wykonanych z tworzyw termoplastycznych wzmocnianych włóknem szklanym lub węglowym do przesyłu wodoru.



Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- opracowanie koncepcji badań materiałowych i wytrzymałościowych,
- badania materiałów do wykorzystania w procesie nawijania zbiorników i wytwarzania rur.

Efektami prac w fazie I będą:

- koncepcja badań dla poszczególnych elementów sieci gazowej,
- materiały do opracowania technologii wytwarzania rur i zbiorników.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, głównie kadra naukowo-inżynierska posiadająca kompetencje projektowe i produkcyjne w zakresie urządzeń wykorzystujących technologie wysokich ciśnień (w tym pochodząca z uczelni i wyspecjalizowanych instytutów badawczych),
- zasoby techniczne, w tym urządzenia montowane na sieci gazowej i rury, jak również stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie badań dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym w warunkach zbliżonych do naturalnych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 6 projektów o łącznym budżecie równym 18 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 1,5 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- opracowanie koncepcji technologii, konstrukcji i materiałów do wytwarzania kompozytowych rur i zbiorników z włókna bazaltowego, w tym części wewnętrznej (linera) oraz oplotu,
- opracowanie prototypu zbiornika i rury kompozytowej oraz testowanie wytrzymałościowe,
- badania przenikalności wodoru przez ściankę kompozytową obiektu,
- opracowanie metody poprawy właściwości mechanicznych warstw ochronnych,
- modyfikację sposobu nanoszenia warstw zol-żel w procesie wytwarzania rur i zbiorników,
- przygotowanie demonstratora technologii (efektywnego energetycznie i ekonomicznie) wytwarzania lekkich wysokociśnieniowych rur i zbiorników do gromadzenia i transportu wodoru,
- opracowanie i wstępną walidację technologii ograniczającej przenikalność wodoru przez elementy infrastruktury,

- 
- opracowanie technologii oraz projektu linii produkcyjnej do wytwarzania rur oraz metod łączenia i budowy rurociągów lub instalacji przemysłowych.

Efektami prac w fazie II będą:

- prototypy rur i zbiorników kompozytowych wraz z projektem linii produkcyjnej,
- model działania zakładu produkcyjnego wraz linią produkcyjną,

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie posiadające doświadczenie i umiejętności w zakresie technologii budowy zbiorników ciśnieniowych, technologii wysokich ciśnień,
- zasoby techniczne, jak np. dostępność linii technologicznej, dostępność stanowisk do testowania wyrobów, urządzenia niezbędne do wytwarzania i nakładania nanowarstw w sposób zautomatyzowany.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 5 projektów o łącznym budżecie równym 27 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- przygotowanie do produkcji przetestowanego wyrobu będącego efektem prac przeprowadzonych w poprzednich fazach oraz jego linii produkcyjnej,
- przygotowanie rozwiązania technologicznego ograniczającego przenikalność wodoru przez elementy sieci i instalacji gazowych,
- uruchomienie produkcji pilotażowej oraz przeprowadzenie procesu certyfikacji wytwarzanych rur kompozytowych,
- testowanie hydrauliczne rur kompozytowych pod kątem spełniania norm i wymogów technicznych,
- testowanie wyrobów z użyciem sprężonego wodoru,
- testowanie warstw o silnych cechach ograniczających przenikalność wodoru na odcinku rzeczywistego rurociągu polimerowego,
- testowanie tej samej technologii w odniesieniu do warstw metalicznych (np. stalowych), w celu redukcji korozji wodorowej i naniesienie na fragment rzeczywistego rurociągu stalowego,
- testowanie trwałości mechanicznej nanowarstw i możliwości ich odkształcania się wraz z podłożem polimerowym lub metalicznym rury,
- opracowanie parametrów technologicznych procesu produkcji partii próbnej.

---

Efektem prac w fazie III będą:

- pilotażowa seria rur i zbiorników kompozytowych do montażu instalacji magazynowania/ dystrybucji lub rurociągu przesyłowego,
- demonstrator technologii pozwalającej na ograniczenie przenikalności wodoru przez istniejące elementy sieci i instalacje gazowe oraz stanowiska badawczego.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby kadrowe własne, jednostek badawczych i uczelni w zakresie inżynierii materiałowych, technologii wysokociśnieniowych oraz jednostek certyfikacyjnych,
- dostępność laboratoryjnego stanowiska badawczego do badania przenikalności wodoru w odniesieniu do pełnowymiarowych elementów rurowych, dostępność stanowiska do zautomatyzowanego nanoszenia nanowarstw na obiekty rurowe oraz dostępność badań testowych w innym laboratorium posiadającym akredytację.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 5 projektów o łącznym budżecie równym 112 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.

Rezultatem działania 2 będzie opracowanie technologii materiałowych dla przesyłu i dystrybucji wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5,5 roku łącznie 16 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 157 mln PLN.



### **Działanie 3 – Technologie sprzyjające integracji systemu gazowniczego i wodorowego**

Z uwagi na fakt potencjalnie dużej roli systemu gazowniczego w rozwoju gospodarki wodorowej, najwięcej projektów zdefiniowanych w ramach Smart Labu można przypisać do rozwiązań w zakresie mieszania gazu ziemnego z wodorem, przesyłania mieszanek wodorowych, odseparowania wodoru, jego nawaniania oraz pomiarów związanych ze współwystępowaniem gazu i wodoru w tej samej infrastrukturze.

W obszarze technologii pozwalających na integrację systemu gazowniczego i wodorowego pojawiły się następujące propozycje zadań:

- opracowanie narzędzi do zarządzania infrastrukturą przesyłową i dystrybucyjną w odniesieniu do mieszaniny gazu ziemnego i wodoru,
- opracowanie systemów wspierających dostosowanie infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej gazu ziemnego do transportu wodoru,
- opracowanie systemów separacji wodoru od gazu ziemnego (wielkoskalowego) dla instalacji wysokiego ciśnienia,
- opracowanie systemów nawaniania paliwa gazowego z dodatkiem wodoru wraz z systemem kontroli poziomu nawonienia,
- opracowanie sposobu pomiarów i rozliczeń mieszanki wodoru/ gaz ziemny,

- opracowanie narzędzi umożliwiających sterowanie domieszkowaniem wodoru do gazu ziemnego dostarczanego do odbiorców gazu - badania/ dopuszczenie urządzeń odbiorców do danego poziomu wodoru.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- badania technologii umożliwiających odseparowanie wodoru występującego w mieszaninie z gazem ziemnym – w przypadku dużych wolumenów mieszaniny gazu ziemnego i wodoru, transportowanej pod wysokim ciśnieniem,
- badania urządzeń kontrolnych oraz wyczuwalnego zapachu dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym, opracowanie krzywych zapachowych,
- opracowanie koncepcji opomiarowania i rozliczenia mieszanki gaz ziemny/ wodór.

Efektom prac w fazie I będą:

- koncepcja opomiarowania i rozliczenia paliwa gazowo-wodorowego, decyzja o uproszczonym, precyzyjnym lub mieszanym sposobie rozliczenia,
- zdefiniowany katalog urządzeń kontrolnych, ewentualna decyzja o konieczności opracowania nowych urządzeń lub zmianie środka nawaniającego i ponowne przeprowadzenie badań,
- koncepcja badań dla poszczególnych elementów sieci gazowej do badań w zakresie współwystępowania gazu ziemnego i wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym kadra naukowo-inżynierska z doświadczeniem w zakresie projektowania urządzeń energetycznych i gazowniczych oraz osoby odpowiedzialne za pomiary i rozliczenia z OSP i OSD,
- zasoby techniczne, w tym urządzenia do kontroli poziomu nawonienia, stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie badań dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym w warunkach zbliżonych do naturalnych, urządzenia montowane na sieci gazowej i rurach, stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie badań dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym w warunkach zbliżonych do naturalnych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 18 projektów o łącznym budżecie równym 72 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 1,5 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- 
- badania konstrukcyjne (projekt, prototyp, badania laboratoryjne) układu separacji wodoru z gazu ziemnego o różnym udziale wodoru, umożliwiającego pracę przy wysokim ciśnieniu,
  - opracowanie założeń i przygotowanie algorytmów do systemów informatycznych umożliwiających zarządzanie infrastrukturą gazową uwzględniającą zatłaczanie wodoru do sieci gazu ziemnego lub do systemów sterowania dla infrastruktury przesyłowej/ dystrybucyjnej dedykowanej do transportu wodoru.
  - opracowanie narzędzi wspierających procesy w zakresie dostosowywania istniejącej infrastruktury gazowej do transportu wodoru, uwzględniających m.in. materiały, z których zbudowana jest infrastruktura gazowa, warunki przepływu, lokalizację, stan techniczny infrastruktury itp., w tym opracowanie urządzeń w warunkach laboratoryjnych umożliwiających ocenę stanu technicznego infrastruktury gazowej pod kątem jej gotowości do transportu wodoru,
  - weryfikację przyjętej koncepcji badawczej poprzez przeprowadzenie badań na stanowiskach badawczych,
  - wybór nowych urządzeń do badań mieszanki wodoru z gazem, przygotowanie prototypów zmodernizowanych urządzeń do badań mieszanki, testowanie nowo wybranych i zmodernizowanych urządzeń,
  - wybór elementów sieci gazowej do badań, badania urządzeń i elementów instalacji gazowej.

Efektami prac w fazie II będą:

- instalacja pilotażowa systemu separacji wodoru,
- wersje *beta* oprogramowania do zarządzania siecią gazowniczą w zakresie mieszania gazu i wodoru,
- systemy informatyczne wspierające proces podejmowania decyzji co do zakresu i stopnia dostosowania poszczególnych elementów infrastruktury gazowej do transportu wodoru,
- konstrukcja urządzenia umożliwiającego diagnostykę infrastruktury gazowej, w tym ocenę parametrów istotnych z punktu widzenia współpracy z wodorem,
- zidentyfikowany i zweryfikowany katalog/ specyfikacja urządzenia do kontroli poziomu nawodnienia wodoru bądź mieszanek,
- wyniki testu potwierdzające prawidłowość wybranej koncepcji badawczej urządzenia do mieszania gazu i wodoru i wskazanie istniejących, zamontowanych urządzeń możliwych do stosowania na sieci gazowo-wodorowej.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- kadra inżynierska (inżynier środowiska, inżynier elektronik, inżynier technologii materiałowych, projektant infrastruktury gazowej, inżynier programista, specjaliści w zakresie symulacji/ obliczeń przepływów w sieciach gazowych, inżynier metrolog),

- 
- zasoby techniczne, w tym dostęp do czynnej sieci gazowej lub stanowiska badawczego symulującego warunki rzeczywiste, środowiska chmurowe - komputery o dużych mocach obliczeniowych, dostęp do danych o budowie i warunkach pracy infrastruktury przesyłowej/dystrybucyjnej gazu ziemnego, urządzenia do kontroli poziomu nawonienia, stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie badań dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym w warunkach zbliżonych do naturalnych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 28 projektów o łącznym budżecie równym 328 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- opracowanie narzędzi informatycznych wspierających proces zarządzania przesyłem i dystrybucją mieszaniny gaz ziemny-wodór lub czysty wodór dedykowanymi gazociągami wysokiego ciśnienia,
- stworzenie demonstratorów technologii zarządzania sieciami gazowo-wodorowymi,
- budowę instalacji pilotażowych na wybranych obiektach w zakresie wykorzystania istniejącej sieci gazowej do przesyłu i dystrybucji gazu z dodatkiem wodoru i jej weryfikację w warunkach rzeczywistych,
- opracowanie kompletnych układów sterowania i monitoringu pracy instalacji gazowo-wodorowej,
- zaimplementowanie opracowanych algorytmów, wykonanie testów i badań dla różnych warunków ruchowych w sieci, walidację i testy oprogramowania na potrzeby demonstracji.

Efektem prac w fazie III będą:

- demonstrator gotowego do wdrożenia systemu separacji wodoru do zastosowań komercyjnych dla różnych zakresów pracy (ciśnienia, przepływy, udział wodoru w gazie ziemnym) z wszystkimi wymaganymi dokumentami dopuszczającymi do użytkowania uwzględniającymi również kwestie logistyczne związane z zagospodarowaniem odseparowanego wodoru,
- prototypowe, gotowe do wdrożenia systemy informatyczne zarządzające infrastrukturą gazową,
- pilotażowe urządzenia umożliwiające ocenę stanu technicznego infrastruktury gazowej pod kątem gotowości do transportu wodoru,
- pilotażowe systemy wspierające procesy decyzyjne w zakresie dostosowywania istniejącej infrastruktury gazowej do transportu wodoru,

- 
- pilotażowe systemy nawaniania paliwa gazowego z dodatkiem wodoru dla różnych proporcji gazu ziemnego i wodoru,
  - pilotażowe systemy i rozwiązania w zakresie pomiarowo-rozliczeniowym dla różnych proporcji gazu ziemnego i wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- kadra inżynierska (inżynier środowiska, inżynier elektronik, inżynier materiałowy, projektant infrastruktury gazowej, inżynier programista, specjaliści w zakresie symulacji/ obliczeń przepływów w sieciach gazowych, inżynier metrolog),
- zasoby techniczne, w tym dostęp do czynnej sieci gazowej lub stanowiska badawczego symulującego warunki rzeczywiste, środowiska chmurowe - komputery o dużych mocach obliczeniowych, dostęp do danych o budowie i warunkach pracy infrastruktury przesyłowej/ dystrybucyjnej gazu ziemnego, urządzenia do kontroli poziomu nawonienia, stanowiska badawcze umożliwiające przeprowadzenie badań dla różnych stężeń wodoru z gazem ziemnym w warunkach zbliżonych do naturalnych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 13 projektów o łącznym budżecie równym 246 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 3 będzie opracowanie technologii sprzyjających integracji systemu gazowniczego i wodorowego. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 7,5 roku łącznie 59 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 646 mln PLN.



#### **Działanie 4 – Technologie dotyczące możliwości badania wpływu wodoru na elementy infrastruktury gazowej**

Infrastruktura badawcza jest krytycznym elementem umożliwiającym szeroko rozumiane badania dotyczące użytkowania wodoru i jego integracji z systemem gazowniczym oraz innymi elementami systemu elektroenergetycznego i ciepłowniczego (tzw. *sector coupling*). Ma ona również decydujący wpływ na poprawę bezpieczeństwa, co może przełożyć się na większą społeczną akceptację technologii.

Podstawowe cele w obszarze działania obejmują:

- opracowanie stanowisk badawczych umożliwiających badanie elementów infrastruktury gazowej pod kątem współpracy z wodorem,
- uruchomienie laboratorium specjalizującego się w zakresie analiz właściwości mechanicznych materiałów i obiektów do (wysoko)ciśnieniowego gromadzenia, przesyłania i użytkowania wodoru, umożliwiające świadczenie wielu usług badań, testów i ekspertyz sprzyjających rozwojowi gospodarki wodorowej.

Działanie obejmuje prace w fazach II i III.



## Faza II

## Faza III

Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- dobranie parametrów systemów sterowania i elementów stanowisk badawczych,
- wykonanie obliczeń i symulacji pracy stanowisk uwzględniających różnego rodzaju scenariusze badawcze i testy różnego typu urządzeń (m.in. gazomierze, zawory, przetworniki ciśnienia, urządzenia do pomiarów jakości gazu, regulatory ciśnienia, układy sprężające),
- przygotowanie koncepcji i projektu oraz budowę obiektu (hala technologiczna) na cele laboratoryjne,
- przygotowanie koncepcji i projektu stanowiska badawczego do badania materiałów w atmosferze wodoru,
- przygotowanie koncepcji i stanowiska badawczego do badania zbiorników i rur do gromadzenia i przesyłu wodoru z wykorzystaniem mediów hydraulicznych,
- przygotowanie koncepcji projektu stanowisk do badania wykorzystania wodoru.

Efektami prac w fazie II będą:

- kompletna dokumentacja przedstawiająca koncepcje stanowisk wraz z obliczeniami i wynikami symulacji,
- infrastruktura budowlana i stanowiska badawcze,
- struktura organizacyjna laboratorium oraz kompleta i zakup niezbędnych komponentów (stanowiska laboratoryjne, urządzenia i aparatura pomiarowa)

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby kadrowe, w tym eksperci ds. testowania w atmosferze wodoru, specjaliści w zakresie systemów bezpieczeństwa, inżynierowie środowiska, inżynierowie elektronicy, inżynierowie technologii materiałowych, programiści oraz projektanci infrastruktury gazowej,
- infrastruktura technologiczna z niezbędnymi mediami.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie równym 60 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



## Faza II

## Faza III

Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- zaprojektowanie i budowę stanowisk badawczych umożliwiających prowadzenie badań i testów urządzeń współpracujących z wodorem i gazem ziemnym,



- uruchomienie w pełni funkcjonalnego laboratorium badania właściwości mechanicznych materiałów, komponentów i obiektów pracujących w atmosferze wodoru (w tym testowanych zarówno hydraulicznie, jak i wodorem pod wysokim ciśnieniem).
- wdrożenie wymagań w zakresie bezpieczeństwa i jakości badań.

Efektami prac w fazie III będą:

- dokumentacja projektowa stanowisk oraz przygotowanie stanowisk badawczych w pełni gotowych do świadczenia usług w zakresie prowadzenia badań i testów urządzeń,
- uruchomione w pełni funkcjonalne laboratorium wodorowe.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby kadrowe – inżynierskie z doświadczeniem w zakresie budowy i eksploatacji urządzeń energetycznych i gazowniczych,
- zasoby techniczne, w tym dostęp do czynnej sieci gazowej - np. stacja dystrybucji/ przesyłu, węzeł gazowy wysokiego ciśnienia, dostęp do podzespołów niezbędnych do budowy stanowiska,
- akredytacja na poszczególne procedury badawcze.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie równym 62 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 4 lat.

Rezultatem działania 4 będzie opracowanie technologii dotyczących możliwości badań mieszaniny gazu ziemnego i wodoru oraz odporności materiałowej. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 7 lat łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 122 mln PLN.



### **Działanie 5 – Systemy IT w dystrybucji**

Celem działania 5 jest opracowanie systemu usprawniającego korzystanie z infrastruktury tankowania wodoru.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- prowadzenie prac nad opracowaniem narzędzia IT wraz z realizacją testów funkcjonalnych do mobilnego zarządzania informacją w zakresie dostępności wodoru na stacjach tankowania do zastosowania przez użytkowników pojazdów wodorowych.

Efektami prac w fazie I będą:

- algorytm dla aplikacji,
- oprogramowanie zintegrowane z czujnikami zainstalowanymi na stacjach,
- algorytmy dla akwizycji i zarządzania danymi przetwarzanymi w systemie,
- opracowane funkcjonalności i środowiska funkcjonowania systemu (hardware – integracja – interfejs komunikacyjny).

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są wyspecjalizowane zasoby ludzkie w zakresie programowania, automatyki i elektrotechniki.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 10 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- opracowanie pakietów aplikacji - dla kilku typów stacji zasilania,
- budowę pakietów i weryfikację poprawności działania pakietów w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.

Efektami prac w fazie II będą:

- potwierdzenie działania systemu na wybranych stacjach poprzez ocenę jakości łączności i działania modułów wymiany danych,
- opracowany sposób integracji hardware i software.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie wyspecjalizowane w zakresie programowania,
- materiały i surowce,
- usługi obce pozwalające na integrację komponentów i testowanie funkcjonalności systemu.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 24 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



Projekt, jaki może zostać zrealizowany w ramach fazy III obejmuje:

- przygotowanie prototypu interfejsu do komunikacji między systemem teleinformatycznym stacji zasilania a serwerami aplikacji, jak również między serwerami aplikacji a telefonem lub samochodem użytkownika,

- 
- uaktualnienie i optymalizację oprogramowania,
  - optymalizację hardware poprzez sprawdzanie różnorodnych podzespołów.

Efektami prac w fazie III będzie gotowość systemu i możliwości jego wdrożenia do produkcji.

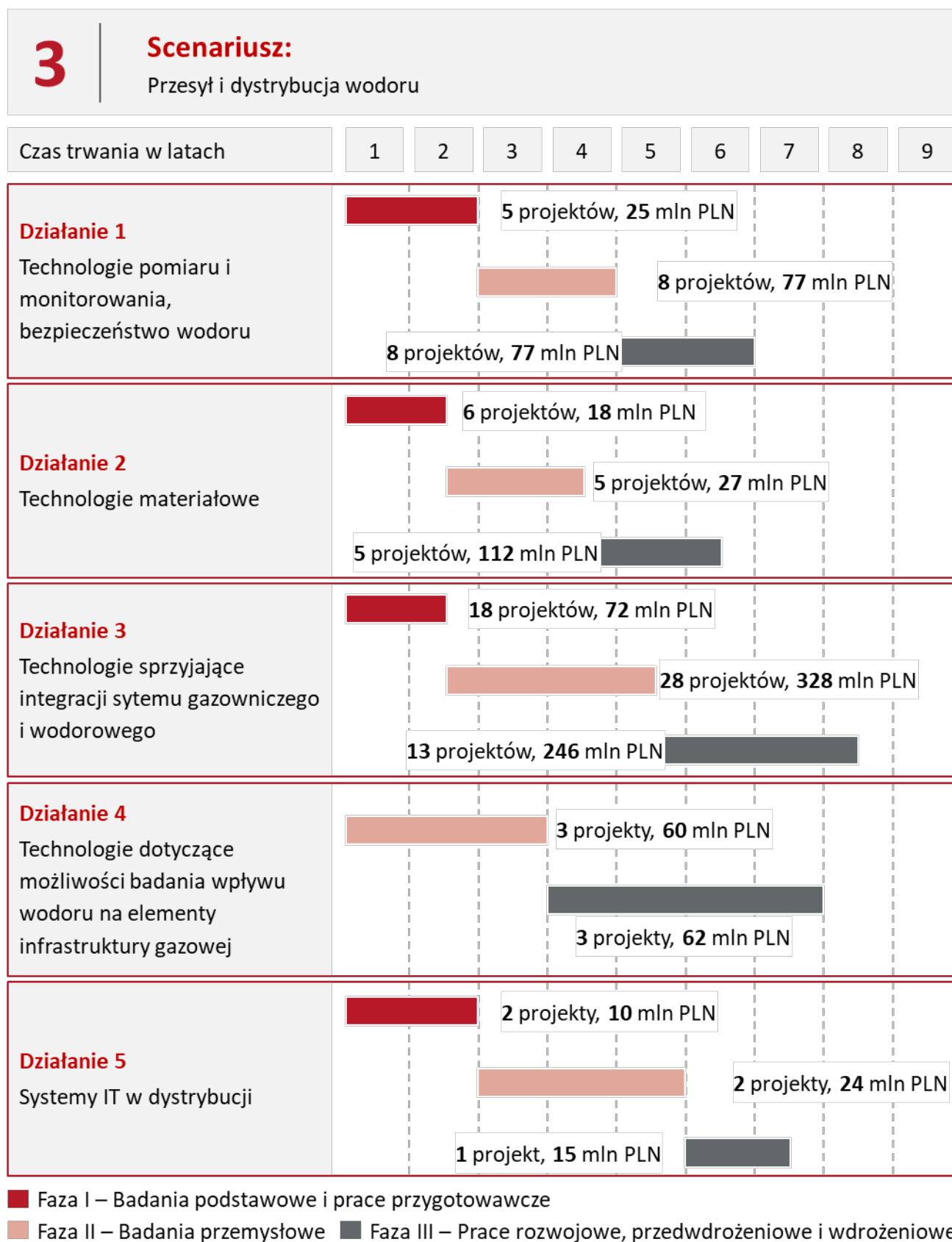
Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie z kompetencjami programistycznymi,
- techniczne umożliwiające prowadzenia badań na sieci stacji, dostęp on-line do danych.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 1 projektu o łącznym budżecie równym 15 mln PLN. Projekt ten powinien zostać zrealizowany w okresie 1,5 roku.

Rezultatem działania 5 będzie opracowanie systemów IT dedykowanych dystrybucji wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6,5 roku łącznie 5 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 49 mln PLN.

Rysunek 32. Forma graficzna scenariusza 3



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

#### 5.1.4. Scenariusz 4 – Zastosowanie wodoru w różnych aplikacjach

Zastosowanie wodoru wiąże się z szeroką gamą możliwych rozwiązań, z czego ich istotna część opiera się na wykorzystaniu ogniw paliwowych do różnych aplikacji. Ogniwia paliwowe stanowią jedną z kluczowych technologii gospodarki wodorowej, ponieważ umożliwiają wytwarzanie czystej energii i czystego ciepła (jeśli metoda produkcji wodoru jest zeroemisyjna). Z perspektywy konkurencyjności różnych technologii zasadne jest stymulowanie działań w kierunku rozwoju produkcji ogniw paliwowych wysokotemperaturowych, stacjonarnych na potrzeby energetyki/przemysłu – pow. 100 kW, w których krajowe podmioty mają duży potencjał. Dla rozwoju innych dziedzin, np. wodoromobilności, kluczowe będą ogniwa niskotemperaturowe.

Istotne źródło rozwoju gospodarki wodorowej tkwi również w rynku małych urządzeń generujących prąd i ciepło (do 10 kWh) w technologii SOFC, na potrzeby domów, biur, urzędów i innych małych użytkowników.

Ważnym wyzwaniem wykorzystania ogniw (niskotemperaturowych) jest ich zastosowanie w mobilności, ponieważ wodoryzacja będzie stanowiła komplementarny trend względem elektryfikacji transportu opartej na zasobnikach bateryjnych.

Ogniwia wysokotemperaturowe umożliwiające użycie różnych paliw nadają się również do współspalania wodoru z gazem ziemnym w różnych stężeniach, kogeneracji wodorowo – gazowej etc. Mogą więc stanowić technologie pomostowe pomiędzy wykorzystaniem gazu i gospodarką zeroemisyjną.

Spotkania z uczestnikami Smart Labu pozwoliły na wygenerowanie 5 działań dotyczących zastosowania wodoru w różnych aplikacjach, które przedstawiono poniżej:



##### **Działanie 1 – Technologie kogeneracyjne**

Z punktu widzenia efektywności energetycznej, a co za tym idzie również ochrony środowiska, optymalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie ciepła powstającego w trakcie pracy urządzeń wytwarzających energię elektryczną (kogeneracja). Inaczej staje się ono ciepłem odpadowym obniżając sprawność technologiczną, ekonomiczną i środowiskową instalacji. W obliczu istotnych wyzwań w krajowym systemie energetycznym i ciepłowniczym, opartym dotychczas głównie na węglu, ważnym segmentem rozwoju rynku wodorowego będą więc urządzenia kogeneracyjne.

Spśród działań w ramach scenariusza 4 pojawiły się następujące propozycje zadań w obszarze produkcji energii i ciepła:

- opracowanie serii 100 układów kogeneracyjnych z ogniwami SOFC klasy do 10 kW, zasilanych zielonym wodorem lub mieszaninami hytanowymi,
- opracowanie układów wysokosprawnej kogeneracji na bazie ogniw SOFC w skali powyżej 1 MW,

- 
- opracowanie układów kotłów i kotłowni wodorowych,
  - opracowanie typoszeregu układów kogeneracyjnych z ogniwami SOFC.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą być zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- opracowanie koncepcji rozwiązań mikrogeneracji SOFC stosowanych w sektorach mieszkaniowym, handlowym, komunalnym i rolniczym,
- opracowanie koncepcji uniwersalnej wysokosprawnej jednostki wytwarzania energii elektrycznej i ciepła o niemal zerowej emisji,
- opracowanie koncepcji instalacji kogeneracyjnej ze stosu ogniw dostosowanej do pracy z paliwem o zmiennym składzie i pochodzeniu.

Efektom prac w fazie I będzie koncepcja technologii zeroemisyjnej i niskoemisyjnej do produkcji ciepła i energii.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym inżynierowie modelowania i symulacji właściwości materiałów i urządzeń, projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury,
- infrastruktura badawcza, w tym zaplecze laboratoryjne, narzędzia do modelowania, symulacji i projektowania materiałów i urządzeń,
- materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 5 projektów o łącznym budżecie równym 35 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- implementację wniosków z poprzedniej fazy projektowej do budowy prototypu instalacji kogeneracyjnej, badania eksperymentalne prototypów instalacji kogeneracyjnej,
- opracowanie metody produkcji serii 100 układów kogeneracyjnych z ogniwami SOFC klasy do 10 kW, zasilanych zielonym wodorem lub mieszaninami wodorowymi,
- opracowanie prototypu wysokosprawnej kogeneracji na bazie ogniw SOFC w skali powyżej 1 MW,

- 
- opracowanie prototypu układu kogeneracyjnego i przeprowadzenie pełnych badań zakończonych przygotowaniem instalacji pilotażowej,
  - opracowanie prototypu wielopaliwowych i wysokosprawnych układów kogeneracyjnych z ogniwami SOFC oraz realizację badań ukierunkowanych na testy z różnymi paliwami, celem dostosowania konstrukcji i parametrów pracy układu do zmieniającego się składu paliwa.

Efektami prac w fazie II będą:

- prototyp urządzenia wysokosprawnej jednostki wytwarzania energii elektrycznej i ciepła,
- prototyp urządzenia mikrogeneracji SOFC przygotowanego do pracy na rzeczywistych obiektach w sektorach mieszkaniowym, handlowym, komunalnym i rolniczym,
- prototyp urządzenia stosu ogniw dostosowanego do pracy z paliwem o zmiennym składzie i pochodzeniu.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym inżynierowie modelowania i symulacji właściwości materiałów i urządzeń, projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury i urządzeń pracujących z różnymi gazami, technolog/ inżynier produkcji, inżynier mechanik, inżynier materiałowy,
- infrastruktura badawcza, w tym zaplecze laboratoryjne, narzędzia do symulacji i projektowania materiałów i urządzeń,
- materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 11 projektów o łącznym budżecie równym 261 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- dostosowanie i optymalizację układu kogeneracyjnego z ogniwami SOFC do wymagań klientów końcowych,
- dostosowanie i optymalizację układu kogeneracyjnego z ogniwami SOFC do wymagań odbiorców z sektora energetycznego i przemysłowego,
- przeprowadzenie pilotażu w wybranych lokalizacjach celem pełnego dostosowania instalacji do wymagań rynkowych,
- testowanie układu kogeneracyjnego i przygotowanie do certyfikacji,
- montaż i uruchomienie układu kogeneracyjnego u klienta, instruktaż stanowiskowy personelu, kontynuację badań długoterminowych, weryfikację funkcjonalności prototypu,

- 
- opracowanie typoszeregów urządzeń dla wersji produkcyjnej urządzenia, opracowanie dokumentacji techniczno-technologicznej.

Efektami prac w fazie III będą:

- typoszereg układów kogeneracyjnych dla prosumentów,
- demonstrator innowacyjnej, wielkoskalowej instalacji kogeneracyjnej z ogniwami SOFC,
- pełna dokumentacja projektowa, konstrukcyjna, produkcyjna i wdrożeniowa dotycząca układów kogeneracyjnych.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, w tym inżynierowie projektowania, modelowania i symulacji właściwości materiałów i urządzeń, projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury i urządzeń dla energetyki, technolog/ inżynier produkcji, inżynier mechanik, inżynier materiałowy,
- infrastruktura badawcza, w tym zaplecze laboratoryjne, narzędzia do symulacji i projektowania materiałów i urządzeń,
- materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 8 projektów o łącznym budżecie równym 170 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.

Rezultatem działania 1 będzie opracowanie technologii kogeneracyjnych. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6 lat łącznie 24 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 466 mln PLN.



## **Działanie 2 – Technologie układu napędowego do pojazdów z ogniwem paliwowym**

Polska ma relatywnie duży potencjał w zakresie produkcji pojazdów elektrycznych, w tym wodorowych, głównie z uwagi na rozbudowany i różnorodny sektor poddostawców na rynku tradycyjnych aut. Stwarza to możliwość badania i eksperymentowania z różnymi odmianami pojazdów zasilanych z ogniw paliwowych.

Jedną z propozycji uczestników Smart Labu zakłada opracowanie zespołu napędowego 4-15 kW dla lekkiego elektrycznego pojazdu miejskiego kat. L6-L7 zasilanego wodorem. Celem działań będzie rozwój układu napędowego dla pojazdu elektrycznego z uwzględnieniem zespołu ogniwa paliwowego i zbiornika wodoru, integracja napędu elektrycznego EV z magazynem wodorowym, wyznaczenie charakterystyki współpracy ogniwa z magazynem wodoru i zestawem magazynu elektrochemicznego, optymalizacja wagi układu napędowego, w tym położenia środka ciężkości,

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.

Faza I

Faza II

Faza III



---

Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- przygotowanie studium wykonalności w zakresie optymalnego doboru wielkości pokładowego magazynu elektrycznego (baterii) i wodorowego (zbiornika),
- opracowanie założeń funkcjonalnych i architektury napędu wodorowego o założonych charakterystykach trakcyjnych,
- opracowanie charakterystyki współpracy elementu ogniwa z magazynem wodoru i z zestawem magazynu elektrochemicznego,
- optymalizację stosunku pojemności magazynu elektrochemicznego do magazynu wodorowego,
- projekt koncepcyjny platformy konstrukcyjnej na bazie struktury L6-L7.

Efektami prac w fazie I będą:

- projekt koncepcyjny zespołu napędowego,
- projekt koncepcyjny integracji zespołu wodorowego z platformą pojazdu.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są zasoby projektowo-badawcze pojazdów samochodowych, aparatury ciśnieniowej oraz w zakresie chemii procesowej (w przypadku wyboru magazynu chemicznego).

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 3 projektów o łącznym budżecie równym 30 mln PLN. Projekty powinny zostać zrealizowane w okresie 1,5 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- badania symulacyjne układu napędowego zasilanego z ogniwa paliwowego i magazynu elektrochemicznego,
- stworzenie dokumentacji technicznej ww. układu,
- budowę prototypu układu napędowego.

Efektami prac w fazie II będą:

- prototyp układu napędowego,
- projekt układu napędowego.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zespół projektantów i konstruktorów jednostek napędowych, zespół projektowo-badawczy z doświadczeniem w zakresie budowy pojazdów,

- laboratoria trakcyjne, narzędzia do modelowania, symulacji i projektowania materiałów i urządzeń etc.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 60 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekt, jaki może zostać zrealizowany w ramach fazy III obejmuje:

- przygotowanie technologii produkcyjnej układu napędowego,
- przygotowanie specyfikacji i kompletacja komponentów układu napędowego,
- montaż napędu w pojeździe,
- opracowanie procedur jakościowych dla rozwijanej technologii,
- przeprowadzenie testów technologii,
- przeprowadzenie certyfikacji technologii.

Efektami prac w fazie III będą:

- prototypowy układ napędowy wykorzystujący ogniwo paliwowe,
- zasobnik elektrochemiczny zamontowany w pojeździe.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są zasoby ludzkie do badań certyfikujących/ homologacji, tj. specjaliści kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów branży motoryzacyjnej, pracownicy naukowcy w dziedzinie badań jakości wyrobów.

Uczestnicy Smart Labu ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 1 projektu o łącznym budżecie równym 20 mln PLN. Projekt ten powinien zostać zrealizowany w okresie ok. 2 lat.

Rezultatem działania 2 będzie opracowanie technologii układu napędowego do pojazdów z ogniwem paliwowym. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5,5 roku łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 110 mln PLN.



### **Działanie 3 – Technologie współspalania wodoru i gazu ziemnego**

Obecnie, w obliczu zmian regulacyjnych UE jakimi są tzw. nowy pakiet gazowy, rozporządzenie metanowe oraz komunikat Komisji Europejskiej *REPower UE*, sektor gazowniczy będzie musiał być w coraz większym stopniu gotowy do transferu i dystrybucji gazów zdekarbonizowanych, w tym wodoru. Dotyczy to operatorów systemu przesyłowego i dystrybucyjnego gazu, ale również zastosowania gazu do produkcji energii i ciepła.

W ramach Smart Labu uczestnicy zaproponowali stworzenie układu ciśnieniowego stosu ogniwo SOFC połączonego z turbiną gazową o mocy powyżej 100 kW. W przypadku dostępności gazu

(paliwa dla ogniw) w warunkach podwyższonego ciśnienia 4-8 bar, rozwiązanie takie pozwala zwiększać sprawność działania systemu średnio o 5-7 punktów procentowych.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- opracowanie koncepcji integracji ogniw z turbiną gazową, co umożliwi dalsze podwyższenie sprawności i zagospodarowanie wysokotemperaturowego ciepła odpadowego.

Efektom prac w fazie I będzie koncepcja technologii zastosowania wodoru i gazu w ogniwie do produkcji energii i ciepła.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I będą potrzebne następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. inżynierowie modelowania i symulacji właściwości materiałów i urządzeń, projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej i urządzeń końcowych,
- środki trwałe, w tym zaplecze laboratoryjne, narzędzia do modelowania, symulacji i projektowania materiałów i urządzeń, zaplecze konstrukcyjne i wykonawcze w zakresie specjalistycznej aparatury badawczej,
- wartości niematerialne i prawne; usługi obce; materiały i surowce potrzebne do realizacji działań w zakresie gazów: wodór i gaz ziemny oraz metan.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 4 projektów o łącznym budżecie równym 32 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- badania konstrukcyjne instalacji współspalania wodoru i gazu,
- budowę prototypu instalacji współspalania wodoru i gazu.

Efektom prac w fazie II będzie prototyp układu ciśnieniowego stosu ogniw SOFC połączonego z turbiną gazową o mocy powyżej 100 kW.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej i urządzeń końcowych, projektanci technologii produkcji wyrobów branży energetycznej,

- środki trwałe, w tym narzędzia projektowania i prototypowania wyrobów branży energetycznej, zaplecze laboratoryjne badań podzespołów i gotowych urządzeń, techniczne wyposażenie do badań laboratoryjnych modelu i prototypu,
- materiały i surowce w zakresie badania układów ciśnień.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 40 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- dostosowanie układu ciśnieniowego stosu ogniw SOFC połączonego z turbiną gazową o mocy powyżej 100 kW do działania w warunkach rzeczywistych (planowane działanie dotyczy testowania i wdrożenia demonstracyjnego).

Efektom prac w fazie III będzie demonstrator systemu ciśnieniowego stosu ogniw SOFC połączonego z turbiną gazową o mocy powyżej 100 kW.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. specjaliści IT, specjaliści w zakresie energetyki i elektroniki, projektanci technologii produkcji wyrobów branży energetycznej, specjaliści kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów branży energetycznej, pracownicy naukowcy w dziedzinie badań jakości wyrobów,
- środki trwałe, w tym zaplecze konstrukcyjno-wykonawcze do wytworzenia i powielania wyrobu w ramach serii pilotażowej, zaplecze laboratoryjne badań, podzespołów i gotowych urządzeń, techniczne wyposażenie do kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów,
- wartości niematerialne i prawne; usługi obce; materiały i surowce.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 40 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 3 będzie opracowanie technologii współspalania wodoru i gazu ziemnego. W ramach działania planowane jest zrealizowanie łącznie 8 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 112 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 8 lat.



#### **Działanie 4 – Technologie zasilania awaryjnego**

Celem tego działania jest opracowanie typoszeregu stacjonarnych (i mobilnych) źródeł energii do zasilania rezerwowego (z ang. *back-up power*) lub tzw. pozasieciowego (z ang. *off-grid electricity*) z wykorzystaniem wodoru i ogniw paliwowych. Docelowym efektem ma być uruchomienie produkcji stacjonarnych i mobilnych źródeł energii z wykorzystaniem ogniw paliwowych (zastępujących generatory zasilane olejem napędowym).

---

Działanie obejmuje prace w fazie II i III.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- przygotowanie koncepcji technologii, konstrukcji i materiałów do wytwarzania mobilnych źródeł energii z wykorzystaniem ogniw paliwowych,
- dobór optymalnych ogniw, zbiorników, paliw oraz platformy mobilnej do transportu,
- zaprojektowanie i wytworzenie prototypu oraz testowanie sprawności energetycznej i ekonomicznej urządzeń zasilania awaryjnego do wytwarzania energii elektrycznej.

Efektami prac w fazie II będą:

- technologia i prototyp urządzenia zasilania awaryjnego do wytwarzania energii elektrycznej,
- wyniki testów ww. prototypu.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie II potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. projektanci i konstruktorzy specjalistycznej aparatury badawczej i urządzeń energetycznych, pracownicy naukowcy posiadający kompetencje badawcze i wdrożeniowe w dziedzinie urządzeń energetycznych),
- dostęp do zasobów badawczych i laboratoryjnych zespołu uczelnianego i dedykowanego zespołu B+R u producenta; kluczowe podzespoły, tj. ogniwa, zbiorniki i osprzęt.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 4 projektów o łącznym budżecie równym 32 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- wytworzenie typoszeregu mobilnych źródeł energii z wykorzystaniem ogniw paliwowych (o różnej mocy),
- testowanie sprawności energetycznej i bezpieczeństwa układów zasilania awaryjnego do wytwarzania energii elektrycznej.

Efektami prac w fazie III będzie pilotażowa, a następnie seryjna produkcja stacjonarnych i mobilnych źródeł energii zasilanych wodorem.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- pełne wykorzystanie zasobów z fazy II oraz

- dodatkowe zasoby ludzkie, w tym projektanci technologii produkcji wyrobów branży energetycznej, specjaliści kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów branży energetycznej,
- dodatkowe zasoby rzeczowe, w tym zaplecze konstrukcyjno-wykonawcze do wytworzenia i powielania wyrobu w ramach serii pilotażowej, zaplecze laboratoryjne badań materiałów, podzespołów i gotowych urządzeń, techniczne wyposażenie do kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów.

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 2 projektów o łącznym budżecie równym 50 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.

Rezultatem działania 4 będzie opracowanie technologii zasilania awaryjnego. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 5 lat łącznie 6 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 82 mln PLN.



### **Działanie 5 – Technologie zintegrowanego wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru**

Celem działania będzie m.in.:

- integracja systemów do wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru w budynkach (wodorowy *smart-grid* dla budynków),
- opracowanie rodziny systemów wodorowych z przeznaczeniem do gospodarstw domowych,
- stworzenie instalacji umożliwiającej lokalną (małoskalową) produkcję wodoru z OZE (instalacja fotowoltaiczna, turbiny wiatrowe), magazynowanie oraz wykorzystanie wodoru do wytwarzania energii elektrycznej na potrzeby budynku oraz zasilania pojazdów; elementem instalacji będzie inteligentny system *Building Management System*,
- dostosowanie magazynów wodoru do domowych instalacji OZE.

Działanie obejmuje prace we wszystkich 3 fazach.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy I obejmują:

- wytypowanie produktów/ technologii składających się na kompletny system wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru,
- analizę możliwości wytwarzania zielonego wodoru (przy wykorzystaniu energii z paneli PV lub turbin wiatrowych),
- stworzenie modelu sieci *smart-grid*,
- analizę możliwości integracji elementów systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru w budynkach,

- 
- analizę obszarów zastosowania wodoru w energetyce domowej, w tym optymalizację integracji z OZE,
  - przygotowanie studium wykonalności domowego magazynu energii na bazie wodoru.

Efektami prac w fazie I będą:

- projekt sieci integrującej technologie elektrolizy, magazynowania wodoru i produkcji energii za pomocą ogniw paliwowych,
- specyfikacja urządzeń wykorzystujących wodór na poziomie gospodarstwa domowego, model koncepcyjny domowej sieci wodorowej zintegrowanej z układem klimatyzacji i energetyki domowej,
- model koncepcyjny domowego magazynu wodoru.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie I potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. specjaliści IT, specjaliści branży energetycznej, gazownicy, specjaliści systemów BMS i zabezpieczeń, inżynierowie - projektanci budowlani,
- zasoby projektowo-badawcze sieci energetycznych na poziomie domowym, IoT oraz dla projektowania aparatury ciśnieniowej,

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie I możliwe jest zrealizowanie 9 projektów o łącznym budżecie równym 40 mln PLN. Projekty powinny zostać zrealizowane w okresie 1,5 roku.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy II obejmują:

- stworzenie prototypu sieci z podstawowymi elementami (system wytwórczy, system magazynowania, system kogeneracyjny i system zarządzania pracą sieci), testowanie sieci,
- badania symulacyjne i prototypowe systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru,
- opracowanie dokumentacji technicznej systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru,
- opracowanie prototypu magazynu wodoru dla celów instalacji domowej oraz innych elementów urządzeń gospodarstwa domowego (np. palników oraz modułowych CHP pracujących w oparciu o wodór).
- budowę modeli funkcjonalnych systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru,

Efektami prac w fazie II będą:

- prototyp systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru przetestowanego w różnych warunkach pracy i warunkach zewnętrznych,
- koncepcja technologii zintegrowanego wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru.

Uczestnicy SL wskazali że do realizacji prac w fazie II potrzebne są zasoby ludzkie, m.in. specjaliści IT, specjaliści branży energetycznej, gazownicy, specjaliści ds. systemów BMS i zabezpieczeń, inżynierowie - projektanci budowlani, zespół projektowo-badawczy magazynów energii, zespół badawczy z doświadczeniem w zakresie spalania wodoru, zespół badawczy z doświadczeniem w zakresie mikro CHP, zespół projektowo-badawczy instalacji energetycznych domowych (w tym IoT).

Uczestnicy SL ocenili, że w fazie II możliwe jest zrealizowanie 9 projektów o łącznym budżecie równym 168 mln PLN. Projekty te powinny być zrealizowane w okresie 2 lat.



Projekty, jakie mogą zostać zrealizowane w ramach fazy III obejmują:

- budowę, testowanie, certyfikację i wdrożenie systemów wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru w rzeczywistym obiekcie,
- przygotowanie technologii produkcyjnej: specyfikacja, montaż, opracowanie procedur jakościowych, przeprowadzenie testów, przeprowadzenie certyfikacji.

Efektom prac w fazie III będą:

- typoszereg prototypu zintegrowanego systemu wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru, oprogramowanie,
- technologia produkcji elementów domowej instalacji energetycznej pracującej na zintegrowanym systemie wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru, produkcja pilotażowa.

Uczestnicy SL wskazali, że do realizacji prac w fazie III potrzebne są następujące zasoby:

- zasoby ludzkie, m.in. specjaliści IT, specjaliści branży energetycznej, gazownicy, specjaliści od systemów BMS i zabezpieczeń, inżynierowie - projektanci budowlani,
- zasoby technologiczne oraz zasoby do badań certyfikujących/ homologacji (zaplecze konstrukcyjno-wykonawcze do wytworzenia i powielania wyrobu w ramach serii pilotażowej, zaplecze laboratoryjne badań materiałów, podzespołów i gotowych urządzeń, techniczne wyposażenie do kontroli międzyoperacyjnej i końcowej wyrobów).

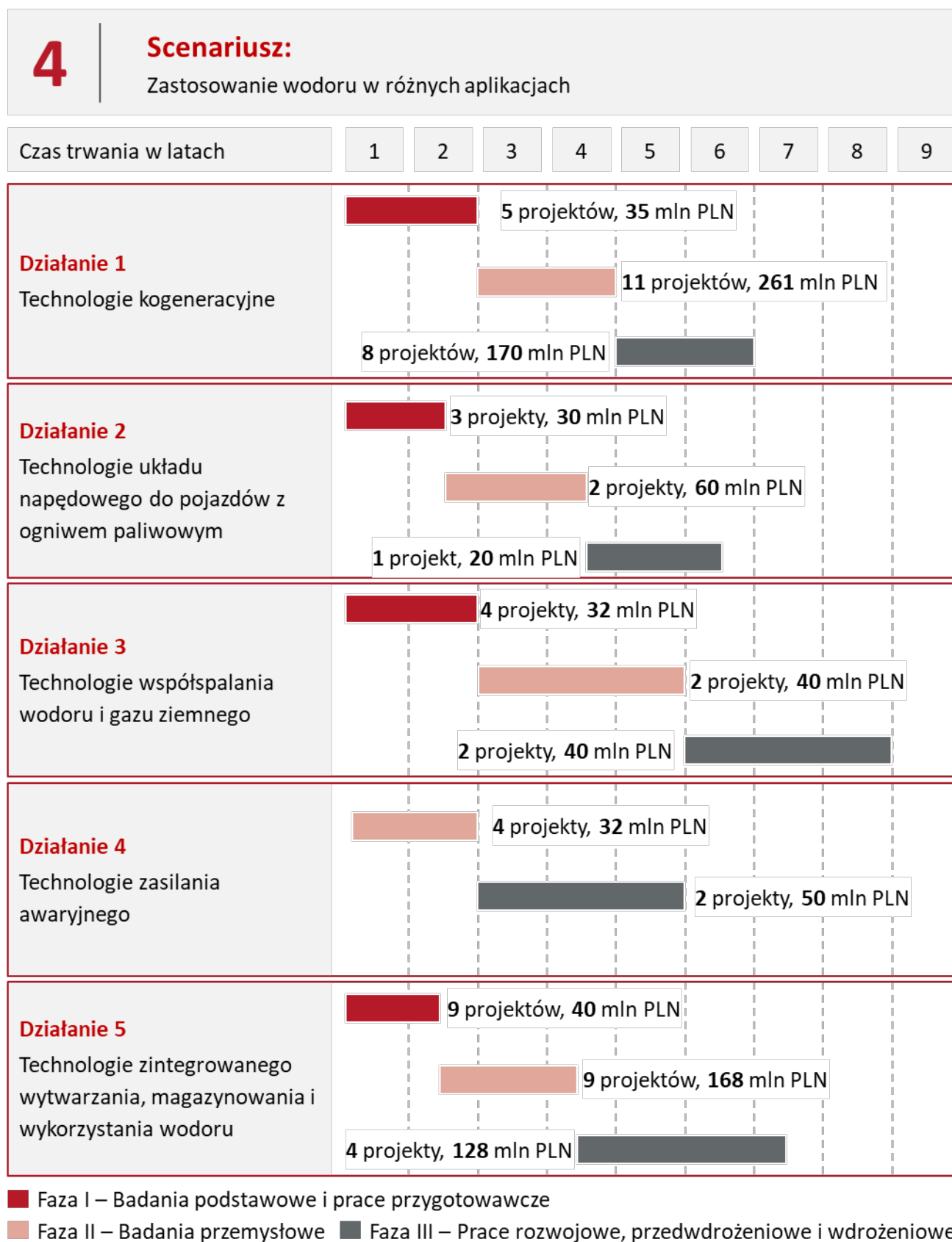
Uczestnicy SL ocenili, że w fazie III możliwe jest zrealizowanie 4 projektów o łącznym budżecie równym 128 mln PLN. Projekty te powinny zostać zrealizowane w okresie 3 lat.



---

Rezultatem działania 5 będzie opracowanie technologii zintegrowanego wytwarzania, magazynowania i wykorzystania wodoru. W ramach działania planowane jest zrealizowanie w okresie 6,5 roku łącznie 22 projektów z całkowitym budżetem wynoszącym 336 mln PLN.

Rysunek 33. Forma graficzna scenariusza 4



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL

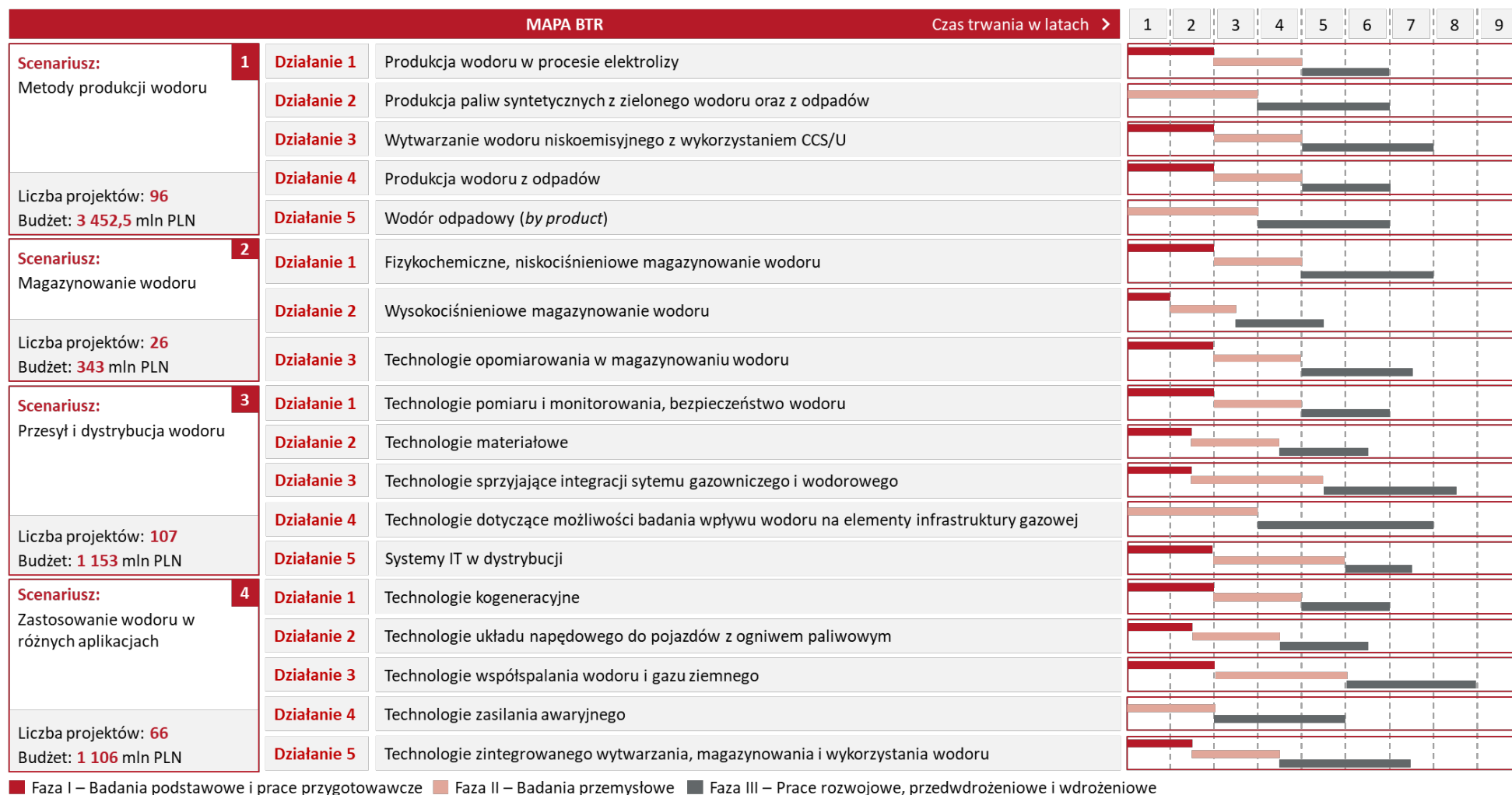
---

## 5.2. Mapa drogowa

Mapa drogowa w obszarze technologii wodorowych prezentuje graficznie zagregowane cztery scenariusze rozwoju oraz działania/ projekty B+R, które zostały zdefiniowane i przedyskutowane w ramach cyklu Spotkań Smart Lab z grupą przedstawicieli obszaru technologii wodorowych w Polsce.

Wypracowane scenariusze rozwoju zakładają realizację, w okresie najbliższych 8 lat, 295 projektów, których budżety opiewają łącznie na kwotę 6 054,5 mln PLN.

Rysunek 34. Mapa BTR dla obszaru technologii wodorowych



Źródło: opracowanie własne na podstawie ustaleń z uczestnikami spotkań SL



## 6. Ocena potencjału obszaru technologii wodorowych w kontekście KIS oraz RIS

Po analizie KIS oraz RIS stwierdzono, że niemal wszystkie działania/ projekty B+R zdefiniowane w ramach Mapy BTR wpisują się w obowiązujący zakres Krajowych lub Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji. Szerokie i interdyscyplinarne podejście do wskazania technologii związanych z analizowanym obszarem technologii wodorowych oraz powiązanych w ramach KIS oraz RIS pozwala stwierdzić, że są one uznawane za perspektywiczne i istotne na szczeblu ogólnokrajowym. Zaleca się, aby co do zasady konkursy i inicjatywy dedykowane obszarowi technologii wodorowych były realizowane na poziomie krajowym, z uwagi na konieczność budowy kompleksowego łańcucha wartości, przy jednoczesnej organizacji konkursów i inicjatyw na poziomie regionalnym, dedykowanych budowie „strony popytowej” na technologie wodorowe, jak np. dofinansowań na zakup pojazdów wodorowych.

Rekomendowane są poniższe modyfikacje dotyczące zapisów w Krajowych Inteligentnych Specjalizacjach, tak aby w pełni pokryć tematycznie działania/ projekty B+R zdefiniowane przez przedsiębiorców uczestniczących w SL i nie wykluczać w żaden sposób określonych aktywności w różnych regionach Polski. Poniżej przedstawione zostały zidentyfikowane podczas przeprowadzonych analiz rekomendacje zmian w ramach KIS:



KIS 4. WYSOKOSPRAWNE, NISKOEMISYJNE I ZINTEGROWANE UKŁADY WYTWARZANIA, MAGAZYNOWANIA, PRZESYŁU I DYSTRYBUCJI ENERGII

Rekomenduje się modyfikację podpunktów III.2 pkt 2 i pkt 4 oraz dodanie podpunktów I.8 pkt 4, III.3a, V.1.5 oraz VI.4.3 w następującej formie:

### Punkt I.8

- **Rekomendowane dodanie podpunktu 4:**  
*„Współspalanie gazu ziemnego i wodoru w warunkach podwyższonego ciśnienia w celu obniżenia emisyjności.”*

### Punkt III.2 pkt 2

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Nowe lub ulepszone technologie magazynowania energii.”*

---

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Nowe lub ulepszone technologie magazynowania energii, w tym metody mała i wielkoskalowego magazynowania wodoru.”*

#### **Punkt III.2 pkt 4**

- **Aktualne brzmienie:**

*„Integracja magazynów energii, z krajową siecią energetyczną na różnych poziomach napięć, w tym identyfikacja barier i koncepcji ich usuwania niezbędnych dla upowszechnienia technologii magazynowania energii.”*

- **Rekomendowane nowe brzmienie:**

*„Integracja magazynów energii, w tym magazynów wodoru, z krajową siecią energetyczną na różnych poziomach napięć, w tym identyfikacja barier i koncepcji ich usuwania niezbędnych dla upowszechnienia technologii magazynowania energii.”*

#### **Punkt III**

- **Rekomendowane dodanie podpunktu 3a:**

*„3a. Technologie przesyłu i dystrybucji energii:*

- Opracowanie nowych rozwiązań aparatury do przesyłu i monitorowania energii wykorzystujących jej właściwości fizyko-chemiczne.”

#### **Punkt V.1**

- **Rekomendowane dodanie podpunktu 5:**

*„Zintegrowane systemy produkcji, magazynowania i wytwarzania wodoru”.*

#### **Punkt VI.4**

- **Rekomendowane dodanie podpunktu 3:**

*„Nowe lub ulepszone technologie produkcji amoniaku i metanolu z wykorzystaniem wodoru”.*

### KIS 6. ROZWIĄZANIA TRANSPORTOWE PRZYJAZNE ŚRODOWISKU

Rekomenduje się dodanie podpunktu I.9 w następującej formie:

#### **Punkt I**

- **Rekomendowane dodanie podpunktu 9:**

*„Instalacje do zasilania pojazdów wodorem”.*

### KIS 8. WIELOFUNKCYJNE MATERIAŁY I KOMPOZYTY O ZAAWANSOWANYCH WŁAŚCIWOŚCIACH, W TYM NANOPROCESY I NANOPRODUKTY

Rekomenduje się modyfikację podpunktu III.4:

#### Punkt III.4

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Nowe zaawansowane materiały, nanomateriały i nanokompozyty zapewniające dobór metod magazynowania energii poprzez transformację energii elektrycznej do nośników energii chemicznej, materiały na trwałe błony wymiany protonowej dużej pojemności, elektrolizery do produkcji wodoru pod ciśnieniem, do stałego przechowywania wodoru w stanie niskiego ciśnienia i bezpośredniej syntezy węglowodorów, na reaktory fotochemicznej dysocjacji wody z wykorzystaniem nowych katalizatorów opartych na zaawansowanych materiałach.”*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Nowe zaawansowane materiały, nanomateriały i nanokompozyty zapewniające dobór metod magazynowania energii poprzez transformację energii elektrycznej do nośników energii chemicznej, materiały na trwałe błony wymiany protonowej dużej pojemności, elektrolizery do produkcji wodoru pod ciśnieniem, do stałego przechowywania wodoru w stanie niskiego ciśnienia i bezpośredniej syntezy węglowodorów, na reaktory fotochemicznej dysocjacji wody z wykorzystaniem nowych katalizatorów opartych na zaawansowanych materiałach. Nowe rozwiązania w zakresie materiałów kompozytowych na potrzeby magazynów wodoru (zbiorniki) oraz jego przesyłu (rury).”*

#### KIS 10. INTELIGENTNE SIECI I TECHNOLOGIE INFORMACYJNO-KOMUNIKACYJNE ORAZ GEOINFORMACYJNE

Rekomenduje się modyfikację podpunktu II.6:

#### Punkt II.6

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Inteligentne sieci przesyłowe takie jak elektryczna, ciepłownicza, paliwowa, wodna, kanalizacyjna, komunikacyjna, telekomunikacyjna (w tym inteligentne systemy zarządzania sieciami)”*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Inteligentne sieci przesyłowe takie jak elektryczna, ciepłownicza, paliwowa, wodna, kanalizacyjna, komunikacyjna, telekomunikacyjna (w tym: inteligentne systemy zarządzania sieciami oraz opracowanie nowych rozwiązań do przesyłu i dystrybucji mieszanin gazu ziemnego z wodorem, monitorowania, opomiarowania i zarządzania tymi procesami).”*

#### KIS 13. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE MORSKIE W ZAKRESIE SPECJALISTYCZNYCH JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH, KONSTRUKCJI MORSKICH I PRZYBRZEŻNYCH ORAZ LOGISTYKI OPARTEJ O TRANSPORT MORSKI I ŚRÓDLĄDOWY

---

Rekomenduje się modyfikację punktów I.4 oraz II.11:

#### **Punkt I.4**

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Rozwiązania technologiczne i techniczne redukujące niekorzystny wpływ jednostek pływających na środowisko, w tym napędy elektryczne, hybrydowe, zasilane LNG i innymi paliwami alternatywnymi, systemy magazynowania, dystrybucji i tankowania paliw niskoemisyjnych i LNG, a także infrastruktura i rozwiązania w zakresie redukcji emisji zanieczyszczeń do wody i powietrza.”.*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Rozwiązania technologiczne i techniczne redukujące niekorzystny wpływ jednostek pływających na środowisko, w tym napędy elektryczne, hybrydowe, zasilane LNG i innymi paliwami alternatywnymi (w tym wodorem), systemy magazynowania, dystrybucji i tankowania paliw nisko i zeroemisyjnych i LNG, a także infrastruktura i rozwiązania w zakresie redukcji emisji zanieczyszczeń do wody i powietrza.”.*

#### **Punkt II.11**

- **Aktualne brzmienie:**  
*„Projektowanie, technologia, urządzenia, systemy morskich i śródlądowych terminali paliw alternatywnych, w tym LNG.”.*
- **Rekomendowane nowe brzmienie:**  
*„Projektowanie, technologia, urządzenia, systemy morskich i śródlądowych terminali paliw alternatywnych, w tym LNG, wodoru, amoniaku.”.*





## 7. Wnioski i rekomendacje

Pomimo faktu, że technologie wodorowe niewątpliwie stanowią jeden z głównych priorytetów, zarówno dla środowiska naukowego, jak i biznesowego oraz rządów wielu państw, jest to obszar o wciąż stosunkowo niskim stopniu rozwoju. Ten wczesny etap rozwoju całego łańcucha wartości technologii wodorowych powoduje również potencjalne nieścisłości lub braki w zakresie kompletności danych. W celu wnioskowania odnośnie obszaru technologii wodorowych w Polsce konieczne jest zatem dokonywanie pewnego rodzaju uproszczeń i założeń, a same rekomendacje przyjmują bardziej charakter jakościowy niż ilościowy.

Poniżej przedstawione zostały rekomendacje i wnioski, których realizacja powinna przyczynić się do rozwoju obszaru i łańcucha wartości technologii wodorowych w Polsce.

**Jako najważniejszą, horyzontalną rekomendację należy wymienić konieczność wypracowania kompleksowego podejścia do rozwoju rynku/ łańcucha wartości gospodarki wodorowej na poziomie krajowym.** Tak w skali globalnej, jak i w Polsce, łańcuch wartości gospodarki wodorowej dopiero się rozwija. Istnieje wiele różnych inicjatyw publicznych w zakresie wodoru, ale działania te nie sprawiają dla reprezentantów sektora technologii wodorowych wrażenia skoordynowanych. Uchwalanie i podpisanie porozumień (np. Sektorowego Porozumienia Wodorowego), a także podejmowanie działań zmierzających do uporządkowania i uspołnienia podejścia do rozwoju technologii wodorowych należy określić jako pozytywne. Jest jednak jeszcze za wcześnie, by ocenić realny wpływ Porozumienia na koordynację różnych istniejących inicjatyw, jednak bez wątplenia Porozumienie i jego cele są słusznym kierunkiem działania i należy podejmować dalsze wysiłki, których intencją będzie wyznaczenie klarownego, spójnego dla wielu ministerstw i instytucji publicznych podejścia do rozwoju i wspierania budowy gospodarki wodorowej w Polsce.

**Konieczność podjęcia konkretnych działań przyczyniających się do rozwoju ogniwa łańcucha wartości gospodarki wodorowej, np. poprzez budowę stacji tankowania wodoru w dużych miastach.** Jak wielokrotnie wskazywano w niniejszej ekspertyzie, w Polsce **brak jest rozwiniętego łańcucha technologii wodorowych.** Na każdym z ogniw: wytwarzanie, przesył, magazynowanie i wykorzystanie wodoru, nie została osiągnięta jeszcze podstawowa, a tym bardziej masowa skala wdrożeń technologii. Pomimo, że w skali europejskiej Polska jest istotnym producentem wodoru, to jest to produkcja wodoru szarego, realizowana głównie na potrzeby własne przedsiębiorstw. Niestety brak jest producentów wodoru chcących zaproponować zielony wodór jako produkt rynkowy. Elementy łańcucha wartości w postaci przesyłu wodoru w dużej skali

---

i na duże odległości, a także dystrybucja również nie istnieją. W odniesieniu do przesyłu, **potencjalnie najefektywniejszym rozwiązaniem dla uruchomienia przesyłu wodoru jest obecny system gazowniczy lub budowa nowego systemu rurociągów, gotowego do transportu gazów zdekarbonizowanych (*hydrogen-ready*)**. Przesył może się pojawić w formie amoniaku, wodoru związanego organicznie bądź wodoru skroplonego, choć należy uznać, że w Polsce metody te rozwiną się na późniejszych etapach tworzenia gospodarki wodorowej. Z kolei w odniesieniu do dystrybucji wodoru, budowa dostępnej infrastruktury zasilania (kilka stacji w skali kraju na początek, które tworzyć będą prostą „sieć” na mapie Polski) do pojazdów zasilanych wodorem jest krytycznym elementem rozwoju wodoromobilności. Na początek **dobrym posunięciem byłoby potencjalnie wybudowanie kilku stacji tankowania wodoru w dużych miastach**, co z czasem przełożyłoby się na upowszechnienie pojazdów wodorowych, co z kolei byłoby impulsem do dalszego rozwoju sieci tankowania wodoru. Rozwinięcie przesyłu i dystrybucji będzie miało istotny wpływ na zwiększenie zastosowania wodoru oraz produkcji, bowiem istniejąca sieć przesyłu i dystrybucji będzie w stanie połączyć producentów wodoru z konsumentami/ odbiorcami, jednocześnie stanowiąc potencjalną nową szansę biznesową dla podmiotów, które obecnie produkują wodór wyłącznie na użytek własny. Dodatkowo podczas budowy i rozwoju łańcucha wartości gospodarki wodorowej, istotne będzie **wykorzystanie różnych instrumentów wsparcia** - np. w formie dofinansowania, a także wykorzystanie instytucji otoczenia biznesu w celu inicjowania i prowadzenia kooperacji w postaci dolin, klastrów i innych form koncentracji popytu i podaży wodoru.

**Niezbędne jest przeprowadzenie działań legislacyjnych oraz wypracowanie przepisów, w tym norm, które pozwoliłyby w sposób kompleksowy i wyczerpujący uregulować obszar gospodarki wodorowej.** Obecne przepisy są niedostosowane do zmian planowanych na rynku wodoru, np. brak wytycznych w zakresie projektowania sieci wodorowych czy niedoprecyzowana kwestia traktowania wodoru jako paliwo lub surowiec. W praktyce uniemożliwia lub utrudnia to w wielu przypadkach komercyjne wykorzystanie wodoru. Braki regulacyjne dotyczą niemal wszystkich obszarów gospodarki wodorowej i z pewnością będą musiały być ściśle koordynowane na poziomie Unii Europejskiej.

Relatywnie niska świadomość i różnorodne obawy konsumentów odnośnie technologii wodorowych, mogą spowodować, że ich wdrażanie napotka utrudnienia lub będzie przebiegać wolniej, niż powinno. W celu przeciwdziałania takim zjawiskom **niezbędne jest prowadzenie szeroko zakrojonej kampanii edukującej i uświadamiającej konsumentów** odnośnie zalet korzystania z tych technologii oraz nadziei, jakie pokłada się w wodorze zarówno w kontekście ochrony klimatu, jak i korzyści ekonomicznych płynących z rozwiniętej gospodarki wodorowej. Potencjalnie kampania taka powinna być ściśle skoordynowana z komercyjnymi wdrożeniami technologii wodorowych i ich promocją.

Prowadzenie prac B+R (a w szczególności w obszarze technologii wodorowych) co do zasady wiąże się z wysokim ryzykiem niepowodzenia i wysoką kapitałochłonnością. Z uwagi na wysokie ryzyko i koszty budowy instalacji produkcji czy przesyłu wodoru, **rekomenduje się uruchomienie instrumentów wsparcia dla dużych przedsiębiorstw, które obecnie są niejako**

---

**pomijane** (w ocenie uczestników spotkań SL) w konkursach grantowych powiązanych z tematyką wodorową (w szczególności dla obszaru dystrybucji i przesyłu oraz projektów dot. technologii wodorowych powyżej 7 TRL). Środki dostępne w ramach różnorodnych grantów przeznaczone są głównie dla podmiotów z sektora MŚP. W efekcie potencjał rozwojowy obszaru technologii wodorowych jest spowolniony (jest napędzany głównie przez MŚP oraz duże przedsiębiorstwa z bardzo wysokim kapitałem, zazwyczaj zagraniczne), a przewagę technologiczną i konkurencyjną w tym obszarze zyskują kraje, które przeznaczają więcej środków na związane z nim projekty badawczo-rozwojowe. Jednym z potencjalnych rozwiązań mogłoby być uruchomienie niskoprocentowanych kredytów lub pożyczek przez BGK dla dużych przedsiębiorstw planujących wielkoskalowe inwestycje wodorowe.


**Konieczne jest uwzględnienie potrzeb polskiej gospodarki w obszarze technologii wodorowych w wytycznych Polskiej Ramy Kwalifikacji.** Budowa gospodarki wodorowej wymaga silnie wyspecjalizowanej i interdyscyplinarnej wiedzy. Problemem polskiego rynku technologii wodorowych jest brak systemu kształcenia na wszystkich poziomach Polskiej Ramy Kwalifikacji. Znacząco osłabia to potencjał kraju do realizacji przełomowych projektów B+R, bowiem specjaliści w dużej mierze muszą uczyć się „na żywym organizmie”, tj. podczas samej realizacji prac projektowych.


**Rekomenduje się, aby dofinansowania różnorodnych projektów B+R+I w obszarze technologii wodorowych, pozwalały na dofinansowanie również wdrożeń testowych/pilotażowych u potencjalnych klientów.** Podobnie jak w innych obszarach związanych z innowacyjnymi, nowoczesnymi technologiami, istnieje wysoki poziom nieufności przedsiębiorstw do wdrażania wyników prac B+R realizowanych przez inne podmioty, w szczególności, jeżeli podmioty te są start-upami. Te z kolei nie są w stanie osiągnąć masowej skali wdrożeń bez sprawnie realizowanych pilotaży. Ta nieufność podmiotów do wdrażania pionierskich rozwiązań wynika z wysokiego ryzyka wdrożenia (naturalnie związanego z innowacjami) oraz z koniecznością poniesienia wydatków na zakup technologii, które jeszcze nie funkcjonują w skali masowej i nie są sprawdzone.

**Polska zajmuje obecnie 3 w Europie i 5 na świecie miejsce wśród producentów wodoru, co przekłada się na jej wysoki potencjał jako dostawcy wodoru i technologii wodorowych.** Niestety produkcja wodoru obecnie nie ma przełożenia na tempo opracowywania nowych technologii wodorowych, ponieważ jest ona realizowana głównie na potrzeby własne przedsiębiorstw. Aby przyspieszyć rozwój technologii wodorowych w Polsce tak, aby mogły one również stać się polskimi produktami eksportowymi, **konieczne jest znaczące skrócenie czasu uzyskiwania zgód i pozwoleń niezbędnych do realizacji projektów w obszarze technologii wodorowych.** Przykładem mogą być pozwolenia na budowę pilotażowych sieci przesyłowych, których proces pozyskiwania jest długotrwały i liczony jest w latach. Dla porównania, w Niemczech, które uchodzą za kraj silnie zbiurokratyzowany, takie samo pozwolenie można uzyskać w zaledwie kilkanaście miesięcy. Ta różnica w czasie w świecie nowoczesnych technologii, gdzie ilość wiedzy technicznej podwaja się co 2 lata, jest niemal wiecznością. Aby przyspieszyć i usprawnić rozwój obszaru technologii wodorowych w Polsce kluczowe jest możliwie

---

jak największe uproszczenie wszelkich kwestii proceduralnych związanych z opracowywaniem, testowaniem, certyfikacją oraz wdrażaniem technologii wodorowych.

 Konieczna jest **aktywizacja istniejących i funkcjonujących w obszarze technologii wodorowych podmiotów** (instytutów naukowych, jednostek badawczych, instytucji otoczenia biznesu oraz firm) **w zakresie nawiązywania współpracy i wymiany informacji o realizowanych projektach**. Znacząco usprawni to tworzenie całej gospodarki wodorowej w Polsce i przyczyni się do zwiększenia efektywności realizowanych projektów B+R. Potencjalnie aktywizacja mogłaby nastąpić poprzez dodatkowe premiowanie wnioskodawców występujących w partnerstwach lub konsorcjach w projektach grantowych, jak również mogłaby być wsparta poprzez dedykowane dofinansowania np. na działania sieciujące i marketingowe.

 Rekomenduje się **rozszerzenie definicji zielonego wodoru** ponad obecną formę zakładającą wyłącznie wodór powstały z elektrolizy wody. Obecna definicja wyklucza wszelkie inne źródła produkcji wodoru, w tym te mające analogiczny potencjał kwalifikacji jako w pełni nieemisyjne, co znacząco utrudnia uznanie nowych ekologicznych źródeł za nowe formy powstawania zielonego wodoru. Przykładem takiego źródła jest **wodór powstający ze zgazowania biomasy pochodzenia organicznego**. Nowa forma definicji nie powinna jednak precyzować źródła powstawania wodoru (np. elektroliza wody, zgazowanie biomasy), aby zapobiec wykluczeniu kolejnych nowych zielonych źródeł, a skupiać się na wymaganiach dotyczących organicznego pochodzenia takiego źródła i zeroemisyjności jego produkcji.



## 8. Metodyka

Ekspertyza Business Technology Roadmap dla obszaru technologii wodorowych została sporządzona w ramach projektu pozakonkursowego pn. Monitoring Krajowej Inteligentnej Specjalizacji, który realizowany jest przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii oraz Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości.

Krajowe Inteligentne Specjalizacje są dokumentem strategicznym, określającym priorytetowe kierunki rozwoju technologii w Polsce, które stanowią niszę technologiczną będącą przewagą konkurencyjną polskich przedsiębiorstw.

Podstawą tworzenia i monitorowania inteligentnych specjalizacji jest proces przedsiębiorczego odkrywania (PPO), integrujący różnych interesariuszy w celu identyfikowania priorytetów w zakresie badań, rozwoju i innowacji, wokół których koncentrowane są inwestycje prywatne i publiczne. Kluczowe znaczenie przy określaniu tych priorytetów mają przedsiębiorcy oraz przedstawiciele instytucji otoczenia biznesu i jednostek naukowych. Realizacja PPO, przy wykorzystaniu Komitetu Sterującego, Grupy Konsultacyjnej, Obserwatorium Gospodarczego, Grup Roboczych ds. Krajowych Inteligentnych Specjalizacji, Smart Panelu i Smart Labów, przyczynia się do zwiększenia aktywnego zaangażowania przedsiębiorców w określanie kierunków strategicznego wsparcia w polityce innowacyjnej kraju.

W efekcie zrealizowanego projektu, nastąpić może aktualizacja Krajowych Inteligentnych Specjalizacji lub Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji o nowe obszary, co stanowi podstawę dla instytucji publicznych do planowania zakresu merytorycznego i budżetu nowych lub zaktualizowanych instrumentów wsparcia.

Ekspertyza BTR dla obszaru technologii wodorowych została przygotowana przy współudziale naukowców i przedsiębiorców funkcjonujących w różnych sektorach rynku, niemniej zajmujących się zagadnieniami, które dotyczą właśnie tego obszaru. Poniżej, w Tabeli 21, zaprezentowano listę podmiotów, których przedstawiciele uczestniczyli w spotkaniach SL, natomiast na rysunkach 35, 36 i 37 zaprezentowano strukturę uczestników SL, odpowiednio w podziale na województwa, typ podmiotu oraz wielkość (dot. przedsiębiorstw).

Tabela 21. Lista podmiotów, których przedstawiciele uczestniczyli w spotkaniach Smart Lab w obszarze technologii wodorowych

Nazwa podmiotu
Centrum Badawcze PAN – Konwersja Energii i Źródła Odnawialne
CIM-mes Projekt Sp. z o.o.
EMAG SERWIS Sp. z o.o.
eN-TANK Sp. z o.o. sp. k.
Gas Storage Poland Sp. z o.o.
Gas Trading S.A.
Gorzowski Ośrodek Technologiczny
Grupa LOTOS S.A.
GWDA Sp. z o.o.
Hynfra Sp. z o.o.
Instytut Energetyki
Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk
Instytut Polityki Energetycznej im. I. Łukasiewicza
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
Izba Gospodarcza Gazownictwa
Jastrzębska Spółka Węglowa S.A.
JOTBOSS Consultants
JSW Innowacje S.A.
Politechnika Śląska
Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.
Krajowy Ośrodek Zmian Klimatu - Instytut Ochrony Środowiska
Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A.
Politechnika Świętokrzyska
Polska Agencja Energetyczna Sp. z o. o.

## Nazwa podmiotu

Polska Grupa Wodorowa Sp. z o.o.

Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej

Przedsiębiorstwo Oczyszczania Miasta EKO Sp. z o.o.

SES HYDROGEN S.A.

Stowarzyszenie Polska Izba Rozwoju Elektromobilności

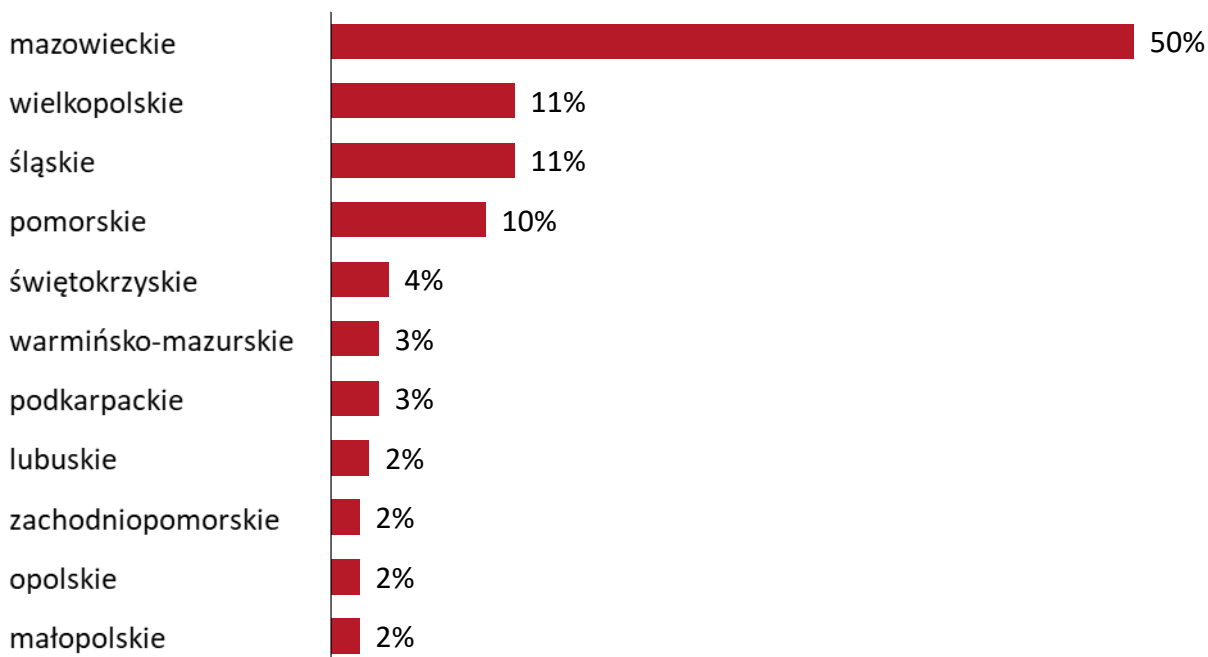
Toyota Motor Poland Company Limited Sp. z o.o.

Ultralight Green Cylinders Sp. z o.o.

Uniquate Sp. z o.o.

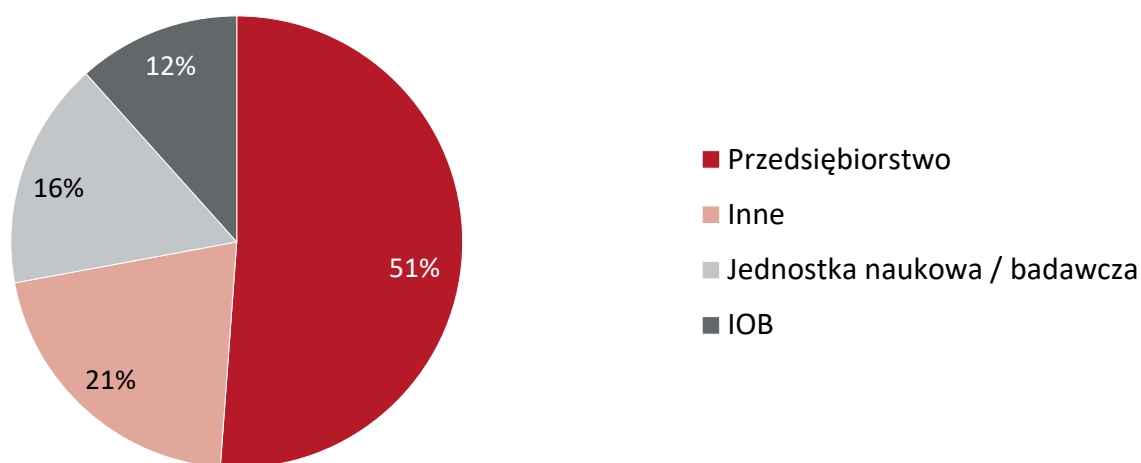
WTT Innowacje Sp. z o.o. sp. k.

Rysunek 35. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na województwa



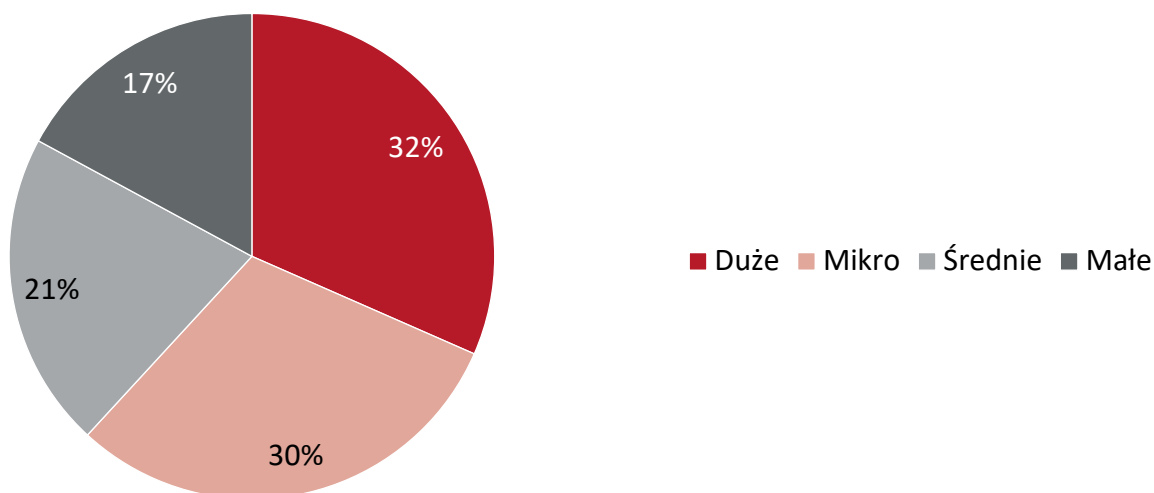
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych

Rysunek 36. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na typ podmiotu



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych

Rysunek 37. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na wielkość przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych

Kluczowe elementy i treści ekspertyzy BTR zostały wypracowane kolektywnie przez wszystkich uczestników spotkań SL, pod nadzorem merytorycznym dr hab. Grzegorza Tchoraka oraz przy współudziale zespołu ekspertów PwC.



---

Cztery spotkania SL realizowane były w formule zdalnej w dniach od 16.03.2022 r. do 6.04.2022 r. Podczas spotkań jego uczestnicy pracowali zarówno samodzielnie, jak i w grupach m.in. nad określeniem:

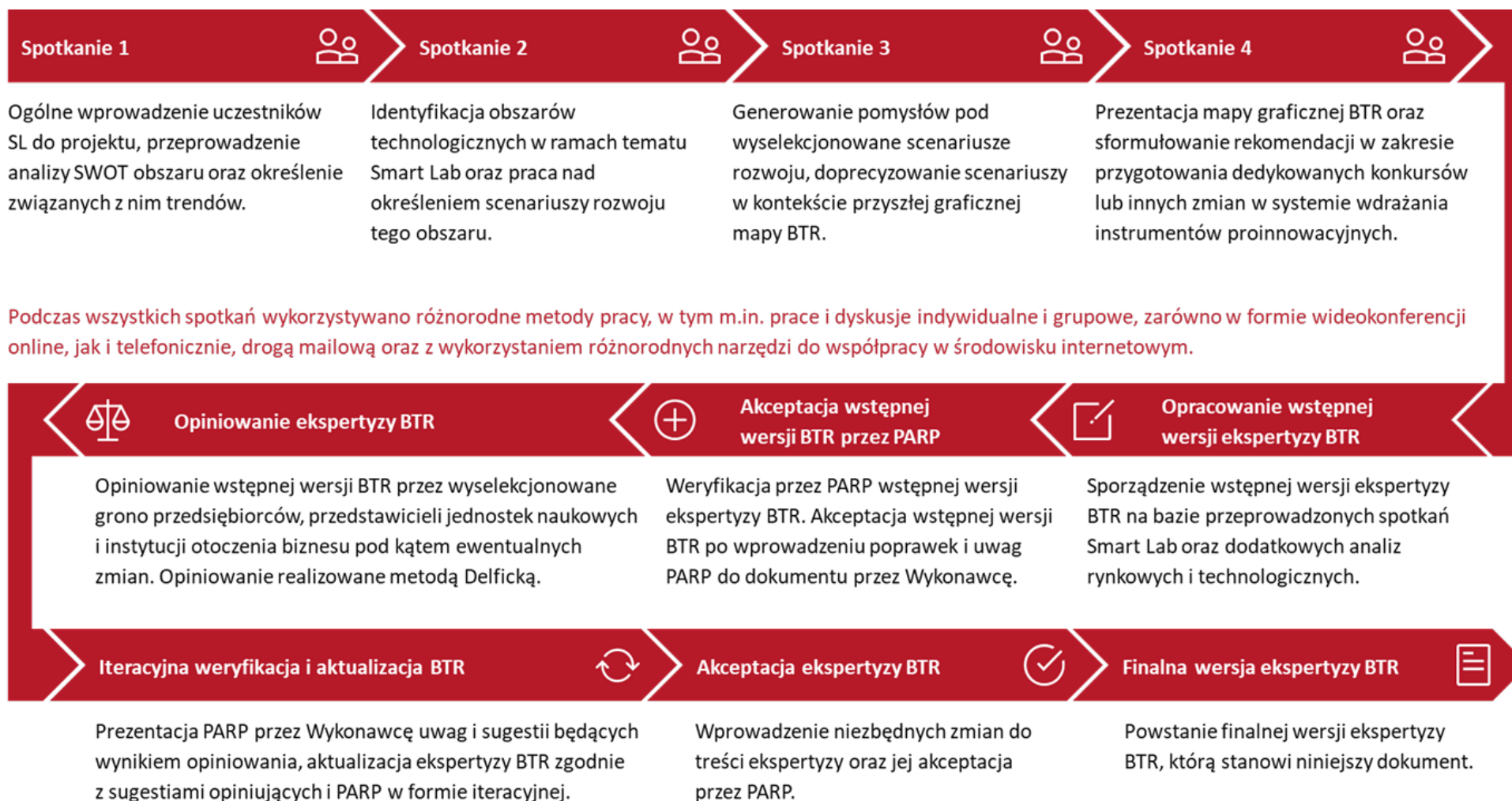
- Scenariuszy Rozwoju obszaru technologii wodorowych.
- Silnych i słabych stron obszaru technologii wodorowych w Polsce.
- Trendów rynkowych wpływających na funkcjonowanie interesariuszy rynku technologii wodorowych w Polsce.
- Bariery utrudniających funkcjonowanie i rozwój obszaru technologii wodorowych.
- Czynników warunkujących funkcjonowanie obszaru technologii wodorowych w odniesieniu do aspektów politycznych, ekonomicznych, prawnych, społecznych, technologicznych oraz środowiskowych (analiza PESTEL).
- Najważniejszych oraz najbardziej atrakcyjnych krajowych i zagranicznych wydarzeń branżowych, w tym targów, konferencji i sympozjów skupionych wokół obszaru technologii wodorowych.
- Potencjału obszaru technologii wodorowych w kontekście Krajowych oraz Regionalnych Inteligentnych Specjalizacji.
- Rekomendacji w zakresie dostosowania różnorodnych praktyk czy polityk, które docelowo mają zwiększyć efektywność funkcjonowania obszaru technologii wodorowych w Polsce.

Gotowość uczestników spotkań do dzielenia się swoją wiedzą, doświadczeniem, dobrymi praktykami oraz przede wszystkim planami biznesowymi zaowocowała stworzeniem listy działań, które nakreślają zakres merytoryczny planowanych przez nich do realizacji w najbliższych latach, ambitnych projektów badawczo-rozwojowych w obszarze technologii wodorowych. Działania te zostały finalnie zintegrowane w ramach czterech tzw. Scenariuszy Rozwoju, które stanowią podstawę do opracowania mapy graficznej BTR.

Spotkania Smart Lab prowadzone były w sposób warsztatowy, mający na celu zapewnienie jak największej zgodności ze zwinnymi metodykami zarządzania projektami. Jednocześnie wiele starań przykładanych było do zapewnienia możliwie najbardziej indywidualnego podejścia do każdego z uczestników, aby zapewnić, że dokument w sposób wiarygodny odzwierciedla wszelkie kwestie poruszane przez uczestników spotkań. Również poza samymi spotkaniami zespół ekspertów realizujący projekt przeprowadził wiele rozmów telefonicznych i konwersacji email z uczestnikami, aby na bieżąco rozwiązywać najbardziej naglące i dyskusyjne kwestie.

W efekcie wypracowane przez uczestników materiały tworzone były przyrostowo i ulegały licznym zmianom. Ekspertyza BTR jest więc żywym dokumentem, który iteracyjnie wyewoluował do formy, jaka prezentowana jest obecnie. Uproszczony schemat prezentujący metodykę prac nad BTR dla obszaru technologii wodorowych prezentuje Rysunek 38.

Rysunek 38. Uproszczona metodyka prac nad BTR dla obszaru technologii wodorowych



Źródło: opracowanie własne



## 9. Słownik pojęć/ wykaz skrótów

- **ALK** (Alkaline Fuel Cell) – ogniwa alkaiczne.
- **B+R** (Badania i Rozwój) – Badania i Rozwój, prace badawczo-rozwojowe.
- **B+R+I** (Badania, Rozwój i Innowacje) – prace obejmujące badania, rozwój i innowacje.
- **BTR** (*Business Technology Roadmap*, z ang. Mapa Rozwoju Rynku i Technologii) – opracowanie zawierające opis sytuacji technologiczno-rynkowej wraz z mapą rozwoju technologii i planowanymi projektami B+R w danej dziedzinie.
- **CCUS** (*Carbon Capture Utilisation and Storage*, z ang. sekwestracja dwutlenku węgla) – proces zapobiegania emisji dużych ilości dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) do atmosfery z punktowych źródeł zanieczyszczeń, takich jak elektrownie i fabryki przemysłu ciężkiego.
- **CHP** (*Combined Heat and Power*, z ang. kogeneracja) – proces technologiczny jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i użytkowego ciepła w elektrociepłowni.
- **CSIRO** (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) – australijska agencja rządowa odpowiedzialna za badania naukowe.
- **Elektrolizery ALK** – elektrolizery alkaliczne.
- **Elektrolizery PEM** – elektrolizery niskotemperaturowe.
- **EV/ BEV** (*Electric Vehicle/ Battery Electric Vehicle*) – pojazdy elektryczne. Pojazdy nie posiadające silników spalinowych, napędzane wyłącznie energią elektryczną.
- **FCEB/ FCEBs** (*Fuel Cell Electric Bus/ Busses*) – autobusy elektryczne napędzane ogniwami paliwowymi.
- **FCH JU** (*Fuel Cells & Hydrogen Joint Undertaking*, z ang. Wspólna Inicjatywa Wodoru i Ogniw Paliwowych) – inicjatywa funkcjonująca jako partnerstwo publiczno-prywatne, którego celem jest wsparcie badań, rozwoju i wdrożeń technologii wodorowych w Europie. Głównym zadaniem przedsięwzięcia jest intensyfikacja wysiłków podejmowanych przez sektor publiczny i prywatny w celu przyspieszenia i zwiększenia efektywności wdrażania na rynek rozwiązań opartych o technologie wodorowe i kreowania łańcucha wartości technologii wodorowych.

- 
- **FCV lub FCEV** (*Fuel Cell Vehicle/ Fuel Cell Electric Vehicle*) – samochody napędzane ogniwami paliwowymi. Pojazdy takie są de facto pojazdami elektrycznymi, zaś energia elektryczna jest wytwarzana z wodoru już na pokładzie samochodu.
  - **HRS** (*Hydrogen Refueling Station*) – Stacja Tankowania Wodoru.
  - **IEA** (*International Energy Agency*) – Międzynarodowa Agencja Energetyczna.
  - **Indeks Wobbego/ Liczba Wobbego** – stosunek wartości kalorycznej odniesionej do jednostki objętości gazu, do pierwiastka kwadratowego jego gęstości względnej, w tych samych warunkach odniesienia.
  - **IP** (*Intellectual Property, z ang. Własność Intelektualna*) – termin wykorzystywany w odniesieniu do praw własności intelektualnej.
  - **KIS** (*Krajowe Inteligentne Specjalizacje*) – obszary uznane za strategiczne dla Polski w kontekście rozwoju technologicznego oraz rozwoju gospodarczego. Pełna, aktualna lista Krajowych Inteligentnych Specjalizacji dostępna jest na stronie [smart.gov.pl](http://smart.gov.pl).
  - **LFCEV** (*Lorry Fuel Cell Electric Vehicles*) – pojazdy dostawcze i użytkowe napędzane ogniwami paliwowymi.
  - **LH<sub>2</sub>, LH2** (*Liquid H<sub>2</sub> / Liquid Hydrogen*) – ciekły wodór; ciekły stan wodoru pierwiastkowego.
  - **LOHC** (*Liquid Organic Hydrogen Carriers*) – płynne organiczne nośniki wodoru; związki organiczne mogące absorbować i uwalniać wodór.
  - **Mieszanka hytanowa** – mieszanina sprężonego gazu ziemnego i wodoru.
  - **MŚP** (*Małe i Średnie Przedsiębiorstwa*) – skrót odnoszący się do mikro, małych oraz średnich przedsiębiorstw.
  - **OSD** – Operator Systemu Dystrybucyjnego.
  - **OSP** – Operator Systemu Przesyłowego.
  - **OZE** – Odnawialne Źródła Energii; źródła energii których wykorzystanie nie powoduje powstania ich długotrwałego deficytu z uwagi na krótki czas ich odnowienia się.
  - **PtG** (*Power-to-Gas*) – technologia wykorzystująca energię elektryczną do produkcji paliwa gazowego. Najczęściej technologia ta wykorzystywana jest bezpośrednio do produkcji wodoru poprzez elektrolizę lub też najpierw do produkcji wodoru, a następnie gazu syntetycznego, metanu lub gazu płynnego.
  - **PtL** (*Power-to-Liquid*) – technologia wytwarzania paliw płynnych z wodoru lub dwutlenku węgla przy wykorzystaniu energii odnawialnej.
  - **PtNH<sub>3</sub>** (*Power-to-Ammonia*) – wykorzystanie odnawialnej energii elektrycznej do elektrolizy wody, a następnie do reakcji otrzymanego wodoru z azotem, który jest uzyskiwany przez separację powietrza, w celu wytworzenia amoniaku.

- 
- **PARP** – Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.
  - **PCT** (*Patent Cooperation Treaty*, z ang. *Układ o Współpracy Patentowej*) – międzynarodowe porozumienie/ traktat w zakresie współpracy w dziedzinie ochrony patentowej.
  - **PEM** (*Proton Exchange Membrane*) – ogniwa z membraną do wymiany protonów.
  - **PEP2040** – Polityka energetyczna polski do 2040 r.; dokument stanowiący wizję strategii Polski w zakresie transformacji energetycznej<sup>197</sup>.
  - **PESTEL** (*Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal*, z ang. Polityczne, Ekonomiczne, Społeczne, Technologiczne, Środowiskowe, Prawne) – analiza biznesowa służąca do badania otoczenia przedsiębiorstwa lub rynku w kontekście uwarunkowań politycznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, środowiskowych oraz prawnych.
  - **PPO** (*Proces Przedsiębiorczego Odkrywania*) – mechanizm diagnozy, identyfikacji, aktywizacji i integracji firm z potencjałem do rozwijania działalności innowacyjnej (z udziałem przedstawicieli środowiska nauki i otoczenia biznesu) w oparciu o wyniki prac badawczo-rozwojowych. Celem procesu jest wypracowanie mechanizmu współpracy finansowej i niefinansowej przedsiębiorców, której efektem ma być ilościowy i jakościowy wzrost nowych lub ulepszonych produktów/ technologii wdrażanych na rynku polskim i eksportowanych na rynki zagraniczne.
  - **PRK** (*Polska Rama Kwalifikacji*) – metodologia opisu porządkowania hierarchii poziomów kwalifikacji wpisywanych do Zintegrowanego Rejestru Kwalifikacji w Polsce. PRK stanowi układ odniesienia dla kwalifikacji nadawanych w Polsce.
  - **PSW** – Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040<sup>198</sup>.
  - **RIS** (*Regionalne Inteligentne Specjalizacje*) – obszary uznane za strategiczne dla poszczególnych województw w kontekście rozwoju technologicznego oraz rozwoju gospodarczego.
  - **SL** (*Smart Lab*) – jeden z etapów PPO obejmujący spotkania grup przedsiębiorców, z udziałem przedstawicieli nauki, otoczenia biznesu i administracji, moderowane przez doświadczonych konsultantów – ekspertów branżowych. Celem SL jest inicjowanie i rozwijanie inicjatyw projektowych w obszarach/ dziedzinach zidentyfikowanych w trakcie etapu PPO, tzw. Smart Panelu oraz zweryfikowanie potencjału tych obszarów jako ewentualnych nowych specjalizacji.

---

<sup>197</sup> Strona internetowa Monitora Polskiego, [Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r.](#) Dostęp 15.04.2022

<sup>198</sup> Strona internetowa gov.pl, [Polska Strategia Wodorowa do roku 2030.](#) Dostęp 14.04.2022

- 
- **SOFC** (*Solid Oxide Fuel Cell*) – ogniwa stałotlenkowe.
  - **SOR** – Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju<sup>199</sup>.
  - **SWOT** (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*, z ang. *Mocne strony, Słabe strony, Szanse, Zagrożenia*) – analiza biznesowa przedstawiana w formie matrycy 2x2, uwzględniająca czynniki wewnętrzne: silne i słabe strony oraz czynniki zewnętrzne: szanse i zagrożenia.
  - **TRL** (*Technology Readiness Level*, z ang. *Poziom Gotowości Technologicznej*) – metodologia pozwalająca na zdefiniowanie stopnia zaawansowania danej technologii, przez co możliwe jest porównanie poziomu zaawansowania prac nad różnymi technologiami.
  - **UAV** (*Unmanned Aerial Vehicle*, z ang. *Bezzałogowy Pojazd Powietrzny*) – statek powietrzny, który nie wymaga obecności załogi lub personelu pokładowego do lotu, pilotowany zdalnie lub realizujący lot autonomicznie.
  - **UPRP** – Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej.
  - **USD** (*United States Dollar*, z ang. *Dolar Amerykański*) – waluta Stanów Zjednoczonych.
  - **Wersja beta oprogramowania** – według cyklu życia oprogramowania (czyli serii kolejnych zmian w oprogramowaniu, w trakcie których dodawane są nowe funkcje i usuwane błędy) wersję beta charakteryzuje fakt, że program posiada już pierwszych użytkowników, dzięki którym wykrywane są błędy związane z różnymi środowiskami i warunkami pracy programu.
  - **WIPO** (*World Intellectual Property Organization*) – Światowa Organizacja Własności Intelektualnej.
  - **WNIP** (*Wartości Niematerialne i Prawne*) – prawa majątkowe zaliczane do aktywów trwałych, o przewidywalnym okresie ekonomicznej użyteczności dłuższym niż 1 rok, przeznaczone do używania na potrzeby jednostki.

---

<sup>199</sup> Strona internetowa gov.pl, [Informacje o Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju](#). Dostęp 15.04.2022



## 10. Spis tabel

Tabela 1. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie metod produkcji wodoru z węglowodorów .....	20
Tabela 2. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie elektrolizy .....	20
Tabela 3. Poziom rozwoju technologicznego produkcji wodoru z biogazu .....	21
Tabela 4. Poziomy TRL dla technologii magazynowania wodoru .....	22
Tabela 5. Poziom rozwoju technologicznego magazynowania wielkoskalowego.....	23
Tabela 6. Poziom rozwoju technologicznego fizyko-chemicznych metod magazynowania wodoru	23
Tabela 7. Poziom rozwoju technologicznego przesyłu i transportu wodoru.....	25
Tabela 8. Poziom rozwoju technologicznego transportu wodoru skroplonego.....	25
Tabela 9. Poziom rozwoju technologicznego w zakresie wiązania wodoru z innymi substancjami .	26
Tabela 10. Poziom rozwoju technologicznego wybranych rozwiązań wodorowych w energetyce..	27
Tabela 11. Poziom rozwoju technologicznego rozwiązań wodorowych w transporcie .....	27
Tabela 12. Przedział czasu trwania faz projektów B+R dla obszaru technologii wodorowych wskazany przez uczestników SL .....	81
Tabela 13. Najważniejsze wydarzenia branżowe organizowane w Polsce, dedykowane technologiom wodorowym.....	96
Tabela 14. Najważniejsze wydarzenia branżowe organizowane na świecie, dedykowane technologiom wodorowym.....	98
Tabela 15. Potencjał rozwoju poszczególnych segmentów rynku gospodarki wodorowej w Polsce .....	107
Tabela 16. Analiza SWOT dla obszaru technologii wodorowych w Polsce.....	109
Tabela 17. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych na poziomie Komisji Europejskiej	117
Tabela 18. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych z instrumentów unijnych dostępnych na poziomie krajowym.....	122

---

Tabela 19. Informacje odnośnie źródeł wsparcia oferowanych ze środków krajowych .....	128
Tabela 20. Informacje odnośnie pozostałych instrumentów wspierających potencjalnie działalność związaną z rozwojem przedsięwzięć obejmujących wodór.....	129
Tabela 21. Lista podmiotów, których przedstawiciele uczestniczyli w spotkaniach Smart Lab w obszarze technologii wodorowych.....	197





## 11. Spis rysunków

Rysunek 1. Przykładowy łańcuch wartości gospodarki wodorowej .....	13
Rysunek 2. Poziomy TRL – Technology Readiness Level.....	19
Rysunek 3. Projekcja wzrostu wartości rynku zielonego wodoru w latach 2020-2028 w podziale na regiony geograficzne (mln USD).....	30
Rysunek 4. Globalne zużycie wodoru w 2020 roku oraz prognoza na rok 2025 oraz 2030 (Mt) .....	31
Rysunek 5. Globalna produkcja wodoru według źródeł jego pozyskania (Mt) .....	33
Rysunek 6. Obecne ograniczenia dotyczące udziału wodoru w mieszance gazu ziemnego (%) .....	37
Rysunek 7. Planowane stacje tankowania wodoru w Europie do 2025 r. oraz szacowana liczba stacji do 2040 r. w ambitnym scenariuszu rozwoju gospodarki wodorowej.....	39
Rysunek 8. Poziom gotowości technologicznej ogniw łańcucha wartości niskoemisyjnego wodoru .....	41
Rysunek 9. Cztery etapy technologii, sprzężenia zwrotne i efekty uboczne, które usprawniają kolejne generacje projektów/ modeli.....	43
Rysunek 10. Uproszczona analiza „5 sił Portera” dla obszaru technologii wodorowych .....	46
Rysunek 11. Roczna liczba opublikowanych nowych rodzin patentowych na świecie dotyczących technologii wodorowych (2002-2021).....	55
Rysunek 12. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie produkcji wodoru (2002-2021) .....	56
Rysunek 13. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie produkcji wodoru .....	57
Rysunek 14. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie produkcji wodoru.....	57
Rysunek 15. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie magazynowania wodoru (2002-2021) .....	58
Rysunek 16. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie magazynowania wodoru .....	59

Rysunek 17. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie magazynowania wodoru.....	59
Rysunek 18. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru (2002-2021) .....	60
Rysunek 19. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru .....	61
Rysunek 20. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie przesyłu i dystrybucji wodoru.....	61
Rysunek 21. Roczna liczba publikowanych na świecie nowych rodzin patentowych w zakresie zastosowania wodoru (2002-2021) .....	62
Rysunek 22. Podmioty z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie wykorzystania wodoru .....	63
Rysunek 23. Kraje, regiony lub zrzeszenia z największą liczbą publikacji nowych rodzin patentowych w ciągu ostatnich 3 lat w zakresie wykorzystania wodoru.....	63
Rysunek 24. Udział procentowy poszczególnych podmiotów w polskiej produkcji wodoru .....	70
Rysunek 25. Wydatki Polski na B+R w obszarze technologii wodorowych i ogniw paliwowych w 2019 roku w ramach budżetu przeznaczanego na technologie energetyczne na tle wybranych krajów IEA (mln EUR) .....	72
Rysunek 26. Wysokość wydatków na B+R w obszarze technologii wodorowych oraz ogniw paliwowych ze środków publicznych przeznaczonych na B+R w obszarze technologii energetycznych w Polsce w latach 2010-2020 .....	73
Rysunek 27. Podział środków publicznych przeznaczonych w Polsce w 2020 roku na B+R w obszarze energetyki .....	74
Rysunek 28. Liczba polskich zgłoszeń patentowych dotyczących technologii wodorowych zgłoszonych w latach 2002-2021 .....	103
Rysunek 29. Liczba corocznie publikowanych nowych polskich patentów dotyczących technologii wodorowych wraz z liczbą patentów europejskich walidowanych w Polsce w latach 2012-2021 ..	104
Rysunek 30. Forma graficzna scenariusza 1.....	146
Rysunek 31. Forma graficzna scenariusza 2.....	155
Rysunek 32. Forma graficzna scenariusza 3.....	171
Rysunek 33. Forma graficzna scenariusza 4.....	185
Rysunek 34. Mapa BTR dla obszaru technologii wodorowych .....	187

---

Rysunek 35. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na województwa.....	198
Rysunek 36. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na typ podmiotu .....	199
Rysunek 37. Struktura uczestników spotkań Smart Lab w obszarze technologii wodorowych w podziale na wielkość przedsiębiorstwa.....	199
Rysunek 38. Uproszczona metodyka prac nad BTR dla obszaru technologii wodorowych.....	201



Infolinia: 801 332 202

[kontakt@parp.gov.pl](mailto:kontakt@parp.gov.pl)