



Wielkopolska

Kierunek wodor

Wodór jako kluczowy nośnik energii w zeroemisyjnej gospodarce

Kompendium oraz poradnik wiedzy dla biznesu w zakresie projektowania przyszłych usług i produktów w oparciu o nowy nośnik energii – wodór

Ekspertyza wykonana na zamówienie Województwa Wielkopolskiego
projekt „Gospodarna 2050 – H2Wielkopolska”

WRPO na lata 2014-2020

Poddziałanie 1.4.2 Promocja gospodarcza regionu.

Autor: dr hab. Grzegorz Tchorek

Lipiec 2022 r.

H2 >>>>
Wielkopolska



Kierunek wodor > rozwój > biznes > przyszłość

Spis treści

Słownik pojęć	3
Wstęp.....	4
1) Europejska Strategia Wodorowa	5
2) Polska Strategia Wodorowa	8
3) Zastosowanie wodoru	12
4) Łańcuch wartości gospodarki wodorowej – znajdź swoje miejsce.....	18
5) Finansowanie projektów wodorowych	29
6) Bezpieczeństwo technologii wodorowych.....	34
7) Przegląd dostępnych prognoz zapotrzebowania na wodór w Polsce	36
8) Przegląd planowanych i realizowanych projektów w obszarze technologii wodorowych	39
9) Szanse rozwojowe dla MŚP w sektorze wodorowym.....	41

Słownik pojęć

Wodór odnawialny (tzw. wodór zielony) – definiuje się jako wodór, który jest produkowany z energii ze źródeł odnawialnych innych niż biomasa; oraz osiąga 70% redukcję emisji gazów cieplarnianych w porównaniu z wodorem pochodzącym z paliw kopalnych.

Wodór niskoemisyjny (tzw. wodór niebieski) – definiuje się jako wodór, który jest produkowany z energii ze źródeł nieodnawialnych, który spełnia próg ograniczenia emisji gazów cieplarnianych o 70% w porównaniu z wodorem pochodzącym z paliw kopalnych.

Wodór z paliw kopalnych (tzw. wodór szary) – definiuje się jak wodór, który jest produkowany z użyciem paliw kopalnych.

Reforming parowy metanu – proces produkcji wodoru z metanu i pary wodnej w temperaturze 700–1100 °C

Elektroliza – zjawisko fizykochemiczne, w którym następuje rozkład cząsteczki wody na wodór i tlen pod wpływem przyłożonego, zewnętrznego napięcia elektrycznego.

EU ETS – unijny system handlu uprawnieniami do emisji, który nakazuje ponosić dużym producentom przemysłowym posiadającym instalacje produkcyjne o mocy znamionowej większej niż 20 MW do zakupu uprawnień do emisji, gdzie 1 uprawnienie pokrywa emisję 1 tony dwutlenku węgla. System ten jest podstawowym narzędziem UE w dążeniu do neutralności klimatycznej.

CCS – instalacja wyłapywania i magazynowania dwutlenku węgla

Zrównoważony produkt końcowy – produkt wytworzony przy użyciu ekologicznych paliw lub zielonej energii elektrycznej, charakteryzujący się niższym śladem węglowym niż w przypadku standardowego cyklu produkcyjnego z użyciem paliw kopalnych

Reakcja Habera-Boscha - metoda bezpośredniej syntezy amoniaku z wodoru i azotu, kluczowa metoda dla sektora chemicznego, która generuje duży popyt na wodór.

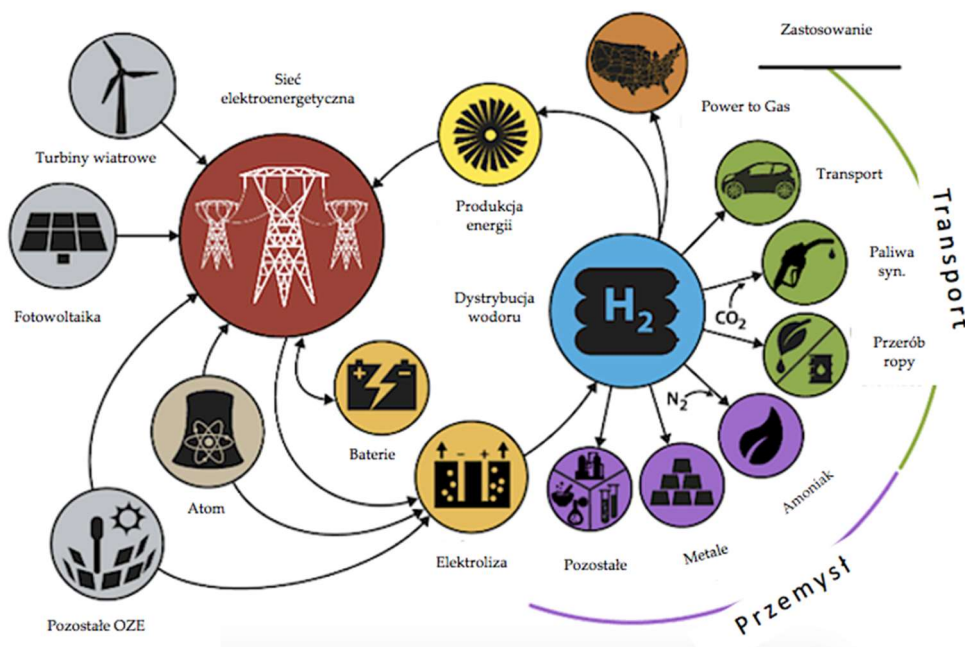
Wstęp

Polityka klimatyczna Unii Europejskiej ujęta w strategii *European Green Deal* oraz pakiecie rozwiązań regulacyjnych *Fit for 55* pozycjonuje wodór jako przyszły strategiczny nośnik, który ma stanowić istotne uzupełnienie dla rozwijających się dynamicznie zeroemisyjnych źródeł energii, a także tworzyć z nimi efekty synergii.

Zakłada się, że w perspektywie do 2050 r. rozwój technologii wodorowych może spowodować powstanie rozwiniętego i skomercjalizowanego rynku o dużej liczbie producentów i odbiorców wodoru stanowiąc tzw. gospodarkę wodorową. Warto również zwrócić uwagę, że wodór awansował jako strategiczne paliwo w skali globalnej. Skalę znaczącego oczekiwanego postępu w zakresie rozwoju technologii wodorowych oddaje fakt, że kraje reprezentujące około 90% światowego PKB podjęły działania na rzecz upowszechnienia technologii wodorowych. Na nowym rynku energetycznym UE wodór może pełnić zarówno rolę stabilizatora OZE, substytutu gazu ziemnego jak i zeroemisyjnego paliwa w zastosowaniach przemysłowych oraz w mobilności. **Oznacza, to że wszystkie te rynki i obszary zastosowania wodoru powinny skupiać zainteresowanie firm pragnących: a) stosować technologie wodorowe, b) dostarczać urządzenia i komponenty na potrzeby gospodarki wodorowej.**

Obecność wodoru w gospodarce będzie prowadzić do konwergencji rynków. Zjawisko to polega na przenikaniu i współzależności od siebie sektorów gospodarki, w których wodór będzie wykorzystywany na różnych poziomach łańcucha wartości pełniąc rolę zarówno substratu jak i produktu końcowego tzw. Power to X.

Poniższa grafika w dobry sposób przedstawia rolę oraz pozycję wodoru w przyszłej gospodarce oraz wskazuje kluczowe obszary występowania.



Źródło: triplepundit.com

Choć wodór jest najpowszechniejszym pierwiastkiem, nie występuje w stanie wolnym i należy go wydobyć z innych związków. Wytwarzanie wodoru odbywa się przy użyciu różnych surowców generując przy tym różny stopień nakładów energetycznych i emisji CO₂. Z tego powodu można mówić o różnych kolorach wodoru np.:

- szary, wytworzony w procesie reformingu parowego metanu oraz gazyfikacji węgla i ropy.
- niebieski, wytworzony z węglowodorów przy zastosowaniu wychwytu CO₂.
- zielony, wytwarzany w procesie elektrolizy zasilanej przez OZE.

Biorąc pod uwagę, że docelowo wodór powinien być produkowany jedynie ze źródeł odnawialnych, każdy podmiot, który podejmuje działania na rzecz produkcji OZE powinien również rozważyć produkcję wodoru w małej, średniej bądź dużej skali, w zależności od lokalnych potrzeb i możliwości. Energia z OZE jest najważniejszym surowcem do produkcji wodoru.

1) Europejska Strategia Wodorowa

Należy wskazać, że otoczenie regulacyjne dla wodoru na poziomie europejskim zaczyna rozwijać się w dynamicznym tempie składając się zarówno z dokumentów strategicznych jak i rosnącej liczby regulacji i polityk na poziomie operacyjnym. Wpływa to istotnie na zwiększoną transparentność rynku, a w konsekwencji redukuje także ryzyko projektów wodorowych na poziomie państw członkowskich, które stopniowo dokonują transpozycji wymaganych przepisów.

Kluczowym dokumentem strategicznym w zakresie rozwoju rynku wodoru jest **Unijna Strategia Wodorowa opublikowana w 2020 r.** w ramach, której ustanawiano ambitny cel przyłączenia 80 GW mocy w elektrolizerach do 2030 r., gdzie 40 GW ma przypadać na instalacje na terenie UE, a kolejne 40 GW na instalacje w krajach trzecich, z których wyprodukowany wodór będzie importowany do UE. W ramach Strategii zapewniono także zabezpieczenie wydzielonego budżetu w kwocie 470 miliardów euro na projekty rozwoju technologii wodorowych wzdłuż całego łańcucha wartości do 2050 r. Warto wskazać, że **Unijna Strategia Wodorowa po raz pierwszy rozróżniła wybrane rodzaje wodoru na podstawie generowanej przez nie emisji, uwzględniając różne metody produkcji, a także orientacyjne koszt wytworzenia wodoru w przeliczeniu na jeden kilogram.** Komisja Europejska w ramach Strategii Wodorowej wskazuje, że priorytetowym rodzajem wodoru, którego produkcja i zastosowanie mają być istotnie wspierane będzie wodór odnawialny pochodzących z OZE. Wśród pozostałych krytycznych celów rozwoju gospodarki wodorowej, które zostały zaznaczone w Strategii znajdują się m.in. rozwój transgranicznej infrastruktury przesyłowej i magazynów wodoru, ocena potencjału zastosowania wodoru w różnych sektorach gospodarki, kreacja wymiany handlowej w zakresie wodoru w tym pobudzenie popytu i podaży, certyfikacja wodoru, a także wprowadzenie mechanizmów pomocy publicznej i finansowania projektów wodorowych jak węglowe kontrakty różnicowe (ang. CCfD). Zasadniczo, Unijna Strategia Wodorowa zakłada harmonogramowy rozwój rynku wodoru w trzech głównych fazach, które zostały opisane poniżej:

Faza I (2020-2024)

Pierwsza faza rozwoju rynku wodorowego w UE przewiduje zainstalowanie elektrolizerów o mocy 6 GW do 2024 r. pobudzając także w dużym stopniu rozwój sektora odnawialnych źródeł energii. Wyprodukowany wodór ma w pierwszej kolejności posłużyć do dekarbonizacji sektorów trudnych do elektryfikacji, w których obecnie zużywa się dużo wodoru szarego i należałoby go zastąpić mniej emisyjnym rodzajem. **Takimi sektorami będą w szczególności przemysł chemiczny, ale także rafineryjny i stalowy.** Zakłada się, że w pierwszej fazie rozwoju rynku wodoru, jego produkcja i zużycie w wielu przypadkach będzie realizowane w tym samym miejscu, redukując tym samym długość łańcucha wartości i prowadząc do powstawania pierwszych dolin wodorowych. **Kolejnym obszarem znaczącej komercjalizacji wodoru ma być sektor transportu, szczególnie pojazdów ciężkich i autobusach, gdzie wodór może wykazać przewagi nad napędem bateryjnym.** W konsekwencji kluczową kwestią będzie rozwój stacji tankowania wodoru oraz infrastruktury towarzyszącej dla zapewnienia ciągłości pracy pojazdów. W pierwszej fazie ma także nastąpić rozwój produkcji elektrolizerów w UE, w tym dużych (o mocy od 10 MW do 100 MW). W celu zmniejszenia luki inwestycyjnej projektów wodorowych uruchomione zostanie zwiększone wsparcie finansowe w ramach wybranych funduszy unijnych m.in. CEF, Horyzont Europa, Funduszu Modernizacyjnego i Innowacyjnego oraz funduszy regionalnych (bardziej szczegółowy opis możliwości finansowania gospodarki wodorowej znajduje się w rozdziale 5.).

Faza II (2025-2030)

W drugiej fazie rozwoju rynku wodorowego oczekiwana jest stopniowa budowa zintegrowanego systemu energetycznego, gdzie wodór będzie pełnił rolę nośnika energii. Do 2030 r. planowane jest zainstalowanie elektrolizerów o mocy przynajmniej 40 GW zasilanych energią ze źródeł odnawialnych. Dzięki rozwojowi infrastruktury wzdłuż kluczowych elementów całego łańcucha wartości, a w szczególności na jego środkowych etapach, czyli magazynowaniu, transportu i dystrybucji, wodór ma pojawiać się w co raz większej liczbie zastosowań, zapewniając konwergencję rynkową i efekty synergii. Oczekuje się także rozpoczęcia funkcjonowania lokalnych sieci wodorowych zapewniających dodatkowe zapotrzebowanie w przemyśle. Wraz z rosnącym popytem na wodór ze strony wielu sektorów gospodarki, ze szczególną pozycją przemysłu ciężkiego i transportu, przewiduje się konieczność optymalizacji procesów produkcji i transportu wodoru na długie dystanse, tak aby zagwarantować zintegrowany i sprawnie działający system energetyczny. W tym celu kluczowymi działaniami będzie przegląd planistyki w zakresie europejskich sieci energetycznych TEN-E oraz stworzenie przepisów dotyczących rynku gazów niskoemisyjnych i odnawialnych (tzw. Pakiet Dekarbonizacji Rynku Gaz i Wodoru, obecnie na etapie opiniowania). Proces ten powinien zostać dodatkowo rozszerzony o budowę sieci stacji tankowania wodoru wzdłuż transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T) w ramach realizacji dyrektywy AFID. Dla zapewnienia integracji rynku wodoru i jego wysokiej interoperacyjności (wykreowania rynku o dużej liczbie producentów i odbiorców, między którymi będzie dochodzić do płynnej wymiany handlowej) potrzebne będą także normy jakości, certyfikacja oraz dedykowane gwarancje pochodzenia dla różnych rodzajów wodoru.

Faza III (2030-2050)

W trzeciej fazie przewiduje się osiągnięcie dojrzałości technologicznej wodoru odnawialnego oraz możliwość wdrażania na dużą skalę we wszystkich sektorach, w których trudno doprowadzić zmniejszenie emisji CO₂ oraz w których inne rozwiązania są trudno osiągalne lub wysoce kosztowne. W związku z zamiarem stopniowego odchodzenia od gazu ziemnego i obniżaniem zapotrzebowania po 2030 r. wystąpi możliwość przekształcenia elementów obecnej infrastruktury przesyłowej i jej dostosowania do transportu wodoru na dalekie odległości.

Warto wskazać, iż publikacja Unijnej Strategii Wodorowej w 2020 r. wyznaczyła kluczowe kierunki i cele w zakresie rozwoju gospodarki wodorowej w UE, ale co najważniejsze, spowodowała kreację lub nowelizację licznych aktów prawnych rangi dyrektywy i rozporządzenia, dostosowując europejskie prawo do nowo powstającego rynku m.in. dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii - **RED**, **dyrektywa w sprawie opodatkowania energii - ETD**, **Taksonomia UE**, **Nowy Pakiet Gazowy**, **Dyrektywa w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych - AFID**, **rozporządzenia sieci transeuropejskich TEN-T i TEN-E**, a także **wytyczne w sprawie pomocy publicznej CEEAG**. Wszystkie z omawianych regulacji będą musiały być bezpośrednio transponowane do prawa polskiego lub w sposób istotny wpłyną na powstawanie nowych modeli biznesowych i inwestycji w kraju. Warto zwrócić uwagę, że w podobnej perspektywie oczekiwane są poszczególne fazy w wielu krajach wykazujących zainteresowania technologiami wodorowymi – por. tab.

	Faza I: Aktywacja rynku	Faza II: Trwały wzrost rynku	Faza III: Rozwój dojrzałego rynku	Dojrzały rynek
	Obecnie	2030	2040	2050
	Okres rozruchu (2023) i rozwój rynku (2030)	Moc 10 GW z elektrolizy do 2033-2040r.	Wykształcone i uzyskujące dojrzałość łańcuchy wartości gospodarki wodorowej	Zerowa emisja gazów cieplarnianych
	Rozwój technologii wodorowych, projekty demonstracyjne i zwiększanie skali	Przynajmniej jeden niskoemisyjny klaster przemysłowy	Pierwszy klaster przemysłowy o zerowej emisji CO ₂ netto	
	Rozwój technologii wodorowych, projekty demonstracyjne i zwiększanie skali	Komercjalizacja wodoru (np. import, krajowe systemy Power-to-Gas)	Wodór bezemisyjny (z odnawialnych źródeł energii i z CCS)	Spółeczeństwo funkcjonuje w oparciu o wodór
	Zwiększanie wykorzystania i dostaw H ₂ , rozwój i demonstracja technologii	Masowa produkcja na skalę przemysłową (wysoka konkurencyjność)	Wzrost gospodarczy dzięki przewadze technologicznej	Gospodarka oparta na wodorze
	Utworzenie i próby (2025) aktywacja dużego rynku (2030)	Kluczowy gracz na globalnym rynku wodoru		Światowy eksporter

Źródło: International Hydrogen Strategies. A study commissioned by and in cooperation with the World Energy Council Germany, 2020

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Unijna Strategia Wodorowa jest istotnym sygnałem wskazującym, że wodór jest rozpatrywany jako przyszłe paliwo oraz nośnik energii w wielu zastosowaniach w gospodarce, co będzie kreować nowe szanse biznesowe dla wielkopolskich MŚP.
- Jednocześnie strategia wyznacza etapowy sposób dochodzenia do dojrzałego rynku, który będzie powstawał w kolejnych 10-20 latach. Daje to dla podmiotów gospodarczych sygnał wskazujący, że jest to proces złożony i obciążony koniecznością skrupulatnego planowania aby integrować i stymulować stronę popytową i podażową.
- Wielkopolskie firmy MŚP chcące realizować inwestycje wodorowe zgodne z polityką klimatyczną UE powinny uwzględnić w swoich działaniach również inne regulacje jak: dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii RED, dyrektywa w sprawie opodatkowania energii - ETD, Taksonomia UE, Nowy Pakiet Gazowy, dyrektywa w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych - AFID, rozporządzenia sieci transeuropejskich TEN-T i TEN-E, a także wytyczne w sprawie pomocy publicznej CEEAG.
- Kluczowymi technologiami w realizacji Unijnej Strategii Wodorowej, w które zainwestować mogą wielkopolskie MŚP są m.in. produkcja wodoru z elektrolizy, produkcja ciepła z wodoru, wodorowy transport publiczny, magazynowanie wodoru w zbiornikach, itp.
- Wielkopolskie MŚP powinny także przeanalizować możliwość włączenia się w łańcuch dostaw na rynku wodorowym jako podmioty oferujące półprodukty lub usługi w zakresie Tier 2-3 dla dużych integratorów OEM. Oznacza, to że wielkopolskie MŚP mogą dostarczać poszczególne podzespoły lub mniejsze części do budowy np. elektrolizerów, autobusów wodorowych, zbiorników na wodór itp.
- Alternatywnym kanałem włączenia się w gospodarkę wodorową jest zastosowanie technologii i rozwiązań wodorowych jako instrumentów obniżenia śladu węglowego i osiągania neutralności klimatycznej w zakresie produkcji energii, ciepła oraz napędów zasilanych wodorem w mobilności. Powinno to sprzyjać utrzymaniu konkurencyjności podmiotów zmuszanych do redukcji śladu węglowego.

2) Polska Strategia Wodorowa

Kontrybucją do realizacji celów ustanowionych w Unijnej Strategii Wodorowej na poziomie krajowym jest **Polska Strategia Wodorowa do 2030 r. z perspektywą do roku 2040**. Dokument ten został uchwalony przez Radę Ministrów w październiku 2021 r. i jest dotychczas najbardziej szczegółowym dokumentem odnoszącym się do planów wdrożeń technologii wodorowych w Polsce.

Według danych wskazanych w krajowej strategii Polska jest trzecim co do wielkości producentem wodoru w Unii Europejskiej. Jednak udział zielonego wodoru w całkowitej produkcji w kraju jest znikomy. Roczny wolumen produkcji wodoru w Polsce wynosi około 1,3 miliona ton. Znaczna większość produkcji wodoru przebiega na terenie dużych zakładach przemysłowych, z wykorzystaniem takich procesów jak reforming parowy oraz gazyfikacja węglowodorów, gdzie w dalszej kolejności wodór ten wykorzystywany jest w procesach przemysłowych.

Kalkulacje przedstawione przez Ministerstwa Klimatu i Środowiska zawarte w tekście Strategii Wodorowej pokazują, że **wiodącym producentem wodoru w Polsce jest Grupa Azoty**. W zakładach chemicznych grupy wytwarza się około 420 tysięcy ton wodoru rocznie. Udział tej grupy w całym rynku wodoru wynosi obecnie 32,3%. Duże wolumeny wodoru produkują i zużywają na własne potrzeby także: **Koksownie Zdzeszowice oraz Przyjaźń, Grupa ORLEN, a także Grupa Lotos**.

Należy zaznaczyć, że wódór produkowany w powyżej wymienionych zakładach przemysłowych jest wysoce emisyjny, czyli jest tzw. wodorem szarym i będzie musiały być stopniowo zastępowany innymi rodzajami wodoru takimi jak niskoemisyjny i odnawialny ze względu na cele unijnej polityki klimatycznej. Przyjęte cele strategiczne realizacji Polskiej Strategii Wodorowej nawiązują do modelu łączenia sektorów za pomocą wodoru jako nośnika energii (tzw. Power to X). W skrócie koncepcja Power to X polega na dwóch działaniach:

- 1) Wzroście wykorzystania energii elektrycznej pochodzącej z OZE na potrzeby produkcji wodoru
- 2) oraz następnie wykorzystanie wyprodukowanego wodoru w określonych sektorach gospodarki dla ich dekarbonizacji (główne sektory rozwoju: transport, przemysł oraz ciepłownictwo).

Wydaje się zatem, że rozwój technologii wodorowych w Polsce będzie nieodłącznie związany z równoległą rozbudową dedykowanych instalacji OZE, a w konsekwencji ważna będzie także modernizacja sieci elektroenergetycznych dla zapewnienia odpowiedniej liczby przyłączy sieciowych. Opisany powyżej rozwój gospodarki wodorowej opartej o model Power to X ma zostać zoperacjonalizowany na poziomie 6 celów szczegółowych:

Cel 1 - wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie;

Realizacja Celu 1 ma zapewnić **wzrost wykorzystania wodoru jako paliwa substytucyjnego dla węgla i gazu ziemnego w sektorze energetycznym i ciepłownictwie**. Zakłada się, że przy odpowiednim wsparciu państwa, wódór może być ważnym paliwem w sektorze ciepłownictwa, zapewniając produkcję zeroemisyjnego ciepła dla miast, a także zakładów przemysłowych. W pierwszych fazach rozwoju zdekarbonizowanego sektora ciepłownictwa, **wódór może występować w formie zmieszanej z innymi gazami m.in. gazem ziemnym, by w długoterminowej perspektywie zastąpić całkowicie paliwa kopalne**. W przypadku sektora energetycznego, **wódór może pełnić rolę bilansującą OZE, zapewniając popyt na zieloną energię elektryczną do reakcji elektrolizy**. Produkcja odnawialnego wodoru może być **nowym modelem biznesowym dla deweloperów farm fotowoltaicznych oraz wiatrowych, którzy szukają alternatywnych metod dla zbytu taniej energii elektrycznej**. Należy podkreślić, że wykorzystanie wodoru jako stabilizatora OZE w zakresie zagospodarowania nadwyżek produkcji energii elektrycznej pozostawia wiele wątpliwości co do efektywności takiego rozwiązania, przy obecnej, niezbyt dużej wielkości nadwyżek niezagospodarowanej energii.

Cel 2 - wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie;

Polska Strategia Wodorowa zakłada także zwiększający się popyt na **wykorzystanie wodoru w transporcie**. Strategia wskazuje, że zastosowanie wodoru jako paliwa będzie szczególnie istotne w transporcie publicznym, transporcie ciężkim oraz długodystansowym.

Wodór ma stać się alternatywą dla tych gałęzi transportu, które są trudne do elektryfikacji, gdzie istnieją istotne ograniczenia w zakresie możliwości wykorzystania napędów bateryjnych. **Wodór posiada wymierne przewagi technologiczne w tych sektorach transportu, gdzie waga i zasięg odgrywają kluczową rolę w zakresie efektywności i opłacalności.** Porównywalne zastosowanie napędów bateryjnych w wymienionych sektorach transportu generowałaby potencjalne ryzyka w zakresie dużej masy własnej pojazdów, długiego czasu ładowania, zbyt krótkich zasięgów. Nadrzędnym celem Polskiej Strategii Wodorowej w zakresie transportu jest wykorzystanie 100-250 autobusów wodorowych do 2025 r. i 800-1000 autobusów wodorowych do 2030 r. w polskich miastach.

Cel 3 - wsparcie dekarbonizacji przemysłu

Ze względu, iż przemysł generuje obecnie około 90% popytu na wodór w Polsce, będzie także kluczowym sektorem w zakresie przyszłej gospodarki wodorowej. Szacuje się, że samo zastąpienie obecnie produkowanego wodoru emisyjnego za pomocą wodoru odnawialnego spowodowałoby bardzo duże efekty redukcji emisji CO₂ co jest kluczowe dla firm przemysłowych ponoszących co raz większe koszty związane z uczestnictwem w systemie handlu emisjami EU ETS. Polska Strategia Wodorowa zakłada, że tylko i wyłącznie redukcja emisji CO₂ w ramach procesu reformingu gazu ziemnego wyniesie 1,38 mln t CO₂ rocznie. **Redukcja emisji jest głównym powodem, dla którego firmy przemysłowe będą zainteresowane zastosowaniem wodoru odnawialnego,** mimo iż w wybranych przypadkach może być droższy od wodoru z paliw kopalnych. Strategia Wodorowa zakłada, że **zastosowanie wodoru w przemyśle będzie powodować powstawanie dolin wodorowych, które zapewnią, że miejsca produkcji wodoru i jego zbytu nie będą od siebie znacznie oddalone.** Przykładem występowania doliny wodorowej może być obszar, na którym występują liczne aktywa łańcucha wartości wodoru m.in. miejsca produkcji, magazynowania i odbioru wodoru. Ponadto dolina wodorowa ma charakteryzować się dostępem do tanich źródeł OZE co pozwoli na rentowną produkcję zielonego wodoru. Model doliny wodorowej w przemyśle jest stosowany na zachodzie Europy np. w projektach produkcji wodoru z morskich farm wiatrowych na potrzeby przemysłu stalowego.

Cel 4 - produkcja wodoru w nowych instalacjach

Cel 4 zakłada dynamiczne **zwiększanie liczby instalacji produkcji wodoru w Polsce, gdzie w pierwszej kolejności wspierane będą instalacje produkcji wodoru odnawialnego, a przejściowo także wodoru niskoemisyjnego z gazu ziemnego z użyciem CCS.** Jednocześnie Strategia wskazuje, że najbardziej korzystnymi obszarami dla produkcji wodoru mają być te znajdujące się na obszarze klastrów energii, które jednocześnie będą naturalnym miejscem rozwoju dolin wodorowych, gdzie ma występować możliwe skupienie i zbliżenie źródeł popytu i podaży wodoru. Ważną kwestią strategiczną oraz regulacyjną ma być także zapewnienie możliwości rozwoju instalacji wytwarzania wodoru w pobliżu źródeł OZE, szczególnie tych, które są zlokalizowane lub będą budowane wokół dużych ośrodków przemysłowych m.in. rafinerii, fabryk stali czy chemicznych, które będą generować zwiększone zapotrzebowanie na wodór.

Cel 5 - sprawny i bezpieczny przesył, dystrybucja i magazynowanie wodoru

Powstanie sprawnie funkcjonującego rynku wodoru będzie wymagało rozwoju infrastruktury przesyłowej i magazynującej, tak aby dostarczanie wodoru z lokalizacji wytwarzania na rynek

zbytu, a także jego magazynowanie odbywało się w sposób sprawny i niezakłócony. Rozwiązania występujące na obecnym rynku są zasadniczo podzielone na trzy rodzaje, do których zaliczamy: transport drogowy, rurociągi oraz transport morski. **Wskazuje się, że przy odpowiednim dostosowaniu sieci przesyłowych i dystrybucyjnych transportowanie wodoru będzie możliwe w obecnie stosowanych sieciach gazu ziemnego.** Wymagane w tym zakresie będą dostosowania poszczególnych elementów sieci gazowniczej do obsługi zwiększonego przepływu wodoru i odporności na jego wyższe stężenia. Według powstających regulacji europejskich, polska sieci przesyłowe i dystrybucyjne gazu ziemnego, a także nowo budowane rurociągi, powinna być gotowe na zatłaczanie gazów zdekarbonizowanych, takich jak: biometan, metan syntetyczny, a także wodór. Kluczowym aspektem nowego planowania rozwoju sieci gazowniczej będzie zapewnienie wymaganych norm bezpieczeństwa oraz parametrów technicznych z uwzględnieniem zmienionej charakterystyki chemicznej gazów zdekarbonizowanych. **Jednym z nawiązujących celów Polityki Energetycznej Polski 2040 jest udział około 10% gazów zdekarbonizowanych w sieci gazowniczej do 2030 r.** W przypadku Polski, oprócz dostosowania rurociągów istniejących kluczowym będzie równoległa budowa dedykowanych rurociągów wodorowych dostosowanych w 100% do transportu wodoru.

W początkowych fazach rozwoju rynku wodoru jego **transport ma być realizowany przede wszystkim przy wykorzystaniu transportu kołowego.** Rozwinięty rynek wodoru, z dużą liczbą odbiorców końcowych rozproszonych po całym kraju, **będzie wymagać rozwiniętej sieci rurociągów dedykowanych.** Dla sprawnego funkcjonowania rynku wodoru, ważnym aspektem będzie także zapewnienie jego magazynowania, w postaci naziemnej z użyciem zbiorników, a także w postaci podziemnej z wykorzystaniem struktur geologicznych, w przypadku Polski wiodące będą podziemne kawerny solne.

Cel 6 - stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Realizacja celu 6 jest niezbędna dla przyszłości rynku wodoru w Polsce i realizacji inwestycji. Najważniejsze celem legislacyjnym Polskiej Strategii Wodorowej jest opracowanie pakietu prawa wodorowego do końca 2023 r. Nowe przepisy mają określać szczegóły funkcjonowania rynku, zapewniając jednocześnie transpozycję prawa UE w tym zakresie oraz wprowadzając szereg systemów wsparcia dla produkcji wodoru.

Oczekuje się również dużego dostosowania legislacji krajowej w związku z co raz większą liczbą opublikowanych aktów prawnych na poziomie unijnym, które w całości lub częściowo odnoszą się do kwestii wodorowych i ich uregulowania w prawie krajów członkowskich.

Wskaźnikami osiągnięcia celów Polskiej Strategii Wodorowej do 2030 r. będą:

- Zainstalowana moc instalacji do produkcji wodoru odnawialnego: 50 MW do 2025 r. i 2GW do 2030 r.;
- Liczba dolin wodorowych: co najmniej 5;
- Liczba będących w użyciu autobusów wodorowych: 100-250 do 2025 r. i 800-1000 do 2030 r.;
- Liczba stacji tankowania wodoru: min. 32 do 2025 r.;
- Zawarcie Porozumienia na rzecz budowy gospodarki wodorowej (zawarte 14.10.2021 r.);
- Stworzenie Ekosystemu Innowacji Dolin Wodorowych;
- Utworzenie Centrum Technologii Wodorowych.

Na realizację celów szczegółowych wskazanych w Polskiej Strategii Wodorowej, polski rząd zamierza przeznaczyć około 11 miliardów złotych w okresie 2021-2030.

Rys. Podsumowanie koniecznych nakładów inwestycyjnych dla realizacji celów Polskiej Strategii Wodorowej

Podsumowanie koniecznych nakładów inwestycyjnych [mln PLN]			
do 2025		do 2030	
250 autobusów wodorowych	506	1000 autobusów	1801
32 stacje tankowania	252	2 GW mocy niskoemisyjnych instalacji	9005
50 MW mocy niskoemisyjnych instalacji	225		
suma	983		10806

Źródło: Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Polska Strategia Wodorowa wskazuje na kompleksowe podejście do planowania działań na rzecz budowania gospodarki wodorowej w niemal każdym elemencie łańcucha wartości.
- Włączenie wielkopolskich MŚP do formowania dolin wodorowych lub klastrów energii, które dzięki dostępowi do taniego OZE będą mogły rentownie produkować wodór odnawialny
- Wielkopolskie MŚP powinny przeanalizować możliwość zakupu floty pojazdów transportu publicznego zasilanego wodorem z wykorzystaniem funduszy krajowych
- Produkcja ekologicznego ciepła miejskiego przez wielkopolskie MŚP z użyciem gazu ziemnego zmieszanego z wodorem lub docelowo samego wodoru – szczególnie dotyczy to miejskich ciepłowni, z pozyskaniem zewnętrznego dofinansowania

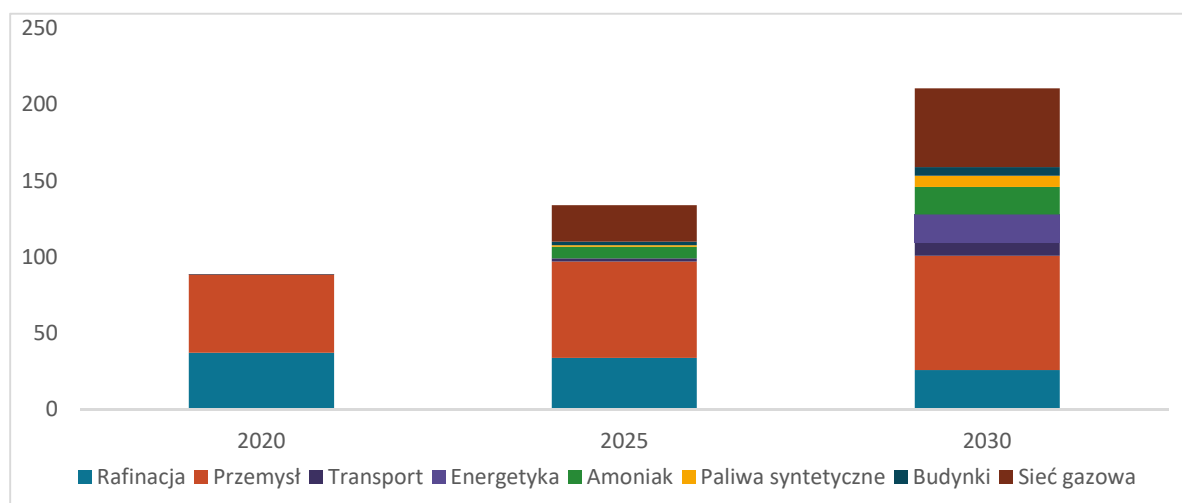
3) Zastosowanie wodoru

Ze względu na wysoką kaloryczność w przeliczeniu na jeden kilogram, wodór jest uznawany za dobry nośnik energii w stosunku do innych paliw kopalnych. Wysoka gęstość energetyczna wodoru powoduje, że jest on rozpatrywany jako ważne paliwo alternatywne możliwe do wykorzystania w wielu sektorach gospodarki. Nie należy jednak rozpatrywać wodoru wyłącznie jako paliwa przyszłości, gdyż pierwiastek ten był, a także jest powszechnie stosowany jako kluczowy substrat reakcji przemysłowych, w szczególności w sektorze chemicznym oraz rafineryjnym. Wodór zużywany obecnie w sektorach przemysłowych ma jednak wysoce emisyjną charakterystykę, czyli jest to tzw. wodór szary, który ze względu na politykę

regulacyjną UE oraz zapisane w niej cele dekarbonizacji, będzie musiał zostać stopniowo zastąpiony wodorem niskoemisyjnym (produkowanym z gazu ziemnego z CCS) oraz docelowo wodorem odnawialnym (produkowanym z elektrolizy z OZE). Unijna dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii z 2021 r. (RED III) zakłada osiągnięcie celu 50% udziału wodoru odnawialnego w produkcji przemysłowej do 2030 r. Można zatem uznać, że w sektorach, w których wodór już teraz jest podstawowym surowcem technologicznym będzie następowała dekarbonizacja w zakresie jego użycia z docelowym przejściem na mniej emisyjne rodzaje, jednak nie należy spodziewać się znaczących zmian w zakresie wolumenów zużycia wodoru w tych sektorach.

Przewiduje się, że znaczące pobudzenie popytu na wodór ma wystąpić w innych sektorach, w których wodór będzie nowo wykorzystywanym paliwem lub surowcem. Spośród ważnych sektorów, które wykreują zwiększony popyt na wodór będą m.in. transport, energetyka, ciepłownictwo, a także produkcja paliw syntetycznych. Należy zaznaczyć, że we wszystkich z wymienionych sektorów wodór będzie pełnił rolę nośnika zmniejszającego emisję i prowadzącego do dekarbonizacji łańcuchów dostaw. Zasadniczo, we wszystkich ze wskazywanych sektorów, zastosowanie wodoru zapewni realizację przepisów wynikających z regulacji klimatycznych UE, a także przyczyni się do zachowania zgodności z ich celami strategicznymi. Poniższa grafika przedstawia kluczowe sektory obecnego, a także przyszłego wykorzystania wodoru z podziałem na potencjał wolumenowy.

Rys. Zużycie wodoru w skali globalnej w 2020 oraz w perspektywie 2025 i 2030 (miliony ton - Mt).



Źródło: opracowanie własne na podstawie IEA

W 2020 r. globalne zapotrzebowanie na wodór wyniosło 90 Mt i stanowiło około 50% wzrost od czasu przełomu tysiącleci. Ponad 90% zapotrzebowania było generowane przez przemysł ciężki, w tym w szczególności rafinerie i zakłady chemiczne. Rocznie rafinerie zużywają ponad 40 Mt wodoru na potrzeby przerobu ropy naftowej, głównie w reakcji hydrokrakingu. Kolejne około 40 Mt wodoru zużywane jest w sektorze chemicznym, głównie w reakcji Habera-Boscha do produkcji amoniaku. Prognozy zapotrzebowania na wodór do 2050 roku wskazują, że niezależnie od scenariusza, wodór będzie wykorzystywany w co raz większej skali oraz w rosnącej liczbie aplikacji komercyjnych. W scenariuszu dynamicznym, zakładającym osiągnięcie neutralności klimatycznej przez UE w 2050 roku, zapotrzebowanie przemysłu

wzrasta prawie trzykrotnie z poziomu około 50 Mt wodoru w 2020 roku do poziomu około 140 Mt wodoru w 2050 roku. Zapotrzebowanie w transporcie wzrasta z poniżej 10 Mt wodoru w 2020 roku do 100 Mt wodoru w 2050 roku. Istotnie wzrasta także penetracja w sektorze energetycznym poprzez zastosowanie wodoru w elektrowniach gazowych, stacjonarnych ogniwach paliwowych oraz przy współpracy z OZE.

a) Przemysł ciężki

Oprócz wskazywanego sektora chemicznego i rafineryjnego, potencjał wykorzystania wodoru ma także sektor metali żelaznych (np. stalowy) oraz nieżelaznych (np. miedzi).

W przypadku sektora chemicznego i rafineryjnego główną trajektorią zmian będzie przejście z wodoru szarego na niskoemisyjny oraz odnawialny. Ma to zapewnić realizację wymogów regulacyjnych, a także zmniejszyć ekspozycję na istotne dla tych sektorów koszty emisji związane z systemem EU ETS. **To właśnie przez wysoką presję dekarbonizacyjną spoczywającą na sektorze rafineryjnym oraz chemicznym, sektory te będą z dużym prawdopodobieństwem generować pierwsze projekty wielkoskalowej produkcji**

i zastosowania wodoru niskoemisyjnego i odnawialnego. W przypadku sektora metali żelaznych oraz nieżelaznych sytuacja wygląda stosunkowo podobnie, **gdyż potencjalne zastosowanie wodoru niskoemisyjnego i odnawialnego w tych sektorach, także ma zapewnić zmniejszenie kosztów emisji EU ETS oraz doprowadzić do produkcji bardziej zrównoważonych produktów końcowych.** Zarówno w przemyśle stalowym jak i miedziowym wodor może być wykorzystywany jako substytutu gazu ziemnego w reakcjach przerobu żelaza tzw. DRI, a w przemyśle miedziowym w znaczącej części ciągu technologicznego m.in. przy topieniu rud miedzi. We wszystkich z opisywanych sektorów przemysłowych wodor ma doprowadzić do istotnej redukcji emisji dwutlenku węgla, zapewniając odejście od użycia emisyjnych paliw kopalnych, w szczególności takich jak olej opałowy, koks, ale także gaz ziemny.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Kluczowe sektory przemysłowe dla wykorzystania wodoru: przemysł chemiczny, rafinerie, hutnictwo, przemysł spożywczy.
- Szanse dla Wielkopolskich MŚP: świadczenie usług podwykonawstwa, projektowania, budowy, serwisowania, utrzymania instalacji wodorowych.
- Z uwagi na fakt, że są to na ogół duże instalacje przemysłowe konieczne będzie specjalistyczne doświadczenie, co oznacza że w pierwszej kolejności podmioty powinny poszukiwać możliwości współpracy badawczej, aktywności w formule wspólnych przedsięwzięć oraz aktywności w zakresie podwykonawstwa.

b) Transport

W sektorze transportu zastosowanie wodoru wykazuje **istotny potencjał w tych obszarach, w których trudno będzie doprowadzić do elektryfikacji z użyciem napędów bateryjnych.** Należy zatem wskazać, że wodor jako paliwo transportowe może wykazywać istotne przewagi techniczne i ekonomiczne w takich pojazdach, w których zastosowanie baterii będzie mniej korzystne ze względu na krytyczny wzrost masy własnej oraz zbyt krótki zasięg.

Wśród występujących rodzajów transportu, które charakteryzuje stosunkowo największy potencjał zastosowania wodoru znajdują się m.in. transport morski, transport lotniczy, transport ciężki oraz zbiorowy.

W konsekwencji wydaje się, że zastosowanie wodoru jako paliwa alternatywnego w pojazdach osobowych może spotkać się, że zbyt dużą konkurencją ze strony napędów bateryjnych, w szczególności na rynku europejskim. W przypadku transportu zbiorowego np. autobusów miejskich, wódór wykazuje pewne przewagi nad konkurentami bateryjnymi m.in. w zakresie większych zasięgów i krótszych czasów tankowania jednak nadal autobusy bateryjne mają dużą przewagę w zakresie zaawansowania technologicznego i skali na rynku. Wysoce prawdopodobnym, że najmniej konkurencyjnych napędów oraz paliw dla wodoru występować będzie w obszarach transportu morskiego i lotniczego. W tych sektorach transportu napędy bateryjne nie będą miały dużego potencjału głównie ze względu na zbyt dużą masę zestawów akumulatorów dla osiągnięcia satysfakcjonujących zasięgów. W transporcie morskim oraz lotniczym wódór będzie częściowo konkurował z paliwami gazowymi i biologicznymi m.in. LNG, bio-LNG, bio-diesel, jednak zgodnie z trajektorią dążenia do neutralności klimatycznej także i te paliwa będą musiały być zastąpione przez substytuty zeroemisyjne m.in. wódór oraz jego pochodne jak amoniak, metanol lub gaz syntetyczny.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Kluczowe rodzaje transportu wodorowego: transport ciężki (ciężarówki, maszyny budowlane, ciągniki, maszyny rolnicze), transport morski, transport lotniczy, transport zbiorowy (autobusy miejskie i dalekobieżne).
- Rodzaje transportu, w których będzie dominować elektryfikacja z użyciem napędu bateryjnego: rowery, hulajnogi, pojazdy osobowe, małe pojazdy dostawcze.
- Szanse dla Wielkopolskich MŚP: produkcja komponentów i urządzeń do mobilności oraz wykorzystanie, wykorzystanie technologii wodorowych prowadzących do obniżenia śladu węglowego; użytkowanie autobusów wodorowych lub wodorowych pojazdów ciężkich, pojazdów osobowych, małych urządzeń do mobilności, etc.
- Wejście w łańcuch wartości gospodarki wodorowej w obszarze mobilności i w zakresie dostaw komponentów dla sektora *automotive* wymaga obecności w dzisiejszym łańcuchu tego sektora bądź też podjęcia istotnego wysiłku technologicznego i organizacyjnego bowiem sprzedaż komponentów na tym rynku wymaga spełnienia wielu norm bezpieczeństwa i certyfikacji urządzeń.

c) Energetyka

Sektor energetyki jest kolejnym obok przemysłu ciężkiego i transportu, w którym istnieje widoczny potencjał rozwoju technologii wodorowych, w tym znaczącego zwiększenia zapotrzebowania na wódór w tym sektorze w ciągu następnych dekad. W pierwszej kolejności należy wskazać, że **nowoczesna energetyka oparta na odnawialnych źródłach energii będzie niezbędnym elementem dla produkcji wodoru odnawialnego, a docelowy model rozwiniętej gospodarki wodorowej nie będzie mógł istnieć bez kompleksowo zbudowanego rynku OZE.**

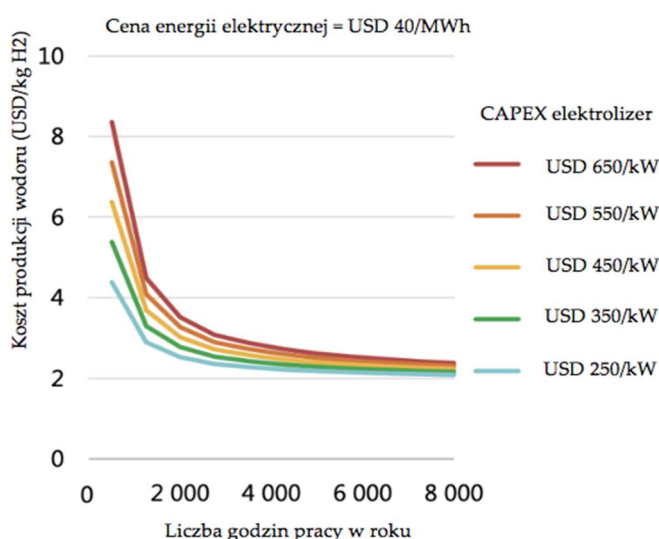
Farmy fotowoltaiczne, a także źródła wiatrowe na lądzie i morzu są wskazywane jako najważniejsze aktywa dla wielkoskalowej produkcji wodoru zarówno w modelach przemysłowych jak i lokalnych.

Wydaje się jednak, że na docelowym rynku energetycznym wodór nie będzie pełnił funkcji bilansowania pracy źródeł OZE, w tym gromadzenia nadwyżek energii w okresach nadprodukcji (przynajmniej na tym etapie rozwoju rynku, kiedy nadwyżki są relatywną rzadkością). Wynika to z niskiej opłacalności ekonomicznej takiego rozwiązania. Aby produkcja wodoru z OZE była rentowna należy dążyć do maksymalnej utylizacji elektrolizera w ciągu roku, oznacza to, że powinien być on eksploatowany technicznie maksymalną ilość godzin w trakcie roku pracy, co zapewnia realny zwrot z inwestycji.

Praca wyłącznie w celu stabilizacji pracy OZE, czyli na nadwyżkach, pozwala na pracę elektrolizera wyłącznie znikomą część roku co wyklucza podstawowe cele ekonomiczne. Prawdopodobnie, znacznie częściej wykorzystywanym modelem produkcji wodoru z użyciem OZE, będzie budowa dedykowanych farm, z których cała produkcja energii elektrycznej będzie przeznaczana na potrzeby elektrolizera i jego maksymalnej pracy w ciągu roku. Oznacza to, że elektrolizer będzie mógł pracować większą część roku i przez to osiągnie lepsze wyniki finansowe. Stosowaną praktyką może być także budowa farm OZE, których moc będzie „przewymiarowana” w stosunku do mocy elektrolizera tak aby jeszcze bardziej zwiększyć ilość godzin pracy w roku i wygenerowane nadwyżki energii przesyłać do sieci krajowej.

Poniższy wykres wyjaśnia charakterystykę funkcjonowania elektrolizera i wskazuje na kluczową kwestię dla jego rentowności, czyli liczbę godzin pracy w ciągu roku. Liczba godzin pracy elektrolizera w ciągu roku przekłada się na łączny koszt produkcji 1 kilograma wodoru. Finalnie należy wskazać, że w przypadku instalacji elektrolizery, bardzo ważnym czynnikiem jest dobór efektywnie pracującego źródła OZE, które po pierwsze pracuje z dużą liczbą godzin w roku (przykładowo fotowoltaika w Polsce pracuje dużo mniej w ciągu roku niż turbiny wiatrowe), a także generuje energię elektryczną niskim kosztem (zasadniczo wszystkie rodzaje OZE są już obecnie tanie).

Rys. Koszty produkcji 1 kilograma wodoru w zależności od liczby godzin pracy elektrolizera w ciągu roku, ceny energii elektrycznej oraz CAPEX elektrolizera



Źródło: IEA Future of Hydrogen 2021, opracowanie własne

Istotnym zastosowaniem wodoru w energetyce ma być także stopniowa substytucja gazu ziemnego, szczególnie w jednostkach o wysokiej efektywności spalania jakimi są elektrownie kogeneracyjne. Zatem można stwierdzić, że na docelowym rynku energetycznym wodor będzie pełnił funkcję paliwa do produkcji zarówno energii elektrycznej jak i ciepła. Wymogi w zakresie stopniowego zastępowania gazu ziemnego innymi paliwami alternatywnymi, w tym wodorem są wskazane w wybranych regulacjach unijnych m.in. w dyrektywie w sprawie odnawialnych źródeł energii, Taksonomii UE oraz wytycznych w sprawie pomocy publicznej CEEAG. Dzięki stopniowemu zastosowaniu wodoru w jednostkach produkcji energii i ciepła, producenci będą w stanie spełniać co raz bardziej restrykcyjne wymagania dotyczące emisji CO₂ do atmosfery w przeliczeniu na kWh.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Kluczowe zastosowania wodoru w energetyce: produkcja ciepła, produkcja energii elektrycznej, zastępowanie gazu ziemnego, długoterminowa stabilizacja OZE (sezonowo).
- Szanse dla Wielkopolskich MŚP: zastosowanie wodoru w ciepłownictwie, zastępowanie gazu ziemnego w procesach przemysłowych.
- W zakresie małych instalacji „przysięgowych” istotne może być projektowanie, również z gotowych komponentów, układów do lokalnej produkcji wodoru z OZE w małej skali, jego magazynowanie oraz wykorzystanie na potrzeby produkcji energii i ciepła.

d) Pozostałe sektory

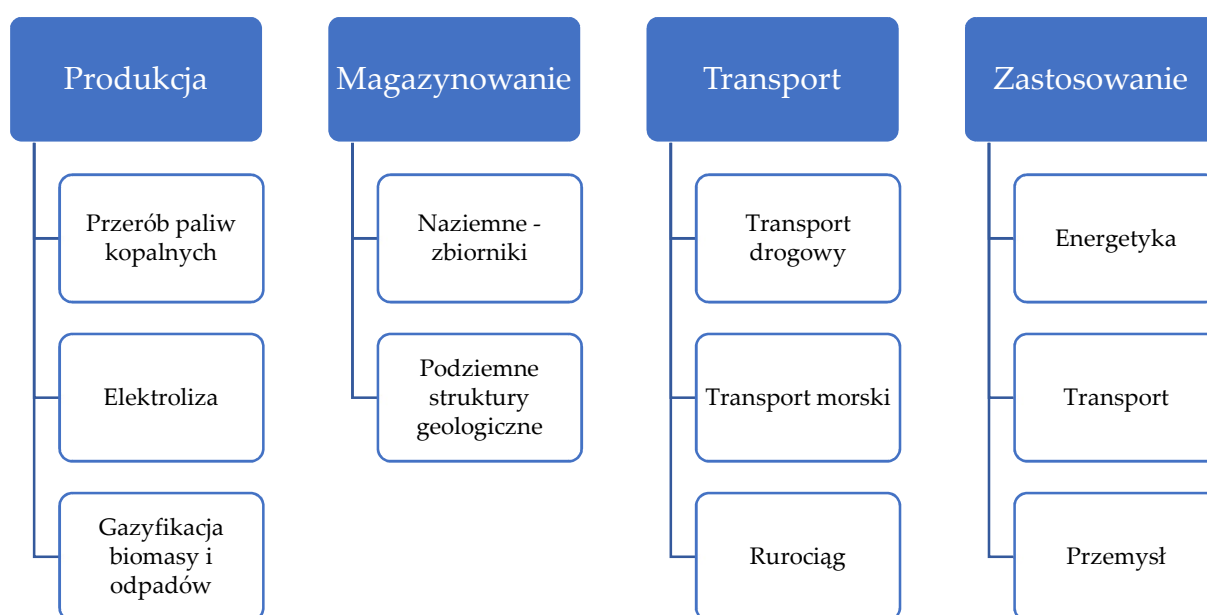
Wśród pozostałych sektorów gospodarki, które w sposób istotny zwiększą popyt na wodor lub skalę jego zastosowania są także sektor spożywczy, gdzie wodor pełni funkcję utwardzania tłuszczu, a także sektor medyczny, gdzie wodor jest używany jako substrat produkcji wybranych leków. Należy wskazać, że wodor występuje, a także możliwe zwiększy swój udział także

w innych sektorach jednak nie mają one wyraźnego przełożenia na całkowity wolumen popytu, a także nie kreują widocznych efektów synergii m.in. medycyna, przemysł kosmetyczny.

4) Łańcuch wartości gospodarki wodorowej – znajdź swoje miejsce

Modelowy łańcuch wartości wodoru składa się z czterech ogniw: produkcja, magazynowanie, transport i zastosowanie. W niniejszym rozdziale omówione zostaną trzy pierwsze ogniw, z pominięciem etapu zastosowania, który został opisany w poprzednim rozdziale.

Rys. Uproszczony łańcuch wartości wodoru



Źródło: Transformacja energetyczna i klimatyczna wybrane dylematy i rekomendacje, Michał Kurtyka, Nowak Alojzy Z., Grzegorz Tchorek, 2022; opracowanie własne

Warto zauważyć, że docelowy łańcuch wartości gospodarki wodorowej może obejmować zróżnicowane technologie produkcji, magazynowania, transportu, dystrybucji oraz zastosowania, a ich ukształtowanie oraz długość będą zależeć od konkretnego sektora. 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 wzajemnego oddziaływania. Długość łańcucha wartości także może być zróżnicowana w zależności od sektora. W przypadku modeli produkcji i zastosowania wodoru w jednym miejscu, na własne potrzeby (tzw. on-site) łańcuch wartości może być stosunkowo krótszy z pominięciem lub znacznym skróceniem etapu magazynowania i transportu. W przypadku bardziej rozbudowanych rynków np. transportu, miejsca produkcji wodoru mogą być znacznie oddalone od rynków zbytu przez co łańcuch wartości może być znacząco dłuższy obejmując rozbudowaną fazę magazynowania i transportu.

Główne produkty gospodarki wodorowej, w których produkcje mogą włączyć się wielkopolskie MŚP (w zakresie podzespołów lub części):

- **Elektrolizery** – urządzenia do produkcji wodoru z wody przy wykorzystaniu energii elektrycznej i wody.
- **Ogniwa paliwowe** – urządzenia do produkcji energii elektrycznej z wodoru. Zarówno elektrolizery jak i ogniwa wymagają specjalistycznej wiedzy, aparatury badawczej i laboratoryjnej oraz dostępu do komponentów.
- **Kompresory i sprężarki** – urządzenia zapewniające wodór pod wysokim ciśnieniem.
- **Urządzenia pomiarowe** – opomiarowanie, monitorowanie i bezpieczeństwo wodoru w sieciach w różnych urządzeniach wykorzystujących wodór.
- **Rurociągi** – budowa nowych rurociągów lub dostosowanie obecnych rurociągów gazu ziemnego do przesyłu wodoru m.in. w zakresie zaworów, osłon wewnętrznych, serwisowania
- **Zbiorniki ciśnieniowe i kriogeniczne** – zbiorniki technicznie zbliżone do tych stosowanych w sektorach LPG, LNG, CNG, jednak pracujące w jeszcze bardziej skrajnych warunkach atmosferycznych w przypadku wodoru – wyższe ciśnienia lub niższe temperatury.
- **Kotły wodorowe i urządzenia kogeneracyjne** – nowoczesne urządzenia do produkcji energii elektrycznej i/lub ciepła z wykorzystaniem mieszanki gazowo-wodorowej lub samego wodoru.
- **Zawory ciśnieniowe** – wzmocnione zawory w stosunku do tych stosowanych w sektorze gazu ziemnego.
- **Stacje tankowania** – dedykowane stacji tankowania dla wodoru zapewniające bezpieczne proces uzupełniania paliwa w formie sprężonej lub skroplonej, technologicznie można wskazać duże podobieństwa do stacji tankowania LNG, CNG, LPG, jednak w przypadku wodoru warunki tankowania są bardziej wymagające ciśnieniowo lub temperaturowo.
- **Systemy teleinformatyczne** – służące do inteligentnego zarządzania infrastrukturą wodorową np. w synergii pracy z OZE

Wiodące podmioty globalne w zakresie produktów gospodarki wodorowej: ITM Power, McPhy, Linde, Air Liquide, Siemens, General Electric, Mitsubishi-Hitachi, Plug Power,

Podmioty polskie rozwijające ofertę produktów gospodarki wodorowej: Instytut Energetyki, Hydrogen First, Eko-Energetyka

Potencjalna ścieżka decyzyjna w zakresie projektu wodorowego w wybranym miejscu wodorowego łańcucha wartości:

1. **Analiza obecnej działalności przedsiębiorstwa wraz z wyznaczeniem możliwego kierunku rozwoju w zakresie gospodarki wodorowej.**

Działanie to, obok pogłębionych badań rynku i ekosystemu dostawców komponentów wymaga zdefiniowania tzw. luki technologicznej, czyli braków w zakresie kompetencji i aktywów technicznych, które mogą być potrzebne w zakresie wejścia w wodorowy łańcuch wartości.

Przykład A: firma produkująca zbiorniki ciśnieniowe do LPG, CNG, LNG będzie miała stosunkowo zbliżony model biznesowy do produkcji np. zbiorników ciśnieniowych na wodór i będzie naturalnie do tej działalności predysponowana ze względu na: doświadczenie, kadre, aktywa produkcyjne, dostęp do dostawców i komponentów, kanały sprzedaży.

Przykład B: firma świadcząca usługi inżynieryjne na rynku gazowniczym np. projektowania lub budowy rurociągów gazowych będzie miała stosunkowo zbliżony model biznesowy do świadczenia usług w zakresie projektowania lub budowy rurociągów wodorowych lub modernizacji obecnej infrastruktury gazowniczej ze względu na: doświadczenie, kadre, systemy inżynieryjne, dostęp do dostawców i komponentów, kanały sprzedaży.

Przykład C: firma świadcząca usługi w zakresie transportu gazów technicznych takich jak: azot, tlen, hel, będą miały stosunkowo zbliżony model biznesowy do świadczenia usług w zakresie transportu wodoru (w postaci sprężonej lub skroplonej) i będą naturalnie predysponowane do tej działalności ze względu na: doświadczenie, kadre, infrastrukturę operacyjną i transportową, kanały sprzedaży.

Wobec powyższych przykładów, rekomendowane jest aby wielkopolskie MŚP dokonały podobnej analizy, znajdując „najbliższe” im modele biznesowe w łańcuchu wartości gospodarki wodorowej.

2. Analiza zdolności finansowych i możliwości zabezpieczenia długoterminowego budżetu na nową działalność (rozwojową, B+R, innowacyjną)

Firma planująca budowę nowej gałęzi biznesowej związanej z wodorem powinna przed podjęciem jakichkolwiek kroków inwestycyjnych sprawdzić swoją bieżącą płynność finansową, a także dokonać prognozy zysków i strat na pierwsze minimum 3-4 lata, gdy rozwijana będzie nowa gałąź biznesu wodorowego. Posiadanie zabezpieczonego kapitału, o wartości chociaż kilkunastu procent wartości planowanej inwestycji pozwoli na częściowe obniżenia ryzyka, a także może być niezbędne dla pozyskania preferencyjnego kredytu lub dofinansowania.

Rozwój nowej gałęzi biznesowej opartej na wodorze będzie wymagać dokonania biznesplanu lub dedykowanego studium wykonalności dla planowanych inwestycji. Pozwoli to na określenie dokładnej charakterystyki projektu, jego kosztów, potencjalnych zysków, a także szans i ryzyk. **Należy zaznaczyć, iż wiele przykładów zza granicy wskazuje, że pilotażowe projekty wodorowe są często realizowane w formie konsorcjów firm, gdzie dany projekt wodorowy jest finansowany zarówno przez stronę popytową (rynek zbytu) jak i podażową (produkcja).** Rozwiązanie to wydaje się o tyle istotne, gdyż na wstępie rozwijającym się rynku wodoru trudno samodzielnie znaleźć odbiorcę wodoru i duża część projektów upada przed rozpoczęciem prac ze względu na brak rynku zbytu (brak przychodów). Dlatego też wysoce rekomendowanym jest aby w ramach studium wykonalności i dalszej realizacji projektu połączyć firmy produkcyjne i odbiorcze w jedno konsorcjum projektowe np. w ramach doliny wodorowej, gdzie producent wodoru z OZE sprzedaje go bezpośrednio do odbiorcy w postaci przewoźnika autobusowego. Wodorowy biznesplan powinien także zawierać analizę zgodności regulacyjnej, gdyż spełnienie wymogów prawnych np. w zakresie definicji wodoru, jego śladu węglowego czy sposobu wykorzystania będzie kluczowe dla dalszej możliwości pozyskania finansowania krajowego lub unijnego. Finalnie, dokładnie sporządzone studium wykonalności dla inwestycji wodorowej powinno być podstawą do składania wniosku o finansowanie dłużne lub bezzwrotne.

3. Wykorzystanie dostępnych środków finansowania dłużnego lub bezzwrotnego

Dla pokrycia ewentualnej luki finansowej projektów wodorowych lub wsparcia w zakresie nakładów inwestycyjnych (CAPEX) lub operacyjnych (OPEX) niezbędnym może być wykorzystanie finansowania preferencyjnego lub bezzwrotnego z funduszy krajowych lub unijnych. Korzystnym rozwiązaniem może być także skorzystanie z finansowania banków komercyjnych, które co raz częściej oferują zrównoważone kredyty na inwestycje zgodnie z polityką klimatyczną UE, które oprócz wskaźników finansowych są oceniane także pod względem wartości środowiskowych (tzw. sustainability link loans – SLL). Maksymalizacja pokrycia nakładów inwestycyjnych i operacyjnych może nastąpić poprzez wykorzystanie tzw. finansowania mieszane, gdzie na daną inwestycję pozyskiwane jest zarówno finansowanie bezzwrotne jak i preferencyjne kredyty, minimalizując jednocześnie wkład własny inwestora.

4. Realizacja inwestycji

Należy zauważyć, że realizacji inwestycji energetycznych jest związana ze stosunkowo złożonym procesem administracyjnym i pozwoleń m.in. w zakresie uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, przyłączenia do sieci, pozwolenia na budowę czy zatwierdzenia lokalnego plan zagospodarowania przestrzennego. Część inwestycji np. związanych z OZE wiatrowym łączy się także z procesem konsultacji społecznych. Powyższe działania należy uwzględnić w harmonogramie projektowym, a także odpowiednio wcześniej zaplanować. Nie należy obawiać się tej ścieżki administracyjnej, lecz mieć ją na uwadze, gdyż jest niezbędna dla legalnej realizacji inwestycji.

5. Raportowanie i monitorowanie inwestycji

W przypadku realizacji inwestycji wodorowej, która została sfinansowana częściowo za pomocą finansowania bezzwrotnego lub dłużnego niezbędnym jest prowadzenie cyklicznego monitoringu i raportowania wyników oraz parametrów pracy instalacji do podmiotu finansującego. Proces ten pozwala na kontrolowanie rentowności projektu i wypełniania warunków przedstawionych we wniosku, a także umowie o finansowanie/kredyt.

Podmioty, do których można zgłosić swój pomysł na projekt wodorowy:

- Sieć badawcza Łukasiewicz

<https://lukasiewicz.gov.pl/biznes/>

- Wielkopolska Platforma Wodorowa

<http://iw.org.pl/projektywodorowe/>

- Polski Fundusz Rozwoju <https://pfr.pl/oferta.html?clientType=MSP&need=Doradztwo-i-szkolenia>

- Agencja Rozwoju Przemysłu

<https://arp.pl/pl/jak-dzialamy/innowacje/grant-na-innowacje/>

- Parki technologiczne (np. Poznański Park Naukowo – Technologiczny)

<https://ppnt.poznan.pl/oferta/>

- Fundusze akceleryjne dużych spółek kapitałowych (ORLEN VC, PGNiG Ventures))

<https://innowacje.orlen.pl/PL/Akcelerator/OrlenVC.aspx>

<https://ventures.pgnig.pl/>

<https://pgeventures.pl/Strona-glowna>

W dalszej części poradnika znajduje się ogólny opis poszczególnych ogniw globalnego łańcucha gospodarki wodorowej. Zapoznanie się z charakterystyką poszczególnych ogniw łańcucha wartości może pomóc w określeniu przyszłej pozycji firmy na rynku wodorowym.

a) Produkcja

Spśród obecnie występujących metod produkcji wodoru najczęściej wykorzystywane są te bazujące na przerobie dwóch paliw kopalnych jakimi są gaz ziemny oraz węgiel. W 2020 r. globalny popyt na wodór wyniósł około 90 Mt, z czego ponad 90% zostało wyprodukowane z użyciem gazu ziemnego oraz węgla, a pozostała część wodoru została większościąwo przechwycona jako odpad z procesów przemysłowych. Niewiele ponad 2% wyprodukowanego wodoru pochodziło z elektrolizy. Należy zaznaczyć, że globalne metody produkcji tzw. szarego wodoru do zastosowania w różnych sektorach przemysłu są w pełni opanowane komercyjnie i charakteryzują się możliwością pełnej skalowalności. 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. Z racji dążenia UE do neutralności klimatycznej metody produkcji wodoru prawdopodobnie ulegną znacznej zmianie, z docelową dominacją elektrolizy z OZE, a także w modelu przejściowym wodoru z gazu ziemnego z CCS. Koszt produkcji wodoru różni się w zależności od wybranej metody produkcji. Warto wskazać, że głównym czynnikiem wpływającym na koszt produkcji wodoru jest cena zakupu surowca do reakcji. Może ona stanowić 60-70% finalnego kosztu produkcji wodoru i dotyczy to zarówno wodoru odnawialnego, niskoemisyjnego jak i wysokoemisyjnego.

Zasadnicza zmiana w zakresie metod produkcji wodoru w perspektywie długoterminowej jest ważnym sygnałem dla wielkopolskich MŚP, które chcąc włączyć się w łańcuch dostaw wodoru powinny rozważać tylko te metody produkcji, które są zgodne z polityką klimatyczną UE – czyli produkcję wodoru odnawialnego lub niskoemisyjnego.

Produkcja wodoru z elektrolizy, prowadząca to powstania wodoru odnawialnego, jest wskazywana jako kluczowa metoda produkcji wodoru w polityce klimatycznej UE. Polega ona na wykorzystaniu zielonej energii elektrycznej z OZE oraz wody do reakcji elektrolizy, której produktami jest wodór oraz tlen. Technologia ta z roku na rok staje się co raz bardziej konkurencyjna kosztowo w stosunku do wodoru z paliw kopalnych i w wybranych regionach UE jej koszt może wynosić około 3-9 EUR za 1 kilogram wodoru, z założeniem, że dolna część przedziału dotyczy najefektywniej pracujących źródeł OZE w danym regionie, a górna część przedziału dotyczy przeciętnie pracujących źródeł OZE w danym regionie. Dlatego też kluczowym jest wybór, najtaniej pracującego źródła OZE w regionie – w przypadku Polski będą to lądowe farmy wiatrowe.

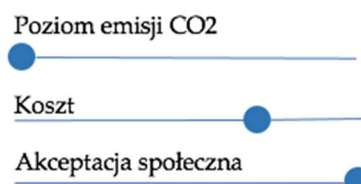
Wodór niskoemisyjny, produkowany z wykorzystaniem gazu ziemnego z CCS charakteryzuje się kosztem na poziomie 2-6 EUR za 1 kilogram z założeniem, że górna część przedziału wynika z wysokich cen gazu ziemnego, a dolna część przedziału zakłada ustabilizowany rynek surowcowy i produkcję w kraju o dużej ilości złóż gazu ziemnego.

W przypadku wodoru produkowanego z paliw kopalnych bez wyłapywania dwutlenku węgla, koszt produkcji może wynieść 1-4 EUR za 1 kilogram, a przedział kosztowy będzie zależny głównie od cen surowca, tak jak w przypadku wodoru niskoemisyjnego.

W przypadku wodoru z paliw kopalnych i wodoru niskoemisyjnego niekorzystnymi czynnikami kosztowymi są rosnące ceny gazu ziemnego, a także presja dekarbonizacyjna wynikająca z systemu EU ETS. Niewiadomym pozostaje także status rozwoju technologii CCS, która w regionie UE pozostaje na stosunkowo niższym poziomie rozwoju niż w innych częściach świata. Poniższe grafiki wskazują różne metody produkcji wodoru, z uwzględnieniem czynników różnicujących jak: poziom emisji, akceptacja społeczna, rodzaj paliwa a także koszt produkcji.

1. Elektroliza z OZE (wodór odnawialny)

- Surowiec: Energia elektryczna
- Rodzaje elektrolizerów: ALK, PEM, SOEC
- Koszt: 4-9 EUR/kg



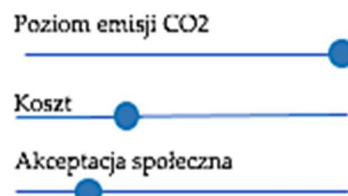
2. Reforming parowy z CCS (wodór niskoemisyjny)

- Surowiec: Gaz ziemny
- Proces: reforming + CCS
- Koszt: 2-6 EUR/kg



3. Przerób paliw kopalnych bez CCS (wodór z paliw kopalnych)

- Surowiec: Gaz ziemny, węgiel, ropa naftowa
- Proces: reforming, gazyfikacji, separacja
- Koszt: 1-4 EUR/kg



4. Metody alternatywne

- Surowiec: biomasa, biometan
- Proces: reforming, fermentacja
- Koszt: trudny do określenia

Poziom emisji CO₂



Koszt



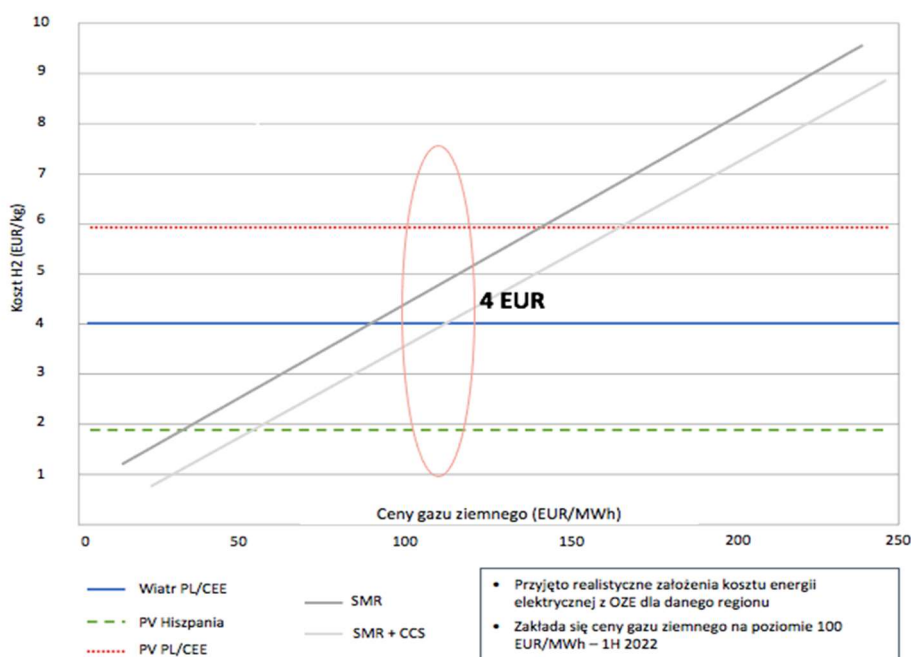
Akceptacja społeczna



Źródło: opracowanie własne

Należy zaznaczyć, że w przypadku **metod produkcji wodoru i ich kosztów** **kluczowym czynnikiem jest obserwacja cen surowców na światowym rynku**. Obecnie (połowa 2022 r.) możemy zaobserwować historycznie wysokie ceny gazu ziemnego, które przekraczają 100 EUR / MWh, co przekłada się bezpośrednio na wzrost kosztu produkcji wodoru niskoemisyjnego, w konsekwencji zbliżając się do kosztu produkcji wodoru odnawialnego. Jest to o tyle istotne, gdyż jeszcze 2-3 lata temu, gdy dyskutowano o rozwoju rynku wodoru, wskazywano, że wodór odnawialny jest znacznie droższy od tego produkowanego z paliw kopalnych i długo się to nie zmieni. Obecna sytuacja pokazuje, że w wybranych przypadkach wodór odnawialny może być produkowany w zbliżonych kosztach co wodór niskoemisyjny.

Rys. Porównanie kosztów produkcji wodoru odnawialnego i niskoemisyjnego, w zależności od cen gazu ziemnego i cen energii elektrycznej z OZE (różne regiony)



Źródło: opracowanie własne na podstawie Hydrogen Europe

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Oplącalna produkcja wodoru odnawialnego wymaga: doboru najefektywniej pracującego źródła OZE w regionie, a także maksymalizacji pracy elektrolizera w ciągu roku.
- Praca elektrolizera wyłącznie na nadwyżkach z OZE wpłynie negatywnie na finalny koszt produkcji wodoru odnawialnego
- Produkcja wodoru niskoemisyjnego będzie przejściowo akceptowana jednak kluczową kwestią ekonomiczną są fluktuacje hurtowych cen gazu ziemnego – im droższy gaz tym droższy wodór niskoemisyjny

b) Magazynowanie

Kolejnym etapem łańcucha wartości wodoru jest jego magazynowanie. Realizacja tego etapu wynika z potrzeby zmniejszenia objętości wodoru, która w warunkach pokojowych utrudnia lub w praktyce uniemożliwia jego dalsze zastosowanie. 1 kilogram wodoru przechowywany w temperaturze 20 stopni Celsjusza oraz w standardowym ciśnieniu atmosferycznym zajmuje powierzchnię około 11 m³. Przy jednoczesnym założeniu, że 1 kilogram wodoru wystarcza średnio na przejechanie około 150 km pojazdem osobowym, jedynym nasuwającym się wnioskiem jest konieczność zmiany stanu skupienia wodoru dla jego dalszego używania. **Spośród występujących metod magazynowania wodoru można wskazać sprężanie, skraplanie oraz organiczne wiązanie wodoru w np. amoniak, metanol czy LOHC.** Przy zastosowaniu powyższych metod magazynowania wodoru, może być on następnie przechowywany na dwa sposoby: z użyciem zbiorników naziemnych lub w podziemnych warstwach geologicznych.

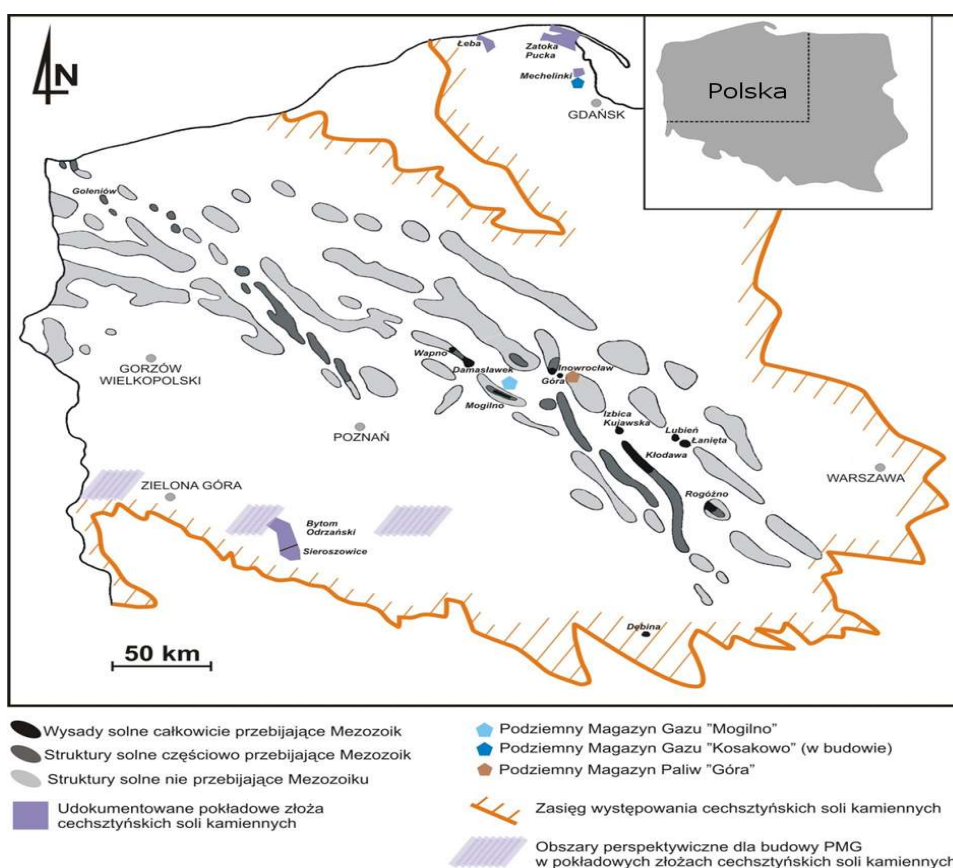
W przypadku wykorzystania metody jaką jest sprężanie, **wodór jest poddawany oddziaływaniu wysokiego ciśnienia 200 – 1000 bar** i następnie zazwyczaj przechowywany w stalowych lub kompozytowych zbiornikach ciśnieniowych. W przypadku podziemnego magazynowania wodoru w warstwach geologicznych także następuje sprężenie wodoru jednak do mniejszych wartości nieprzekraczających ciśnienia 200 bar. W przypadku wykorzystania metody jaką jest skraplanie, wodór jest poddawany niskiej temperaturze i aby osiągnąć wrzenie (inaczej punkt skroplenia) **temperatura musi spaść do poziomu – 253 stopni Celsjusza.** Ciśnienie pozostaje niezmienną. Metoda ta mimo iż znacząco zmniejsza objętość wodoru jest także wysoce energochłonna, pobierając dużą część energii zgromadzonej w wodorze. Wodór poddany takiej temperaturze jest następnie przechowywany w wysoce szczelny i wielowarstwowych zbiornikach kriogenicznych, które często posiadają warstwę próżni i są stosunkowo zbliżone do tych stosowanych przy transporcie LNG, jednak znacznie bardziej zaawansowane technicznie.

W momencie, gdy wodór zostanie poddany obróbce ciśnieniowej lub temperaturowej należy przechowywać go w odpowiednich zbiornikach lub przestrzeniach, tak jak zostało to skrótowo opisane powyżej.

W przypadku podziemnego magazynowania wodoru wykorzystywane są podobne struktury geologiczne jak w przypadku magazynowania gazu ziemnego. Spośród możliwych do wyboru są: warstwy wodonośne, wyeksploatowane złoża gazu ziemnego i ropy, kawerny solne. Duża

pojemność podziemnych magazynów geologicznych może pozwolić na przechowywanie dużych wolumenów wodoru przez stosunkowo długi czas w trybie wielosezonowym. Spośród powszechnie wykorzystywanych lub eksploatowanych podziemnych struktur geologicznych, które mogą służyć także do magazynowania wodoru najbardziej obiecujące są **kawerny solne**. Ich zaletą jest **potencjalnie bardzo duża moc zatłaczania i odbioru, możliwość dokonywania wielu cykli napełniania i odbioru w ciągu roku, niskie ryzyko nieuszczelności magazynu** (ważne w przypadku wodoru) i możliwość magazynowania w przekroju wielu cykli. Należy zauważyć, że kawerny solne występuje licznie na obszarze województwa Wielkopolskiego, co stwarza potencjalną szansę na realizację lokalnej produkcji i magazynowania wodoru w formie klastra wodorowego.

Rys. Mapa występowania wysadów solnych (kawern solnych) w Polsce.

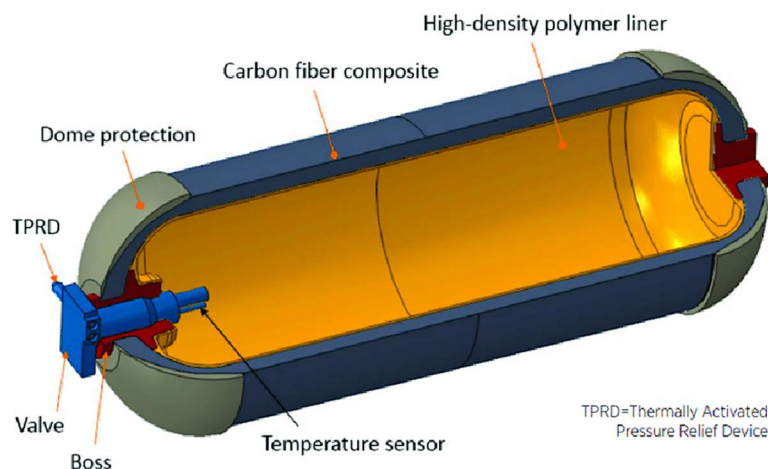


Źródło: <https://ipi.gasstoragepoland.pl/pl/menu/wiedza>

W przypadku zastosowania wodoru w mniejszej skali często wybieranym sposobem przechowywania wodoru jest użycie zbiornika ciśnieniowego lub kriogenicznego. Zbiorniki ciśnieniowe są w znaczącej 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, wytrzymują ciśnienia 200 – 1000 bar w zależności od typu. Są powszechnie stosowane w transporcie. Zbiorniki kriogeniczne do przechowywania wodoru skroplonego są konstruowane w taki sposób by zapewnić jak najmniejszą stratę na odparowywaniu wodoru. W przypadku sprężania wodoru nacisk jest kładziony na materiały o wysokiej wytrzymałości ciśnieniowej, a w przypadku skraplania

głównym punktem uwagi inżynierów jest zapewnienie jak najlepszej izolacji oraz kształtu zbiornika dla redukcji efektu odparowania tzw. boil-off.

Rys. Przykładowy schemat konstrukcyjny zbiornika wodorowego - Typ 4 (700 bar)



Źródło: Process Modeling Group, Nuclear Engineering Division. Argonne National Lab (ANL).
Reprinted from Ref.; Copyright DOE 2017

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Wielkopolskie MŚP posiadające doświadczenie w takich podsektorach jak: kriogenika, gazy techniczne, materiałoznawstwo mają stosunkowo najbardziej zbliżone modele biznesowe do rozpoczęcia działalności także w zakresie świadczenia usług magazynowania wodoru i powinny rozważyć taką opcję działalności
- Przy realizacji projektów w zakresie wspólnych klastrów wodorowych, wielkopolskie MŚP powinny przeanalizować możliwość magazynowania wodoru w podziemnych zbiornikach jak kawerny solne, które znajdują się w województwie wielkopolskim, co zapewni lokalne bezpieczeństwo energetyczne dla klastra

c) Transport

Właściwości fizyczne wodoru takie jak bardzo duża przenikalność przez materiały oraz niska gęstość powodują, że jego transport może być drogi, w szczególności na duże dystanse. Niemniej dostępnych jest wiele możliwych opcji, aby pokonać te wyzwania, w tym wskazane wcześniej sprężanie, skraplanie lub łączenie wodoru z innymi związkami. W wielu krajach istnieje także szeroko rozwinięta sieć gazociągów, które mogłyby zostać wykorzystane do transportu i dystrybucji wodoru (wymagałoby to jednak zmian w infrastrukturze i jej dostosowania technicznego). Możliwa jest także budowa dedykowanej sieci rurociągów dla wodoru oraz rozwój dalekosiężnego morskiego transportu wodoru w postaci płynnej, gdzie występuje stosunkowo duże podobieństwo do rynku LNG i jego łańcucha wartości.

Wybór metody transportu wodoru zasadniczo jest zależny od kilku zmiennych, które determinują jego opłacalność. Wśród kluczowych zmiennych należy wskazać m.in. wolumen produkowanego wodoru, dystans transportu, utrata energii pierwotnej wodoru, a także okres gotowości do wdrożenia. Na podstawie analizy powyższych zmiennych można wskazać przykładowe metody transportu wodoru w zależności od sytuacji rynkowej.

Przyjmuje się, że we wczesnych fazach rozwoju rynku wodorowego, gdy regiony produkcji i zbytu będą zlokalizowane w stosunkowo bliskiej odległości, a wolumeny wodoru w obrocie nie będą duże, dominować będzie transport kołowy, z wykorzystaniem wodoru sprężonego. Metoda ta jest w pełni opanowana technologicznie i nie wymaga dodatkowego skalowania, a w porównaniu do innych metod transportu wodoru generuje najniższe nakłady CAPEX.

W dalszej fazie rozwoju rynku, gdy wolumeny produkowanego wodoru będą się zwiększać, a rynek stawać bardziej złożony i rozproszony, częściej wykorzystywany może być transport kołowy wodoru w postaci skroplonej. Metoda ta mimo, iż stosunkowo droższa od transportu wodoru sprężonego, charakteryzuje się możliwością przewozu większych wolumenów paliwa w tej samej objętości, co także preferuje większe dystanse transportu. Wadą tej metody jest opisywany już proces odparowywania wodoru skroplonego tzw. boil-off, w trakcie jego transportu, co przekłada się na spadek zawartości energetycznej paliwa.

Równolegle rozwijaną metodą transportu na rynku wodoru będzie ta wykorzystująca rurociągi. Należy wskazać, że zastosowanie rurociągów do transportu wodoru może występować już we wstępnych fazach rozwoju rynku, jednak by metoda ta była opłacalna wymagane będą duże wolumeny wodoru, które trudno byłoby efektywnie transportować drogą kołową. W konsekwencji wydaje się, że zastosowanie rurociągów do transportu wodoru będzie występować już w przypadku pierwszych dużych projektów przemysłowych, które naturalnie generują duży popyt (duże wolumeny wodoru), a także gdy rynek wodoru będzie wysoce dojrzały, co oznacza dużą liczbę producentów i odbiorców, a także ich znaczne rozproszenie. Innymi słowy transport rurociągami będzie kluczowy dla zapewnienia płynności wymiany handlowej wodoru i jego przesyłu w obrębie całego regionu lub kraju, gdzie metody bazujące na transporcie kołowym będą zbyt mało efektywne. Ponadto należy dodać, że w zależności od kraju i regionu, transport wodoru będzie odbywać się dostosowanymi rurociągami gazowymi (w postaci zmieszanej z gazem ziemnym) lub w dedykowanych rurociągach, które będą od początku budowane tylko i wyłącznie do transportu wodoru (bez mieszania z innymi gazami).

Kolejną ważną metodą transportu wodoru będzie wykorzystanie połączeń morskich. Transport morski wodoru która występować w przypadku międzynarodowo rozwiniętego rynku wodoru, gdy transakcje handlowe będą występować w co raz większej ilości w formule transgranicznej. Należy zaznaczyć, że transport morski wodoru będzie zbliżoną technologią do obecnego transportu LNG, gdzie gaz ziemny w postaci skroplonej jest często przewożony pomiędzy różnymi kontynentami. Dla rozwoju transportu morskiego wodoru kluczowym będzie także wybudowanie odpowiedniej infrastruktury odbiorczej jak morskie terminale wodorowe. Zakłada się, że w transgranicznym transporcie wodoru najczęściej wykorzystywany będzie wodór skroplony jednak istotny potencjał wykazują także inne sposoby transportu wodoru drogą morską np. w formie związanej w amoniaku lub LOHC. Zarówno amoniak jak i LOHC mogą być przewożone w warunkach zbliżonych do atmosferycznych przez co są to metody

o znacznie mniejszych stratach energii niż w przypadku wodoru skroplonego. W końcowej fazie dostawy amoniaku lub LOHC drogą morską, ze związków tych wydrebniany jest wodór.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Wielkopolskie MŚP posiadające doświadczenie w takich sektorach jak: spedycja paliw i gazów, transport chemikaliów, gazy techniczne powinny przeanalizować możliwość wejścia w nowe modele biznesowe związane z transportem wodoru
- Przy planowaniu realizacji wspólnych projektów klastrów wodorowych wielkopolskie MŚP powinna zapewnić jak najlepsze metody transportu wodoru biorąc pod uwagę zmienne przedstawione w niniejszym rozdziale

5) Finansowanie projektów wodorowych

Rozwój gospodarki wodorowej oprócz kreacji odpowiedniego otoczenia regulacyjnego i rozwoju technologicznego wzdłuż łańcucha wartości, będzie także wymagać **preferencyjnego finansowania dłużnego i bezzwrotnego**. Wykorzystanie dostępnego finansowania pomocowego będzie kluczowe dla pokrycia potencjalnej luki finansowej wybranych projektów wodorowych, a także wygenerowania efektów skali na rynku. Zarówno na poziomie unijnym jak i krajowym występują liczne programy finansowania dłużnego lub bezzwrotnego w zakresie inwestycji w nisko i zeroemisyjne technologie transformacji energetycznej, w tym zastosowania wodoru. Należy jednak zauważyć, że nie wszystkie programy finansowania będą optymalne dla finansowania technologii wodorowych, a kluczową kwestią w dążeniu do uzyskania możliwe maksymalnego wsparcia finansowego jest dokładnie spełnienie kryteriów kwalifikacji oraz wymogów danego programu. Dlatego też ważnym jest, aby w przypadku poszukiwania źródeł finansowania inwestycji wodorowych dokładnie analizować dostępne fundusze i w ramach wniosku dokładnie wypełniać wymagane informacje, co zwiększa szansę na uzyskanie atrakcyjnego finansowania. Błędy przy wypełnianiu wniosków o dofinansowania, a także nie spełnianie wymogów programowych jest jednym z najczęstszych błędów przy ubieganiu się o wsparcie finansowe, prowadząc w konsekwencji do całkowitego odrzucenia wniosku lub niskiego pokrycie kosztów projektu.

Poniższa lista wskazuje te fundusze unijne i krajowe, które potencjalnie są najbardziej optymalnymi dla pozyskania finansowania na projekty wodorowe.

a) Finansowanie krajowe – NFOŚiGW, FENiKS, KPO

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej jako kluczowy krajowy podmiot w zakresie finansowania transformacji energetycznej posiada w swojej ofercie różne produkty finansowe m.in. preferencyjne pożyczki jak i bezzwrotne granty dla realizacji projektów wodorowych.

Jednym z proponowanych źródeł wsparcia finansowego w ramach NFOŚiGW jest program „Nowa Energia”. Cel programu ma być realizowany w ramach sześciu obszarów strategicznych, z których jeden będzie dotyczył technologii wodorowych – „Produkcja, transport,

magazynowanie i wykorzystanie wodoru”. Program ten będzie realizowany cyklicznie do 2025 r. z całkowitym budżetem do wykorzystania na poziomie 600 mln złotych. Finansowanie projektów ramach programu będzie występować w formie pożyczki, która pokryje do 85% kosztów kwalifikowanych z możliwością uzyskania premii innowacyjnej w wysokości do 20% kapitału wypłaconej pożyczki, ale nie więcej niż 10 mln zł, pomniejszającej kwotę kapitału pożyczki do spłaty. Wśród beneficjentów programu mogą być wszyscy przedsiębiorcy spełniający ustawową definicję, w tym także spółki MŚP.

Kolejnym istotnym źródłem finansowania infrastruktury wodorowej realizowanym pod nadzorem NFOŚiGW jest program o nazwie – „Wsparcie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych i infrastruktury tankowania wodoru”. Program ten będzie realizowany do 2028 r. lub do wyczerpania środków. Na projekty w zakresie budowy lub przebudowy ogólnodostępnej stacji tankowania wodoru przeznaczone będzie 100 mln złotych, a poziom wsparcia finansowego będzie dotyczył do 50% kosztów kwalifikowanych. Wśród beneficjentów programu mogą być wszyscy przedsiębiorcy spełniający ustawową definicję, w tym także spółki MŚP.

Wśród innych źródeł finansowania technologii wodorowych należy także wskazać program „Energia Plus”. W ramach tego programu możliwe jest uzyskanie preferencyjnego finansowania dłużnego na projekty w zakresie „Nowych źródeł ciepła i energii elektrycznej”, gdzie wśród kwalifikowanych projektów znajdują się te zakładające budowę lub przebudowę jednostki wytwórczej przyłączonej do sieci przesyłowej lub dystrybucyjnej, które są zasilane niskoemisyjnymi paliwami gazowymi, w tym gazem syntetycznym lub wodorem. Finansowanie będzie udzielane cyklicznie do końca 2025 r. a zabezpieczona kwota wynosi 3,95 miliarda złotych. Na projekty w ramach omawianego programu można uzyskać preferencyjną pożyczkę, która pokryje do 85% kosztów kwalifikowanych z możliwością uzyskania premii innowacyjnej w wysokości do 20% kapitału wypłaconej pożyczki, ale nie więcej niż 10 mln zł, pomniejszającej kwotę kapitału pożyczki do spłaty. Wśród beneficjentów programu mogą być wszyscy przedsiębiorcy spełniający ustawową definicję, w tym także spółki MŚP.

Z perspektywy rozwoju transportu wodorowego ważnym źródłem finansowania z NFOŚiGW jest program „Zielony transport publiczny”, które przewiduje dofinansowanie w formie grantu bezzwrotnego w wysokości do 90 % kosztów kwalifikowanych, na nabycie/leasing autobusu wykorzystującego do napędu wyłącznie wodór wraz z kosztem szkolenia kierowców/mechaników z zakresu obsługi bezemisyjnych pojazdów. Obecnie trwa drugi nabór w ramach programu, które zakończenie planowane jest 31.12.2022. r. Trzeci nabór ma zostać rozpoczęty 02.01.2023 r. Całkowity budżet na realizację programu wynosi 1,1 miliarda złotych. Beneficjentami mogą być operatorzy lub organizatorzy publicznego transportu zbiorowego.

Należy zwrócić uwagę, że oprócz wyżej wymienionych programów, NFOŚiGW, będzie także państwowym dystrybutorem środków z dwóch dużych funduszy jakimi są Krajowy Plan Odbudowy (KPO) oraz program Funduszy Europejskich na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko (FENiKS). W ramach KPO kluczowym działaniem w zakresie finansowania technologii wodorowych będzie uruchomienie programu „B2.1.1. Rozwój technologii wodorowych i paliw alternatywnych”, który jest dedykowanym punktem KPO dla rozwoju wodoru wzdłuż całego łańcucha wartości, przewidywane wsparcie ma wynieść 797 mln euro. FENiKS także przewiduje szereg programów finansowania w zakresie transformacji energetycznej, także w zakresie rozwoju paliw nisko i zeroemisyjnych. FENiKS będzie w znaczącym stopniu redystrybuował środki przydzielone Polsce z Europejskiego Funduszu Spójności oraz Europejskiego Funduszu

Rozwoju Regionalnego. Należy oczekiwać na uruchomienie szczegółowych ścieżek finansowania przez NFOŚiGW w najbliższym czasie.

b) Finansowanie unijne – CEF, fundusze EU ETS, Horyzont,

Jednym z kluczowych funduszy unijnych, który będzie ukierunkowany na projekty związane z nowoczesną energetyką, w tym także z technologiami wodorowymi jest CEF – Connecting Europe Facility. Obecnie, fundusz ten funkcjonuje w drugiej turze, przewidzianej w nowej perspektywie finansowej UE do 2027 r. Zasadniczo CEF nie wspiera wyłącznie technologii wodorowych, jednak jest skierowany na rozwój tzw. sieci bazowych TEN-E i TEN-T, czyli odpowiednio sieci infrastruktury energetycznej i transportowej wzdłuż kluczowych korytarzy w UE. Należy wskazać, że zarówno w przypadku korytarzy TEN-E jak i TEN-T unijna polityka klimatyczne zakłada przejście na wykorzystanie paliw alternatywnych, czyli m.in. wodoru. Zatem finansowanie będzie szczególnie kierowane do projektów rozwijających infrastrukturę dla wodoru np. budowa stacji tankowania wodoru, budowa rurociągów wodorowych, zakup pojazdów napędzanych wodorem, budowa instalacji OZE do produkcji wodoru. Warto także zaznaczyć inne cechy charakterystyczne tego funduszu, których uwzględnienie we wniosku o finansowanie pozwala zwiększyć szanse na duże pokrycie kosztów kwalifikowanych. Wśród kluczowych celów CEF są m.in. międzynarodowy charakter projektów promujący projekty bilateralne pomiędzy minimum dwoma partnerami z różnych państw członkowskich, łączenie sektorów transportu, energetyki i cyfryzacji w ramach jednego projektu, a także poziomi innowacyjności. Wszystkie z powyżej wymienionych kryteriów oceny będą wpływać na poziom wsparcia dla projektu, który orientacyjnie może wynosić około 30-50% kosztów kwalifikowanych. Struktura dofinansowania może być mieszana, składając się z preferencyjnego kredytu z możliwością umorzenia spłaty oraz dotacji bezzwrotnej. Należy zakładać, że fundusz ten nie będzie w pełni optymalnym dla pozyskania finansowania przez jedną małą lub średnią spółkę, jednak ma duży potencjał w przypadku projektów konsorcjalnych, z międzynarodowym składem beneficjentów o regionalnym charakterze.

Kolejnym źródłem finansowania technologii wodorowych mogą być fundusze zależne od EU ETS, czyli Funduszu Modernizacyjny i Fundusz Innowacyjny. Na budżet obu funduszy wpływa aktualna cena uprawnień do emisji na rynku EU ETS. Fundusz Modernizacyjny, według założeń programowych będzie przeznaczony na projekty infrastrukturalne mające istotne znaczenie w kontekście dążenia do neutralności klimatycznej. Z jego środków wspierane będą inwestycje w zakresie m.in. OZE, rozbudowy sieci elektroenergetycznych, efektywności energetycznej oraz paliw alternatywnych. Orientacyjny budżet funduszu przeznaczony dla Polski może wynieść około 5-7 miliardów euro, a finalna kwota będzie zależeć od średnich cen uprawnień do emisji w perspektywie do 2030 r.. Wnioski z propozycjami projektów zgłaszane będą przez państwa członkowskie do końca listopada każdego roku kalendarzowego. Następnie, projekty będą podlegać ocenie przez pracowników EBI oraz przedstawicieli krajowych w ramach Komitetu Inwestycyjnego. Ubiegając się o dofinansowanie wymagane będzie wskazanie krajowego zasięgu inwestycji i jej wpływu na państwo, w którym jest realizowana. W przypadku Polski propozycje programów finansowania z Funduszu Modernizacyjnego będą zgłaszane przez NFOŚiGW i następnie także dystrybuowane przez NFOŚiGW. Należy oczekiwać, że w ramach Funduszu Modernizacyjnego, NFOŚiGW zabezpieczy środki na projekty w zakresie wodoru. Środki z Funduszu Modernizacyjnego są już dystrybuowane przez NFOŚiGW jednak nie w zakresie

projektów wodorowych, a m.in. na cele związane z budową infrastruktury elektroenergetycznej czy efektywności energetycznej.

Drugim źródłem finansowania pomocowego w ramach alokacji uprawnień do emisji EU ETS jest Fundusz Innowacyjny. Zgodnie ze swoją nazwą jest to fundusz, z którego środki są przeznaczone na dofinansowanie projektów o wysokim poziomie innowacyjności i przełomowości w danym regionie. Szczególnie wspierane są projekty we wczesnej fazie komercjalizacji lub takie, które generują lukę finansową. Wśród kwalifikowanych rodzajów projektów są m.in. te związane z technologiami wodorowymi, magazynowaniem energii, oraz OZE w ramach projektów typu Power to X. Największe wsparcie pomocowe jest udzielane inwestycjom łączącym wymienione technologie. Wśród projektów, które otrzymały finansowanie z Funduszu Innowacyjnego, dużą część stanowią projekty produkcji i zastosowania wodoru w przemyśle ciężkim i transporcie. Fundusz umożliwia finansowanie kosztów operacyjnych i zmiennych (OPEX), co jest szczególnie ważne w przypadku technologii wodorowych. Struktura finansowania polega na zwrocie do 60% kosztów dodatkowych wynikających z zastosowania innowacyjnej technologii. Przykładowo, jeżeli inwestor zdecyduje się na produkcję „zielonego” wodoru po koszcie 5 euro za 1 kilogram (LCOH), a referencyjny koszt wodoru na rynku wynosi 2 euro za 1 kilogram, to w ramach wsparcia z funduszu zwracane jest 60% z różnicy między kosztem u inwestora, a kosztem rynkowym. Wsparcie wypłacane jest w zróżnicowanych proporcjach, jednak modelowo, 40% dofinansowania zostaje przekazane inwestorowi po etapie finalnej decyzji inwestycyjnej, a przed etapem konstrukcyjnym i budowlanym, a reszta środków, czyli 60% w fazie operacyjnej projektu, jako odciążenie kosztów operacyjnych (OPEX). Fundusz Innowacyjny przeznaczony jest dla wszystkich przedsiębiorców prowadzących działalność gospodarczą w UE.

Wśród pozostałych funduszy unijnych, które mogą zostać wykorzystane do częściowego sfinansowania projektów wodorowych są m.in. program Horyzont Europa, którego celem jest wsparcia rozwoju działalności badawczo-rozwojowej UE, w tym umożliwienie rozwoju technologiom na wczesnym etapie komercjalizacji. Zasadniczo program Horyzont Europa ma podobne cele i kryteria wyboru co Fundusz Innowacyjny, niemniej nie jest kierowany tylko do projektów energetycznych. Szczególnie ważnym podmiotem, który jest odpowiedzialny za redystrybucję środków z programu Horyzont Europa na projekty wodorowe, w tym akwizycję inwestorów jest Clean Hydrogen Joint Undertaking/Clean Hydrogen Alliance. Jest to podmiot zależny Komisji Europejskiej, który wspiera w finansowaniu innowacyjnych projektów wodorowych w UE osiągając cele strategiczne założone w realizacji programu Horyzont. Należy wskazać, że w przypadku projektów, które przejdą procedurę wnioskowania o finansowanie, a także będą odznaczać się dużą przełomowością i stopniem innowacyjność, wysokość finansowania może wynosić nawet ponad 80% kosztów kwalifikowanych. Najczęściej w postaci bezzwrotne dofinansowania. W celu pozyskania wsparcia na konkretne projekty wodorowe rekomendowane jest bieżące monitorowanie strony internetowej Clean Hydrogen Joint Undertaking.

c) Banki rozwoju – EBI, EBRD, BGK, BOŚ

Pozyskanie finansowania na projekty wodorowe możliwe jest także w ramach działalności tzw. banków rozwoju, które nie są instytucjami w pełni komercyjnymi, gdyż ich oferta produktów finansowych zawiera preferencyjne pożyczki, które charakteryzują się niższym stopniem oprocentowania od standardowego finansowania dłużnego pozyskanego na rynku bankowym.

Zarówno EBI jak i EBRD są bankami zależnymi od polityki Unii Europejskiej, a także tymi, które finansują kluczowe projekty infrastrukturalne w ramach Europejskiego Zielonego Ładu. Zakłada się, że zarówno EBI jak i EBRD odegrają kluczową rolę w finansowaniu transformacji energetycznej, w tym rozwoju technologii wodorowych, pełniąc funkcję tzw. banków klimatycznych.

Na rynku polskim instytucjami, które obok NFOŚiGW, będą wspierały transformację energetyczną, w tym rozwój technologii wodorowych są m.in. takie banki jak BGK czy BOŚ Bank, które realizują politykę państwa, a nowoczesna energetyka jest ważnym filarem ich strategii finansowania (Strategia BGK 3W – Wodór, Węgiel, Woda). Należy zaznaczyć, że finansowaniem transformacji energetycznej będą zainteresowane także banki komercyjne, gdyż będzie spoczywać na nich **wymóg „zazieleniania” portfela kredytowego wynikający z przepisów znajdujących się w dyrektywach CSRD, SRFD czy Taksonomii UE**. Należy spodziewać się, że wraz z postępem czasu, także banki komercyjne będą oferowały preferencyjne produkty finansowe o niższym koszcie pozyskania długu, **na projekty o niskim lub zerowym śladzie węglowym m.in. technologie wodorowe**.

d) Finansowanie regionalne

Dobrym źródłem finansowania projektów w zakresie transformacji energetycznej, w tym technologii wodorowych mogą być także środki dystrybuowane w ramach projektowanych Funduszy Europejskich dla Wielkopolski na lata 2021 – 2027. Szczególnie ważnym obszarem finansowania może być punkt 2.1.10 Programu Funduszy o nazwie Sprawiedliwa Transformacji Wielkopolski Wschodniej. W ramach tego obszaru finansowania zakładane jest wsparcie finansowe projektów m.in. produkcji wodoru z OZE czy formowania klastrów energetycznych, ale także magazynowania energii, nowoczesnej mobilności, efektywności energetycznej czy nowych źródeł ciepła, gdzie wodór także może odegrać istotną rolę jako nośnik energii lub paliwo alternatywne. Łącznie nie wszystkie działania związane z transformacją Wielkopolski Wschodniej ma zostać przeznaczone ponad 373 mln euro z dedykowanego Funduszu Sprawiedliwej Transformacji. Inwestycje energetyczne, w tym wodorowe będą mogły być także wspierane w ramach redystrybucji środków z Europejskiego Funduszu Spójności oraz Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

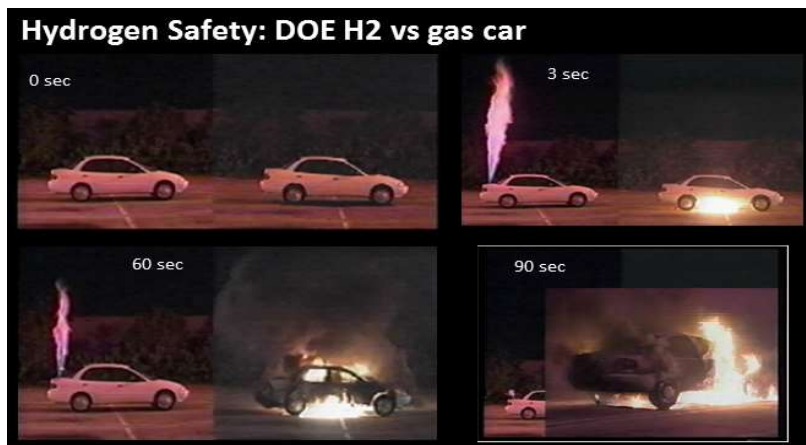
Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Rekomendowane jest, by wielkopolskie MŚP planujące realizację inwestycji wodorowych w pierwszej kolejności przeanalizowały możliwość skorzystania z programów finansowania realizowanych przez NFOŚiGW, a także w ramach redystrybucji środków z KPO oraz FENiKS, czy regionalnych programów operacyjnych
- W przypadku, gdy finansowanie krajowe nie będzie odpowiednie, a projekty bardziej złożone np. w formie innowacyjnego konsorcjum branżowego, dobrym rozwiązaniem może być pozyskanie finansowania unijnego m.in. z CEF lub Funduszu Innowacyjnego.
- Dzięki finansowaniu zewnętrznemu i pomocy publicznej, wielkopolskie MŚP mogą wypełnić lukę finansową projektów wodorowych i realizować je bez strat finansowych
- Pozyskanie finansowania krajowego lub unijnego stwarza dużą szansę dla wielkopolskich MŚP na realizację projektów wodorowych w różnych częściach łańcucha wartości

6) Bezpieczeństwo technologii wodorowych

Wodór charakteryzuje się niską masą jednostkową, gdzie metr sześcienny tego pierwiastka waży 90 mg co oznacza, że jest on około 11 razy lżejszy od powietrza. Powoduje to, że wodór jest **wysoce dyfuzyjny i potrafi częściowo przenikać nawet przez stalowe zbiorniki**, przez co jego magazynowanie wymaga również bardzo szczelnej izolacji oraz separacji od środowiska zewnętrznego. W przypadku kontaktu z powietrzem wodór jest łatwo palny i wybuchowy jednak jego spalanie odbywa się w bardziej kontrolowany sposób niż w przypadku innych gazów np. LPG. Wodór spala się w postaci **wąskiego płomienia**, który nie zajmuje istotnych objętości powietrza przez co jest stosunkowo łatwy do opanowania, a po całkowitym wypaleniu wodoru ustaje.

Rys. Proces wybuchu oraz spalania pojazdu wodorowego w porównaniu do tradycyjnego pojazdu spalinowego.



Źródło: <https://hydrogen.wsu.edu/2017/03/17/so-just-how-dangerous-is-hydrogen-fuel/>

Niemniej oprócz stosunkowo niegroźnego procesu spalania wodoru, pierwiastek ten ze względu na swoje właściwości fizykochemicznie musi być przechowywany i transportowany z użyciem wysokich ciśnień lub bardzo niskich temperatur co generuje potencjalnie kolejne zagrożenia. Zasadniczo jest to prawda, jednak na rynku wodorowym pojawiają się co raz nowsze standardy bezpieczeństwa certyfikowane przez międzynarodowe instytucje techniczne przez co nie należy traktować wodoru jako niebezpiecznego gazu. **Dobrym podejściem może być zachowanie ostrożności w przypadku przechowywania lub transportu wodoru z uwzględnieniem wszelkich rekomendowany standardów bezpieczeństwa. W takim przypadku wodór jest w pełni bezpiecznym pierwiastkiem, którego nie należy się obawiać.**

Jedną z wiodących, międzynarodowych instytucji wydających certyfikaty bezpieczeństwa jest ISO, która posiada także katalog dedykowanych standardów bezpieczeństwa dla technologii wodorowych wzdłuż całego łańcucha wartości. Bezpieczne stosowanie wodoru jako paliwa jest głównym celem ISO, ponieważ ma ono ułatwić szybkie pojawienie się technologii wodorowych na rynku w dużej skali. Szczegółowe wymagania bezpieczeństwa związane z konkretnymi zastosowaniami wodoru są przedmiotem całej kategorii ISO ISO/TC 197 w ramach, której systematycznie wprowadzane są kolejne standardy bezpieczeństwa dla wodoru w różnych zastosowaniach. Poniżej wybrane standardy bezpieczeństwa ISO dla zastosowania wodoru w różnych stanach skupienia i w zróżnicowanych aplikacjach komercyjnych:

- ISO 13984:1999 – wodór skroplony – stacje tankowania
- ISO 14687:2019 – jakość paliwa wodorowego
- ISO 19880-1:2020 – wodór sprężony – stacje tankowania (wymagania podstawowe)
- ISO/WD 19884 – wodór sprężony – magazynowanie stacjonarne w zbiornikach

Spełnienie powyższych standardów bezpieczeństwa dla wybranych urządzeń wodorowych zapewnia znikome ryzyko wystąpienia niekontrolowanej awarii, w tym wybuchu lub spalania wodoru. Certyfikacja bezpieczeństwa jest kluczowa w przypadku realizacji inwestycji wodorowych.

Lista dostępnych standardów bezpieczeństwa ISO dla wodoru znajduje się pod następującym adresem internetowym:

<https://www.iso.org/cms/%20render/live/en/sites/isoorg/contents/data/committee/05/45/54560/x/catalogue/>

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Przy realizacji inwestycji wodorowych wielkopolskie MŚP powinny wziąć pod uwagę obowiązujące standardy bezpieczeństwa dla różnego rodzaju infrastruktury wodorowej (m.in. standard ISO)
- Wodór nie jest niebezpiecznym paliwem, wymaga tylko określonej obsługi, a także sprawnej infrastruktury dla poprawnego zastosowania

7) Przegląd dostępnych prognoz zapotrzebowania na wodór w Polsce

Na polskim rynku brak jest różnorodnych, wielowariantowych i jednocześnie pogłębionych analiz i prognoz zużycia wodoru w poszczególnych segmentach rynku. Jedynie nieliczne z badań pozwalają na ich przytoczenie z uwagi na powszechny brak podbudowy metodycznej przywoływanych prognoz.

Wg raportu Zielony wodór z OZE w Polsce zapotrzebowanie na wodór przekroczy 100-120 TWh do 2040 r. w przybliżonej strukturze jak w poniższej tabeli.

Tab. Prognoza zapotrzebowania na wodór w różnych sektorach (w TWh)

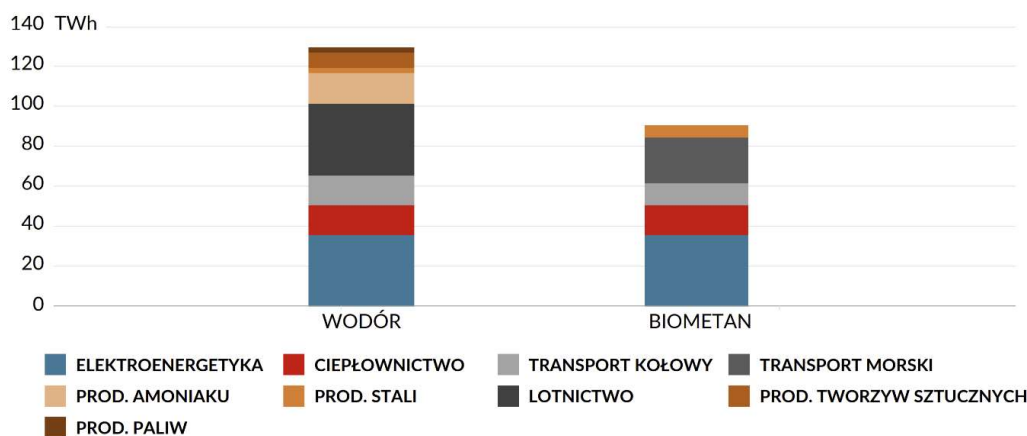
	2021	2030	2040	2050
Przemysł	33	33	30	28
Transport	0	2	23	33
Ciepłownictwo	0	2	12	15
Elektroenergetyka	0	3	24	36
Razem	33	40	89	112

Źródło: Zielony wodór z OZE w Polsce, DISE/PSEW, 2021

Jak wskazują prognozy, w 2030 r. dominujące zapotrzebowanie na wodór wciąż będzie tworzył przemysł (ponad 80%). W nieznacznym stopniu po ok 5-6 % zapotrzebowania na wodór będzie tworzyć transport, ciepłownictwo i elektroenergetyka. Wg zaprezentowanego spojrzenia w raporcie, istotnych zmian należy się spodziewać dopiero w roku 2040 kiedy rola trzech wspomnianych sektorów urośnie do odpowiednio ok 25, 13 i 27%.

Wg raportu Zielone gazy – biometan i wodór w Polsce, przygotowanego przez Forum Energii o znaczącej roli wodoru można mówić dopiero od ok 2050 r. Wówczas ok 40 % zapotrzebowania na wodór będzie tworzyć elektroenergetyka, kolejne ok 40% to transport kołowy i morski, a ciepłownictwo i produkcja amoniaku po ok 8%.

Rys. Zużycie wodoru i biometanu w 2050 w Polsce.



Źródło: Zielone gazy – biometan i wodór w Polsce, Forum Energii, 2021

Za najbardziej kompleksową próbę przedstawienia prognoz zużycia wodoru można uznać Analizę potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku.

Prognoza zapotrzebowania na wodór w gospodarce narodowej na rok 2030 oraz perspektywa na rok 2040 została sformułowana w trzech scenariuszach:

- Pierwszy scenariusz: business as usual - scenariusz zakładający rozwój gospodarki wodorowej bez wsparcia, specjalnych bodźców i wdrożenia rekomendacji zawartych w przygotowywanej strategii wodorowej Polski,
- Drugi scenariusz: wejście w życie strategii w projektowanym (bądź zmodyfikowanym) kształcie,
- Trzeci scenariusz: przyspieszonej transformacji energetycznej UE (zagregowany cel redukcji emisji gazów cieplarnianych GHG 50 – 55% do 2030 roku oraz uzyskanie neutralności klimatycznej w roku 2050).

Poniżej przedstawiono wyniki badań dla scenariusza drugiego, przyjmowanego za najbardziej prawdopodobny dla zużycia wodoru w różnych sektorach w roku 2030 r.

Tab. Wykorzystanie wodoru w różnych segmentach rynku w Polsce w 2030 r. (ton/rok)

Produkcja energii elektrycznej	17 401,79
Ciepłownictwo	9 700,00
Transport kołowy	-
pojazdy osobowe	3 832,20
lekkie pojazdy dostawcze	3 033,00
pojazdy ciężarowe	6 500,00
autobusy	7 200,00
Transport kolejowy	1 250,00
Transport wodny	245,20
Transport wew. wózki widłowe	450,00
Produkcja paliw syntetycznych	7 053,57
Przemysł chemiczny, petrochemiczny	138 200,00
Przemysł stalowy	-
Suma	194 865,76

Źródło: Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku.

Wspomniana analiza zawiera również bardzo pogłębiony komponent w zakresie prognoz zużycia wodoru różnych środka mobilności.

W pierwszej kolejności dokonano szacowania liczby pojazdów zasilanych wodorem. Działanie to zrealizowano na podstawie przeglądu dostępnych raportów rynkowych, wywiadów pogłębionych i wskazań ekspertów.

Tab. Prognozowana liczba pojazdów zasilanych wodorem w Polsce (l. sztuk)

Rok	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Transport drogowy - samochody osobowe	50	150	350	750	1550	3050	5550	9550	15550	25550
Transport drogowy - lekkie samochody dostawcze	0	10	40	110	310	1110	2310	4110	6610	10110
Transport drogowy - samochody ciężarowe	0	0	10	30	80	150	250	400	650	1000
Transport drogowy - autobusy miejskie	0	20	70	145	245	345	470	620	800	1000
Transport kolejowy	0	1	2	4	6	8	11	15	20	25
Transport wodny	0	0	0	0	0	2	3	7	8	10
Transport wewnętrzny - wózki widłowe	0	0	10	30	80	150	250	500	900	1500

Źródło: Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku.

W kolejnym kroku dokonano oszacowania zużycia wodoru na podstawie przyjętych średnich przebiegów pojazdów i średniego zużycia

Tab. Zapotrzebowanie na wodór w segmencie pojazdów osobowych (ton/rok)

Rok	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Transport drogowy - samochody osobowe	3,75	22,5	52,5	112,5	232,5	457,5	832,5	1432,5	2332,5	3832,5
Transport drogowy - lekkie samochody dostawcze	0	3	12	33	93	333	693	1233	1983	3033
Transport drogowy - samochody ciężarowe	0	0	65	195	520	975	1625	2600	4225	6500
Transport drogowy - autobusy miejskie	0	144	504	1044	1764	2484	3384	4464	5760	7200
Transport kolejowy	0	50	100	200	300	400	550	750	1000	1250
Transport wodny	0	0	0	0	0	98	105,8	220,6	228,4	245,2
Transport wewnętrzny - wózki widłowe	0	0	3	9	24	45	75	150	270	450
Razem [ton H ₂]	3,8	219,5	736,5	1593,5	2933,5	4792,5	7265,3	10850,1	15798,9	22510,7

Źródło: Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- Z punktu widzenia rozwoju różnorodnych segmentów rynku technologii wodorowych w Polsce w kolejnych kilku – kilkunastu latach, pod względem wolumenów, dominującym odbiorcą wodoru pozostanie przemysł chemiczny i rafineryjny. Obsługa tych segmentów poprzez dostarczanie wodoru wymaga olbrzymich instalacji OZE i zapewnienie kompleksowej obsługi przez MŚP może być utrudnione.
- MŚP mogą w tym zakresie podejmować działania w zakresie projektowania instalacji bądź ich fragmentów, dostarczania komponentów na potrzeby produkcji, magazynowania i przesyłu wodoru. Niemniej jednak realizacja takich projektów przez małe pojedyncze podmioty może być utrudniona.
- Zasadne jest w takim przypadku budowanie kompetencji i doświadczenia w ramach wspólnych przedsięwzięć badawczo rozwojowych i wdrożeniowych celem pogłębiania specjalizacji i jednocześnie wykształcenia zdolności do realizacji złożonych projektów.

8) Przegląd planowanych i realizowanych projektów w obszarze technologii wodorowych

Pod względem wielkości produkcji wodoru, Polska jest trzecim rynkiem w UE i piątym na świecie. Niemniej jest to wodór procesowy i szary, produkowany z gazu ziemnego, a łańcuch wartości w tym przypadku ogranicza się do produkcji i niemal bezpośredniego zużycia wodoru na potrzeby przemysłu chemicznego i petrochemicznego.

Obecnie brak jest na polskim rynku projektów w zakresie zastosowania wodoru w sektorze energetycznym oraz produkcji wodoru w procesie elektrolizy. Występują co prawda plany strategiczne dużych firm jak PKN ORLEN - produkcji wodoru z morskich farm wiatrowych na Morzu Bałtyckim, a także plany strategiczne Polenergii i ZE PAK w zakresie zastosowania wodoru w energetyce. Niemniej główną barierą jest zarówno brak zdolności wdrożeń wielkoskalowych technologii, jak i wyzwania regulacyjno-finansowe.

Obecnie w Polsce nie ma żadnej funkcjonującej instalacji elektrolizy do produkcji zielonego wodoru. Za najbardziej zaawansowany projekt można uznać planowaną instalację elektrolizy przez ZE PAK, która otrzymała już decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach, a planowana dostawa urządzeń wraz z infrastrukturą towarzyszącą ma odbyć się jeszcze w 2022 r. Produkcję elektrolizerów stałotlenkowych planuje również firma Sescom, podobnie jak Instytut Energetyki we współpracy w ramach projektu Venti z Grupą Lotos .

Do kluczowych polskich, zapowiadanych i realizowanych inwestycji wodorowych należą:

- **ZE PAK:** prawdopodobnie pierwsza w Polsce firma, która będzie produkowała wodór w procesie elektrolizy. W kwietniu 2020 roku ZE PAK zakupił elektrolizer o mocy 2,5 MW, co powinno pozwolić na produkcję ok 1 tony wodoru na dobę. Firma inwestuje także w infrastrukturę tankowania wodoru.
- **LOTOS Petrobaltic** ma w planach budowę elektrolizerów napędzanych wiatrem, które będą wytwarzać wodór. Strategia biznesowa firmy zakłada budowę elektrolizerów o mocy 100 MW do 2025 roku, ze wzrostem do 1 GW do 2030, a następnie 4 GW do 2040. Elektrolizery będą produkować wodór dla rafinerii firmy w Gdańsku.
- **GRUPA AZOTY PUŁAWY**, największy polski producent wodoru odpowiadający za 32% krajowej produkcji w kraju. Obecnie firma produkuje „szary” wodór, który jest wykorzystywany do produkcji nawozów. W celu utrzymania pozycji rynkowej Grupa Azoty planuje stopniową dekarbonizację produkcji wodoru poprzez inwestycje w odnawialne źródła energii i elektrolizery.
- **PKN ORLEN:** największa polska państwowa firma energetyczna, planuje budowę 54 stacji ładowania wodorowego w Polsce do 2030 roku oraz budowę elektrolizerów o mocy 250 MW w ramach projektu „Hydrogen Eagle”.
- **PGNiG S. A. Projekt - New Fuel Lab Poland** PGNiG S.A. dąży do utworzenia New Fuel Lab - Laboratorium Pomiarowo-Badawczego. Laboratorium będzie badać wodór oraz jego mieszanki jako paliwo. InGrid to projekt PGNiG S.A. skupiony na możliwości magazynowania i transportu wodoru za pomocą sieci gazu ziemnego. W ramach tego projektu powstanie instalacja w jednej z obecnych lokalizacji PGNiG, a produkcja zielonego wodoru (przy wykorzystaniu energii elektrycznej z paneli słonecznych) ma się rozpocząć w 2022 roku.

Wnioski dla wielkopolskich MŚP:

- W zakresie wdrożeń rozwiązań wodorowych, wykraczających poza przemysłowe zastosowanie wodoru, polski rynek jest relatywnie słabo rozwinięty na tle innych gospodarek.
- Niski poziom penetracji tego rynku oznacza jednocześnie relatywnie duży potencjał rozwoju i realizacji wdrożeń.
- MŚP powinny śledzić działania dużych krajowych podmiotów w zakresie realizowanych projektów, poszukiwać wspólnych płaszczyzn współpracy, dążyć do budowania konsorcjów badawczych i wdrożeniowych.
- Niski poziom rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce oznacza jednocześnie że na krajowym rynku dużym podmiotom brakuje wiedzy i pomysłów biznesowych, a nie tylko kapitału.
- Jednocześnie wiedza jest tym fragmentem zasobów, które MŚP mogą uzupełniać relatywnie sprawnie w porównaniu z aktywami rzeczowymi.
- MŚP powinny więc śledzić inicjatywy społeczne, ekonomiczne i prawne związane z dialogiem publicznym dotyczącym kształtu gospodarki wodorowej w Polsce (w ramach różnego rodzaju rad, ciał doradczych, sympozjów, targów, etc.).
- Istotnym źródłem podniesienia wiedzy i zdobywania nowych kompetencji będzie też dążenie do zwiększanie sieciowości swojej aktywności pozyskanie zewnętrznych źródeł wiedzy.

9) Szanse rozwojowe dla MŚP w sektorze wodorowym

Generalnie, krajowe MŚP wykazują wstępny etap rozpoznania możliwości rynkowych wdrożenia rozwiązań wodorowych. Poziom TRL spojrzenia na wodór można uznać za początkowy, równy 1-2 (badania podstawowe).

Niemniej wśród kandydatów do gospodarki wodorowej są również firmy projektowe, inżynieryjne, które w chwili obecnej bardzo sprawnie radzą sobie w różnych fragmentach łańcucha energetycznego. Podmioty te wykazują wysokie tempo uczenia się i mają wysoką zdolność do promowania i wdrażania technologii wodorowych, jako jednego z wielu rozwiązań proponowanych klientom. Pojawiają się też firmy coraz intensywniej wdrażające OZE w swoim otoczeniu, co jest spełnieniem pierwszego z podstawowych warunków rozwoju gospodarki wodorowej jakim jest zapewnienie źródeł zielonej energii elektrycznej.

Można wymienić kilka czynników, które zdecydują o tym jakie możliwości w zakresie gospodarki wodorowej pojawiają się dla firm i na ile podmioty te będą zdolne wykorzystać szanse płynące z 1. wejścia w wodorowy łańcuch wartości w roli dostawcy urządzeń, 2. implementacji rozwiązań gospodarki wodorowej co powinno sprzyjać osiągnięciu neutralności i budowaniu długookresowej konkurencyjności.

O ile zastosowanie gotowych, zakupionych urządzeń i komponentów gospodarki wodorowej może być relatywnie łatwe (choć w tym obszarze wciąż brakuje choćby regulacji i norm) o tyle wytwarzanie urządzeń na potrzeby gospodarki wodorowej może stanowić pewne wyzwanie. Urządzenia te są wymagające pod względem materiałowym, ciśnienia, temperatury, bezpieczeństwa, ale przede wszystkim ze względu na konieczność certyfikacji urządzeń. Druga istotna bariera wynika z faktu, że w przypadku początkowego etapu rozwoju rynku koszt produkcji jednostkowej mało seryjnej rzędu kilkudziesięciu czy kilkuset sztuk może być znacząco wyższy niż produkcji kilku tysięcy sztuk urządzeń dzięki czemu uzyskuje się korzyści skali. Niestety MŚP, z uwagi na konieczność poniesienia znaczących nakładów kapitałowych mogą napotykać na trudności w zagospodarowaniu tego rynku.

Siła kapitałowa firm

Tradycyjne bariery MŚP w zakresie inwestycji kapitałochłonnych to brak zasobów technicznych, sporadyczne prace B+R, niedostateczny dostęp do finansowania. Zdolność finansowa będzie istotna, gdyż jedną z podstawowych bolączek małych innowacyjnych firm jest ich trudność w realizacji procesów inwestycyjnych mimo relatywnie dobrych pomysłów biznesowych. Widać to m.in. obecnie w sektorze OZE, budowy baterii litowo-jonowych, budowy pojazdów elektrycznych, etc. gdzie funkcjonują polskie firmy z potencjałem technologicznym i know how. Wobec dużej skali koniecznych inwestycji firmom tym brakuje jednak kapitału, co przekłada się na osiągnięcie odpowiedniej skali działania. Z uwagi na początkowy etap wdrażania technologii wodorowych, ich zaawansowanie i kompleksowość (wysokie ciśnienia, warunki kriogeniczne, etc.) oraz bezpieczeństwo, problem dużych nakładów kapitałowych pozostanie kluczową barierą dostępu firm do łańcucha gospodarki wodorowej.

Rozwiązaniem tego problemu jest z jednej strony podnoszenie siły kapitałowej podmiotów – ich wzrost, a z drugiej, działanie w konsorcjach, jak i sięganie po środki publiczne jako instrument lewarowania.

Zdolność do adaptacji względem wymogów regulacyjnych

Istotnym aspektem dla sprawnego poruszania się w środowisku nowych rozwiązań i technologii zeroemisyjnych jest też zdolność adaptacji do nowych regulacji. Zmiana regulacji w UE prowadzi do zmiany strumienia finansowania na projekty zrównoważone środowiskowo. Zapowiedzi UE wskazują, że w kolejnych wersjach polityki klimatycznej i instrumentach ją uszczegółowiających, jak np. tzw. taksonomia zrównoważonego finansowania, zdefiniowane zostaną możliwości finansowania projektów w zależności od realizacji celów zrównoważonego rozwoju, w tym obniżenia emisyjności wykorzystywanej energii. W tym kontekście kluczowa będzie umiejętność śledzenia śladu węglowego w łańcuchu wartości (firmy i łańcucha gospodarki wodorowej) i umiejętność jego obniżania, które zostaną powiązane z dostępem do preferencyjnego kapitału.

Firmy, które będą implementować regulacje środowiskowe i klimatyczne oraz związane z technologiami wodorowymi będą w większym stopniu zdolne do wykorzystania nadarzających się szans biznesowych w tym zakresie.

Zdolność do elastycznego dostosowania się firmy i transformacji modelu biznesowego

Umiejętność transformacji firmy w kierunku rozwiązań dla gospodarki wodorowej wymaga oceny dotychczasowej pozycji rynkowej firmy, jej miejsca w łańcuchu wartości i możliwości awansu w zakresie wytwarzanej wartości dodanej.

Poniżej przedstawiono kluczowe obszary, które należy wziąć pod uwagę oceniając swoje szanse w ocenie możliwości włączenia w wodorowy łańcuch wartości:

- Złożoność i różnorodność oferty produktowej – liczba produktów oferowanych na rynku krajowym i rynkach zagranicznych, liczba obsługiwanych rynków zagranicznych, etc.
- Poziom zaawansowania technologicznego produktów i rola kluczowych produktów w przychodzie firmy (w podziale na: nieinnowacyjny, innowacyjny, rokusujący) – jako % przychodów ze sprzedaży
- Miejsce w łańcuchu wartości mierzone odległością firmy (liczbą ogniw pośrednich) od ostatecznego nabywcy kluczowego produktu firmy, zaawansowanie technologiczne głównych interesariuszy i kooperantów, jakość i trwałość relacji z dostawcami,
- Innowacje produktowe, procesowe, marketingowe w ostatnich 3 latach
- Wartość dodana generowana w przedsiębiorstwie ujęta w cenie sprzedawanego produktu,
- Unikatowe umiejętności i kompetencje rynkowe, produktowe, marketingowe jakie występują w firmie,
- Ocena potencjału firmy do lokalnego i ponadregionalnego usieciowienia działalności (np. dotychczasowych kooperantów w zakresie B+R, aktywności badawczej, etc.)
- Ocena potencjału zasobów wewnętrznych firmy i zdolności do podjęcia ryzyka.

Wyższy poziom obecnej innowacyjności, większa skłonność do zmian, umiejętność obsługi rynków zagranicznych, wyższy udział kadry inżynierskiej i doświadczenia we wdrażaniu technologii energetycznych powinny sprzyjać większej zdolności do wejścia w wodorowy łańcuch wartości.

Potencjał firm do wdrożenia nowych technologii i innowacji

Rozwiązania wodorowe są relatywnie wymagające pod względem technicznym, technologicznym, bezpieczeństwa i homologacji. **Z tego względu w ocenie potencjału do wejścia w łańcuch wodorowy istotne będą doświadczenie w projektach badawczych i wdrożeniowych oraz kadra B+R.**

Parametry pozwalające ocenić zdolność firm do realizacji projektów wodorowych po stronie podażowej:

- Doświadczenie w zakresie realizacji projektów inwestycyjnych
- Wiedza na temat finansowania projektów B+R oraz programów UE
- Wdrożone w firmie patenty/licencje
- Doświadczenia w projektach B+R
- Doświadczenia w projektach pozyskiwanych w drodze konkursów
- Projekty podnoszące konkurencyjność firmy
- Zatrudniona kadra B+R
- Poziom wydatków na szkolenia pracowników
- Długość trwania cykli wdrażania nowych produktów i usług

Kluczowe dla oceny firmy będzie również wykształcenie i kwalifikacji kadry kierowniczej oraz pracowników, wiedza na temat wodoru i ewentualna realizacje projektów w tym zakresie bądź w sektorach pokrewnych typu OZE, tradycyjnym energetycznym, gazownictwie, motoryzacyjnym, biogaz, LNG, magazynowanie energii, technologie kriogeniczne, technologie wysokich ciśnień, technologie materiałowe, etc.

Ocena odległości („dystansu”) dotychczasowego modelu biznesowego firmy od łańcucha wartości gospodarki wodorowej

Jednym z kluczowych elementów oceny szans firmy do udziału w wodorowym łańcuchu wartości jest ocena aktualnego modelu biznesowego. Pozwoli to określić „odległość” firmy od ostatecznego odbiorcy w aktualnym modelu biznesowym (czym zajmuje się firma dziś i które z zasobów, będących w dyspozycji firmy mogą być przydatne na rynku gospodarki wodorowej?).

Lokalny wymiar energii – rola klastrów i hubów

W warunkach początkowego etapu rozwoju rynku zasadne jest integrowanie wysiłków MŚP dla uzyskania efektów aglomeracji, tworzenia konsorcjów badawczych i inwestycyjnych, klastrów i innych inicjatyw koncentrujących interesariuszy wokół wspólnego celu. W tym obszarze potencjał firm można ocenić ich udziałem we wspólnych inicjatywach, zasiadaniu przez menedżerów w lokalnych strukturach społecznych, stowarzyszeniach, prężnością działania w samorządzie gospodarczym, etc.

Zdolność do generowania energii z OZE

Krytycznym elementem oceny potencjału wodorowego powinna być ocena zdolności do samodzielnego rozwoju OZE (wiatr, słońce, biomasa) bądź pozyskiwania taniej zielonej energii. Większa skala OZE oznacza większą ilość energii (w tym nadwyżkowej) możliwej do zagospodarowania na potrzeby produkcji wodoru, a następnie jego magazynowanie, a w razie konieczności ponowna zamiana na energię elektryczną. Wodór jest bowiem najlepszym z rozwiązań w zakresie sezonowego (średnio i długookresowego) magazynowania energii. OZE jest również krytycznym elementem rozwoju gospodarki wodorowej bowiem ceny energii, stanowią ok 70% operacyjnego kosztu produkcji wodoru w procesie elektrolizy.

Z uwagi na z definicji rozproszony charakter OZE, kluczowe dla zorganizowanej produkcji wodoru w oparciu o nadwyżki może być zdolność do łączenia się w spółdzielnie i klastry energetyczne stanowiące lokalne obszary bilansowania.

Produkcja komponentów i świadczenia usług na rynku technologii wodorowych

Rynek najdroższych i najbardziej zaawansowanych komponentów gospodarki wodorowej jest tej chwili zagospodarowany przez kilka globalnych firm (m.in. ITM Power, Ballard, McPhy, Siemens, General Electric, NEL Hydrogen, Linde, Air Liquide, Plug Power)

Dotyczy to:

- Ogniw paliwowych (głównie dla elektromobilności, w energetyce krajowe podmioty mają potencjał m.in. Instytut Energetyki)
- Elektrolizerów
- Zbiorników małej, średniej i dużej pojemności (kilkaset kg – kilka ton).

Nie oznacza to, że podmioty krajowe nie mogą podjąć próby ulokowania swoich rozwiązań, komponentów czy usług na tym rynku, szczególnie rozpoczynając od rynku polskiego. Niemniej sprawne wejście w łańcuch wodorowy wymaga partnerstwa technologicznego, możliwości skalowania działalności, wymiany dobrych praktyk. Z tego względu istotne będzie porównanie ekosystemów funkcjonujących w krajach UE (często konsorcjów kilkudziesięciu podmiotów w okresie kilku lat tworzących lokalne wyspy wodorowe).

Wielkopolskie MŚP mające doświadczenie w branżach pochodnych dla wodoru m.in. w energetyce, kriogenice, produkcji zbiorników paliwowych, inżynierii przemysłowej, chemii procesowej itp. mają stosunkowo największe szanse na częściową transformację swoich modeli biznesowych lub wydzielenie nowej gałęzi działalności w zakresie technologii wodorowych. Nowa działalność może obejmować m.in. produkcję kompresorów ciśnieniowych, zbiorników na wodór, części do elektrolizerów lub ogniw paliwowych, świadczenia usług serwisowych, transportu wodoru, sprzedaży systemów opomiarowania itp. W takim modelu rynkowym Wielkopolskie MŚP mogą być dostawcami lub poddostawcami (Tier 2-3) dla dużych koncernów przemysłowych lub technologicznych (tzw. OEM) wymienionych powyżej. Nawiązanie współpracy ze światowymi podmiotami na rynku wodoru może być szansą na ekspansję regionalnych firm, jednak należy także pamiętać o kluczowych czynnikach jakimi są m.in. spełnienie kryteriów jakości produkcji, ceny oraz wolumenów dostaw wymaganych przez

dużych producentów. Dokonanie transformacji biznesu i dostosowanie produkcji do wymogów kluczowych podmiotów w łańcuchu wartości będzie wymagało także odpowiedniej kondycji finansowej, w tym zdolności inwestycyjnej. Możliwe jest oczywiście wsparcie w postaci pozyskania funduszu UE na transformację swojego biznesu, co może być znacznym wsparciem finansowym w realizacji nowych inwestycji.

Redukcja śladu węglowego dla zapewnienia silnej pozycji biznesowej wielkopolskich MŚP na nowym rynku

Redukcja emisji dwutlenku węgla w UE jest obecnie kluczowym punktem regulacji oraz strategii firm europejskich. Należy zaznaczyć, że emisje CO₂ stały się obecnie nową walutą, a ich unikanie może przynieść wymierne korzyści biznesowe, przekładające się w konsekwencji na wyższe przychody. Dzięki realizacji procesów dekarbonizacji firmy mogą uzyskiwać lepszą pozycję biznesową wśród swoich kontrahentów, pozyskując m.in. certyfikaty węglowe, które świadczą o unikniętej emisji dwutlenku węgla dzięki danej inwestycji. Wielkopolskie MŚP poprzez inwestycje w OZE lub wodór mogą także przyczynić się do redukcji emisji dwutlenku węgla, zyskując jednocześnie szanse na zdobycie nowych klientów, kontraktów lub lepszą pozycję w przetargach, gdzie cele środowiskowe mają coraz większe znaczenie.

Należy także dodać, że realizacja inwestycji redukujących emisję CO₂ będzie wymogiem dla coraz większej ilości firm, które będą zobowiązane do raportowania niefinansowego zgodnie z dyrektywą CSRD. Ujawnianie wyników finansowych powiązanych z inwestycjami środowiskowym przez sektor MŚP będzie obowiązywać dopiero od 2026 r. jednak przepisy te wejdą w życie szybciej, bo już w 2024 r. w sektorze dużych przedsiębiorstw co jest ważnym sygnałem dla całej gospodarki. Wielkopolskie MŚP realizując ekologiczne procesy produkcyjne lub oferujące półprodukty w zakresie m.in. OZE czy wodoru mogą być wartościowymi dostawcami dla dużych firm, których presja dekarbonizacyjna dotyka w pierwszej kolejności.

Reasumując, szanse rozwojowe MŚP zależą przede wszystkim od zdolności adaptacyjnych w zakresie rozwoju i wykształcenia kadry B+R, zasobów kapitałowych i umiejętności do wejścia w porozumienia i współpracę z innymi interesariuszami. Początkowo takie podjęcie współpracy może się ograniczać do wspólnego zdobywania wiedzy, składania wspólnych projektów B+R+I, realizacji wspólnych przedsięwzięć.