


**SEBASTIAN
KOZIKOWSKI**

Ekspert Urzędzeń
Ciśnieniowych
Urząd Dozoru Technicznego
Oddział w Gdańsku


**KRZYSZTOF
SZYMLEK**

Ekspert Urzędzeń
Ciśnieniowych
Urząd Dozoru Technicznego
Oddział w Gdańsku

WODÓR

- ZIELONE ZŁOTO

WIELE WYZWAŃ, JESZCZE
WIĘCEJ MOŻLIWOŚCI



Transformacja – Bezpieczeństwo Energetyczne

GLOBALNY KRAJOBRAZ ENERGETYCZNY OTWORZYŁ SIĘ NA ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ I DEKARBONIZACJĘ, A WODÓR STAŁ SIĘ OBIECUJĄCYM ROZWIĄZANIEM W WIELU SEKTORACH I GAŁĘZIACH PRZEMYSŁU. POSZCZEGÓLNE KRAJE CZŁONKOWSKIE REALIZUJĄ TE WYMAGANIA I ZOBOWIĄZANIA M.IN. POPRZECZ WDRAŻANIE NARODOWYCH STRATEGII WODOROWYCH, W KTÓRYCH KLUCZOWĄ ROLĘ ODGRYWAJĄ EKOSYSTEMY WODOROWE, NAZYWANE RÓWNIEŻ DOLINAMI WODOROWYMI.

W ostatnich miesiącach coraz częściej doświadczamy, jak płynnie technologie wodorowe są wdrażane w naszych lokalnych ekosystemach. W tym wydaniu magazynu „Inspektor” zapraszamy do wspólnej podróży „wodorowej”. Zaczynamy od szeroko pojętych strategii, zmierzając do obszarów lokalnych, gdzie wykorzystanie zielonego wodoru jest już na wyciągnięcie ręki.

BEZPIECZNIE I NADAL PROEKOLOGICZNIE

Bezpieczeństwo energetyczne, czyli sprawne funkcjonowanie światowej i krajowej gospodarki, w dużej mierze oparte jest na dostępie do surowców energetycznych. Dostęp do energii elektrycznej, paliw transportowych oraz ciepła jest podstawą funkcjonowania każdego współczesnego państwa. Niemal wszystkie procesy składające się na codzienne funkcjonowanie gospodarek zależne są w mniejszym lub większym stopniu od węgla, gazu ziemnego lub ropy naftowej.

Międzynarodowa Agencja Energii (MAE) definiuje bezpieczeństwo energetyczne jako dostępność źródeł energii w przystępnej cenie. Wyróżnia przy tym dwa rodzaje bezpieczeństwa.

BEZPIECZEŃSTWO DŁUGOTERMINOWE – dotyczy głównie dokonywania inwestycji w terminie wystarczającym do zaspokojenia popytu na energię zgodnie z rozwojem gospodarczym oraz potrzebami środowiska.

BEZPIECZEŃSTWO KRÓTKOTERMINOWE – koncentruje się na zdolności systemu energetycznego do szybkiego reagowania na nagłe fluktuacje podaży i popytu.

W podobny sposób bezpieczeństwo energetyczne definiuje polskie Prawo energetyczne, zgodnie z którym jest to „stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska”.

Nowa normalność 2.0, czyli postpandemiczna, dynamicznie zmieniająca się rzeczywistość, kieruje naszą uwagę na kolejne kluczowe elementy bezpieczeństwa energetycznego, tj. suwerenność energetyczną państwa, odporność systemów energetycznych na czynniki wewnętrzne oraz zewnętrzne, takie jak awarie, ekstremalne zjawiska pogodowe, pandemie, jak również wrogie działania.

Bezpieczeństwo energetyczne można zdefiniować poprzez trzy kluczowe pojęcia: dywersyfikację, redundancję oraz rozproszenie.

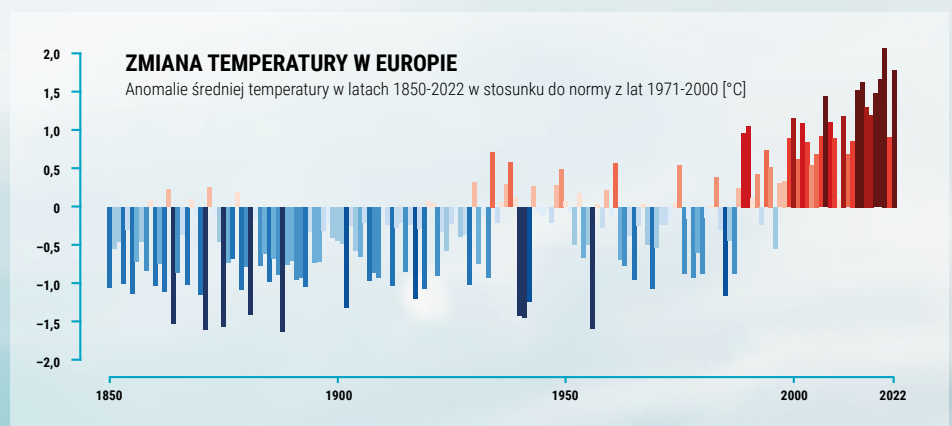
- **Dywersyfikacja** polega m.in. na zróżnicowaniu rodzajów energii, ich źródeł i kierunków dostaw.
- **Redundancja** to podwojenie lub zwielokrotnienie kluczowych elementów systemu energetycznego.
- **Rozproszenie** ma zabezpieczać przed poważną awarią kilku źródeł energetycznych jednocześnie, np. w przypadku nieprzewidywanych warunków atmosferycznych, które mogą wywołać klęski żywiołowe.

DYWERSYFIKACJA ŹRÓDEŁ

Bezpieczeństwo energetyczne to m.in. zróżnicowane źródła energetyczne. Poza klasycznymi, jak węgiel, ropa naftowa czy gaz ziemny, coraz większą wagę, szczególnie w perspektywie zmian klimatycznych, przykłada się do odnawialnych źródeł energii (OZE), technologii wodorowych, a także energetyki jądrowej.

Miks energetyczny, w tym udział poszczególnych rodzajów energii, opisuje szczegółowo Polityka energetyczna Polski do 2040 (PEP2040).

Decarbonizacja światowych społeczeństw i gospodarek jest wyzwaniem transformacyjnym obecnego stulecia. Unia Europejska określiła cel, czyli swoją drogę do neutralności klimatycznej, m.in. w strategii Europejski Zielony Ład (Green Deal), w ramach której przyjęła pakiet propozycji legislacyjnych Fit for 55. Pakiet ma na celu unowocześnienie istniejącego prawodawstwa zgodnie z celem UE w zakresie klimatu na 2030 r., które pomoże wprowadzić zmiany transformacyjne potrzebne w gospodarce, społeczeństwie i przemyśle, aby osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 r. Dla wsparcia tego procesu określono cel pośredni – zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych netto o co najmniej 55% do 2030 r. w porównaniu do poziomu z 1990 r.



Źródło: <https://showyourstripes.info/>.



KLASYFIKACJE WODURU OD NISKO- DO ZEROEMISYJNEGO

Opracowana w 2020 r. przez Komisję Europejską Strategia Wodorowa UE za główny cel uznaje rozwój odnawialnego, zielonego wodoru wytwarzanego w procesie elektrolizy przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii.

Zakłada jednocześnie, że w celu zapewnienia rozwoju rynku wodorowego w krótkim i średnim okresie należy dopuścić wykorzystanie także innych niskoemisyjnych form wodoru. Dotyczy to wodoru pozyskiwanego z paliw kopalnych w połączeniu z technologią sekwestracji dwutlenku węgla lub w procesie elektrolizy przy wykorzystaniu źródeł energii innych niż odnawialne. Niskoemisyjny wodór miałby być rozwiązaniem przejściowym, gdyż docelowo (po 2050 r.) wykorzystywany ma być wyłącznie wodór zeroemisyjny.

W maju 2022 r. Komisja Europejska przedstawiła również plan REPowerEU, w którym proponuje m.in.:

- wzmocnienie długoterminowych środków w zakresie efektywności energetycznej, w tym **zwiększenie – z 9 do 13% – wiążącego celu w zakresie efektywności energetycznej**, który określono w pakiecie Fit for 55,
- dywersyfikację kierunków energii, w tym dostaw, i wspieranie międzynarodowych partnerów,
- szybsze wprowadzanie odnawialnych źródeł energii, w tym **wyznaczenie celu, jakim jest 10 mln ton krajowej produkcji wodoru odnawialnego oraz 10 mln ton importu do 2030 r.**, co pozwoli zastąpić gaz ziemny, węgiel i ropę w sektorach, w których trudno jest obniżyć emisyjność, oraz w sektorach transportu.

Kolejnym ważnym krokiem było ogłoszenie długo wyczekiwanych regulacji. W czerwcu 2023 r. Komisja Europejska zakończyła wdrażanie przepisów określających zasady wytwarzania **odnawialnego wodoru**, przyjmując dwa akty delegowane wymagane na mocy dyrektywy w sprawie energii odnawialnej (RED II).

- Pierwszy to **ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) 2023/1184**, które zawiera metodologię obliczania śladu węglowego dla **bazujących na wodorze paliw określanych jako RFNBO** (*renewable fuels of non-biological origin*). Obejmuje ona cały proces, począwszy od produkcji energii elektrycznej wykorzystanej do wytworzenia RFNBO, w tym emisje w segmencie wydobywczym, emisje związane z pobieraniem energii elektrycznej z sieci, z przetwórstwa, aż po transport paliwa do odbiorcy końcowego. W dokumencie wyjaśniono również, w jaki sposób obliczać emisje gazów cieplarnianych z wodoru odnawialnego lub jego pochodnych w przypadku, gdy jest on wytwarzany w zakładzie produkującym paliwa kopalne.
- Drugi z opublikowanych dokumentów to **ROZPORZĄDZENIE DELEGOWANE KOMISJI (UE) 2023/1185**, które określa konieczne do spełnienia warunki, aby **wodór można było uznać za odnawialny**. Kryteria określające zasady produkcji zielonego wodoru mają być wdrażane stopniowo, z uwzględnieniem okresu przejściowego, który ma obowiązywać do początku 2028 r.

Nowe wodorowe prawo uwzględnia zasadę „dodatko-wości” H₂ (additionality), która została wcześniej wpisana do dyrektyw o odnawialnych źródłach energii (RED II). Jej celem jest zapewnienie, aby zwiększeniu produkcji zielonego wodoru towarzyszył wzrost mocy wytwórczych z OZE.

Zgodnie z tą regulacją jednostki wytwórcze OZE wykorzystywane do produkcji odnawialnego wodoru muszą zostać uruchomione nie wcześniej niż 36 miesięcy przed instalacją wodorową.

„W praktyce za wodór zeroemisyjny (RFNBO) należy uznać wodór powstały przy użyciu metody elektrolitycznej, w której źródłem energii elektrycznej jest energia wiatru, słońca lub wody. Z kolei wodór niskoemisyjny to taki, z produkcją którego wiązały się emisje CO₂ na poziomie nie większym niż 3,0 t CO₂/t H₂ (w całym cyklu życia wodoru) [6]”.

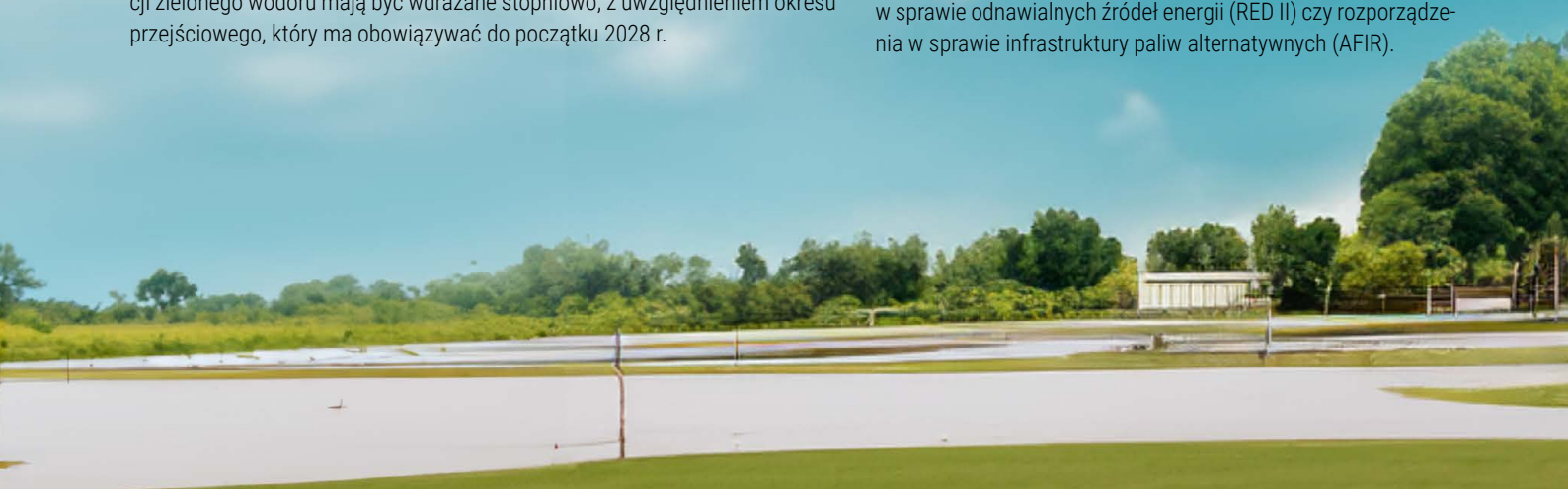
Wprowadzono także wymagania w zakresie korelacji czasowej i geograficznej. Korelacja czasowa oznacza, że różnica w czasie pomiędzy produkcją energii odnawialnej oraz produkcją wodoru nie może przekraczać 1 godziny (od 2030 r.; do 2030 r. korelacja czasowa będzie stosowana w ujęciu miesięcznym). Zgodnie z korelacją geograficzną elektrolizator musi znajdować się w tej samej „strefie biddingowej – tj. obszarze geograficznym, w ramach którego uczestnicy rynku są w stanie wymieniać energię bez alokacji mocy, czyli energii importowanej spoza strefy”, w której wyprodukowano energię odnawialną.

Wszechstronne wykorzystywanie wodoru ma prowadzić do redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz wspomagać łączenie i integrację odnawialnych źródeł energii, takich jak energia wiatrowa, słoneczna i pochodząca z wody.

Wodór jest uważany za kluczowy, a wręcz niezbędny element prowadzący do dekarbonizacji systemu energetycznego, który ma również zapewnić bezpieczeństwo dostaw energii i wzrost gospodarczy.

Niezbędnym i wyczekiwany elementem jest wdrożenie i zapewnienie stabilnego oraz przyjaznego systemu regulacji prawnych dla technologii wodorowych. Znalazło to odzwierciedlenie w przyjętej w 2021 r. Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030, gdzie wśród celów szczególnych znalazł się właśnie cel nr 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Rozwój i maksymalne wykorzystanie finansowania projektów wodorowych, w tym środków unijnych, wymagają implementacji odpowiednich regulacji UE, m.in.: Zielonego Ładu, Strategii wodorowej UE, programów REPowerEU oraz Fit for 55, dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii (RED II) czy rozporządzenia w sprawie infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR).



KRAJOWA STRATEGIA WODOROWA – POLSKA STRATEGIA WODOROWA DO ROKU 2030 Z PERSPEKTYWĄ DO 2040 ROKU

Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 (PSW) określa cele i działania dotyczące rozwoju krajowych kompetencji i technologii na rzecz budowy niskoemisyjnej gospodarki wodorowej. Odnoszą się one do trzech sektorów wykorzystania wodoru – energetyki, transportu i przemysłu, a także do jego produkcji, dystrybucji oraz koniecznych zmian prawnych i finansowania.

W projekcie PSW do roku 2030 wskazano sześć koniecznych do osiągnięcia celów:

- cel 1 – wdrożenie technologii wodorowych w energetyce,
- cel 2 – wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie,
- cel 3 – wsparcie dekarbonizacji przemysłu,
- cel 4 – produkcja wodoru w nowych instalacjach,
- cel 5 – sprawna i bezpieczna dystrybucja wodoru,
- cel 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Realizacja powyższych celów może istotnie zwiększyć nasze bezpieczeństwo energetyczne – zwiększenie udziału wodoru, szczególnie bezemisyjnego w miksie energetycznym, jednocześnie umożliwi ograniczenie importu surowców energetycznych z zagranicy.

Wskaźnikami osiągnięcia celów PSW do roku 2030 będą:

- zainstalowana moc instalacji do produkcji niskoemisyjnego wodoru: 50 MW do 2025 r. i 2 GW 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 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.

Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 jest spójna z krajowymi dokumentami strategicznymi dotyczącymi energii i klimatu: Strategią na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, Polityką Energetyczną Polski do roku 2040 r. oraz Krajowym planem na rzecz energii i klimatu. Strategia stanowi rozwinięcie celów określonych w powyższych dokumentach i zakłada wdrożenie technologii wodorowych w energetyce, ciepłownictwie, transporcie i przemyśle [5].

DZIAŁAMY LOKALNIE – DOLINY WODOROWE

Na rynku krajowym powyższe zadania są w istotnym zakresie prowadzone przez rozwijające się i prężnie działające doliny wodorowe. Na świecie funkcjonują już co najmniej 83 doliny wodorowe w 33 krajach, około połowy z nich znajduje się na starym kontynencie [3].

Według Clean Hydrogen Partnership – partnerstwa publiczno-prywatnego, które jest operatorem 2 mld EUR środków unijnych na rozwój gospodarki wodorowej, utworzenie doliny wodorowej wymaga spełnienia pięciu kluczowych warunków [2].

1. SKALA PRZEDSIĘWZIĘCIA

Nie wystarczą projekty demonstracyjne, w dolinie muszą się znaleźć przynajmniej dwie duże, wielomilionowe (EUR) inwestycje. Zazwyczaj dolina składa się z wielu podprojektów, które tworzą większe portfolio projektowe. Przyjmuje się, że dolina wodorowa powinna mieć nakłady inwestycyjne rzędu minimum 20 mln EUR. Średnia europejska to 100 mln EUR.

2. ZDEFINIOWANY GEOGRAFICZNIE OBSZAR

Ekosystemy wodoru muszą pokrywać dany obszar lub region. Może to być lokalny hub wodorowy i jego zaplecze, ale też region w danym kraju lub region transgraniczny – np. korytarz transportowy wzdłuż głównego szlaku wodnego.

3. POKRYCIE ŁAŃCUCHA WARTOŚCI WODORU

Dpotyczy łańcucha od produkcji wodoru z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych przez magazynowanie i dystrybucję po zastosowanie – odbiór w regionie (*off-take*).

4. WYKORZYSTANIE WODORU W KILKU SEKTORACH GOSPODARKI

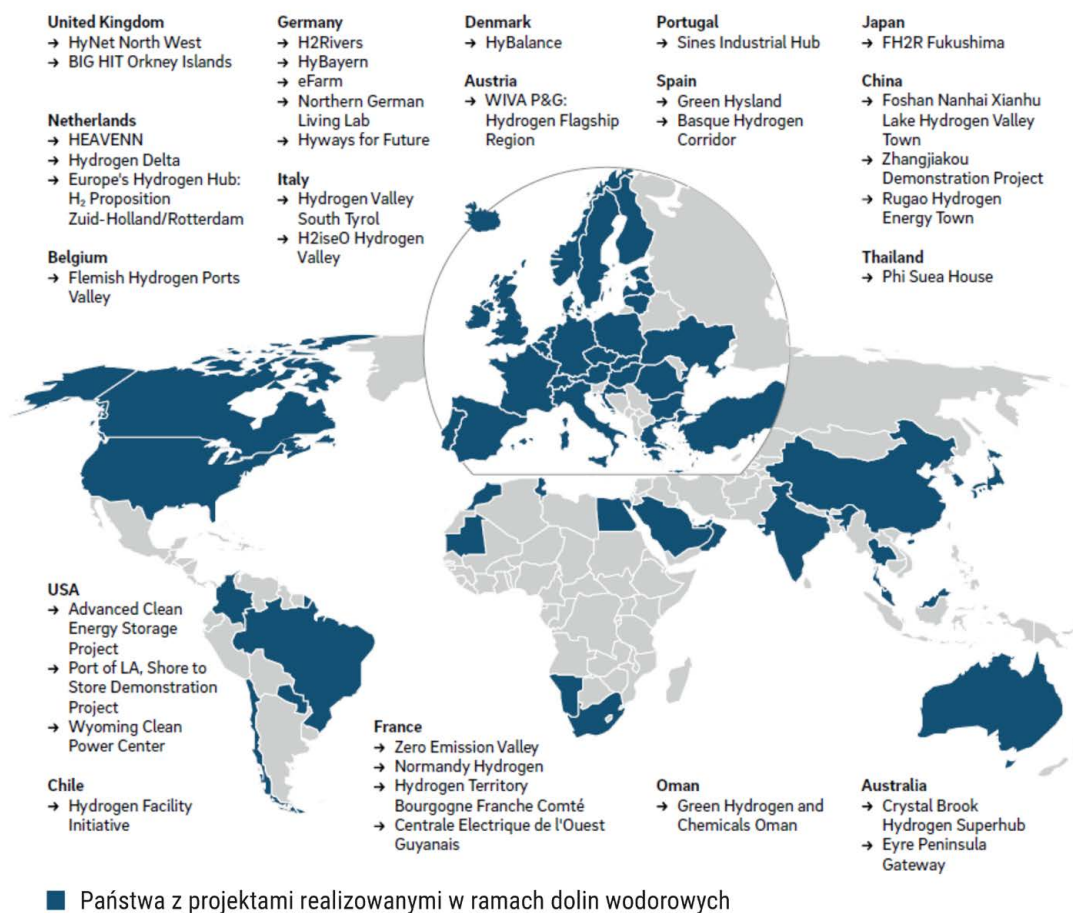
Zastosowanie regionalnie wyprodukowanego wodoru w projektach w transporcie, przemyśle i energetyce. Jedno źródło – wiele aplikacji w różnych sektorach. Przyjmuje się, że wodór powinien być zastosowany przynajmniej w dwóch sektorach gospodarki – np. autobusy wodorowe oraz wykorzystanie do produkcji zielonego amoniaku.

5. DOLINA WODOROWA W LOGICE STUDIUM WYKONALNOŚCI

Wykonanie studium wykonalności daje gwarancję, że projekt ma realne szanse na uruchomienie i pozyskanie finansowania ze środków unijnych, krajowych i regionalnych.

Doliny wodorowe to przedsięwzięcia polityczno-społeczno-gospodarcze, których zadaniem jest stworzyć regionalne rynki wodoru w pełnym łańcuchu wartości technologii wodorowych, zaczynając od produkcji, poprzez przesył i magazynowanie oraz zastosowanie wodoru w wielu sektorach gospodarki [1].





Rys. 1. Przykładowe projekty w ramach światowych dolin wodorowych [6]

Aktualnie w Polsce funkcjonuje osiem dolin wodorowych (rys. 2), w planach jest powołanie kolejnej – wyspecjalizowanej w wodorze dla rolnictwa i sektora rolno-spożywczego, a także uruchomienie krajowego operatora innowacji dolin wodorowych, którego zadaniem będzie koordynowanie kluczowych działań i rozwoju projektów wodorowych.

POLSKIE DOLINY WODOROWE



Rys. 2. Mapa krajowych dolin wodorowych [1]

Dzięki aktywnemu zaangażowaniu poszczególnych sygnatariuszy dolin wodorowych, w tym lokalnych samorządów, w ostatnich miesiącach mieszkańcy kilku polskich miast mieli okazję zapoznać się i ocenić, a przede wszystkim doświadczyć wykorzystania technologii wodorowych w transporcie publicznym.

Mieszkańcy m.in. Konina, Gdańska, Gdyni, Warszawy czy Szczecina mogą korzystać z autobusów wodorowych, które na razie w ramach testów pilotażowych, a już w niedługiej perspektywie na dobre zagospodzą na drogach ich miast. Autobusy wodorowe podczas pokonywania wielokilometrowych tras nie tylko nie emitują do środowiska substancji szkodliwych, lecz dodatkowo oczyszczają powietrze, z którego tlen jest używany w ogniwie paliwowym do produkcji energii elektrycznej (FCEV) służącej do napędu autobusów wodorowych.

Powstanie i otwarcie kolejnych stacji, a także hubów wodorowych planowane jest w najbliższej przyszłości w innych miastach. To doskonała odpowiedź na wymagania opublikowanego w lipcu br. przez Radę UE rozporządzenia AFIR (rozporządzenie o infrastrukturze paliw alternatywnych).

Punkt tankowania wodoru:

- przynajmniej co 200 km na drogach głównych (do końca 2030 r.)
- przynajmniej jeden w każdym węźle miejskim
- każdy zaprojektowany do wydawania 1 tony wodoru dziennie pod ciśnieniem 700 barów



200 km

Rys. 3. Wymagania dla stacji tankowania wodoru wg AFIR [10]

Bezpieczeństwo technologii wodorowych jest celem nadrzędnym, co za tym idzie, spełniają one najwyższe standardy. Co oznaczają wspomniane wcześniej HRS350 i HRS700? Jakie wymagania stawiane są stacjom tankowania wodoru? Wreszcie z jakich materiałów wytwarza się kluczowe elementy ciśnieniowe w technologiach wodorowych? Już dziś zapraszamy Państwa do śledzenia kolejnych numerów naszego biuletynu „Inspektor”, na łamach którego nie zabraknie informacji o elementarnym i jednocześnie kluczowym pierwiastku, jakim jest wodór.

Literatura:

1. <https://arp.pl/pl/jak-dzialamy/doliny-wodorowe/>.
2. <https://energia.edu.pl/>.
3. <https://h2v.eu/>.
4. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku.
5. Strategia rozwoju Wielkopolski wodorowej do 2030 z perspektywą do 2040 roku.
6. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2023/1184.
7. Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2023/1185.
8. <https://showyourstripes.info/>.
9. www.rolandberger.com_Clean hydrogen JU.
10. Rozporządzenie Rady UE, AFIR.
11. Polityka energetyczna Polski do 2040 (PEP2040).
12. <https://h2poland.eu/pl/>.

Nie-odłącznym elementem transportu wodorowego jest odpowiednia, bezpieczna infrastruktura, w tym stacje tankowania wodoru. Kilka tygodni temu w Warszawie została uruchomiona pierwsza ogólnodostępna stacja, na której można tankować zarówno samochody osobowe, jak i autobusy, czyli odpowiednio HRS700 i HRS350.

AFIR
- ROZPORZĄDZENIE
O INFRASTRUKTURZE
PALIW ALTERNATYWNYCH

Jednym z głównych celów jest utworzenie do 2030 r. we wszystkich węzłach miejskich i co 200 km wzdłuż bazy sieci TEN-T (transeuropejska sieć transportowa) stacji tankowania wodoru obsługujących zarówno samochody osobowe, jak i ciężarówki [10].

