



H2POLAND

Forum H2POLAND: Wodór tu i teraz
Wodór paliwem XXI w.

KATARZYNA IWIŃSKA, JOANNA GRUDOWSKA

Bezpieczny wodór
– interdyscyplinarne wsparcie rozwoju polskiego wodoru

PIOTR ZAWADZKI, ADAM SMOLIŃSKI

Otrzymywanie zielonego wodoru w procesie elektrolizy wody
odzyskanej ze ścieków komunalnych

WOJCIECH PAWŁUSZKO

Resort klimatu i środowiska przygotowuje ramy prawne wspierania
rozwoju gospodarki wodorowej

I KWARTAŁ
2023

WYDAWCA

📍 Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. Oddział Katowice
ul. Mikołowska 100, 40-065 Katowice



ISSN 2719-8677

Kwartalnik istnieje od 2020 r.

REDAKCJA

📧 redakcja@katowice.arp.pl ☎ 32 757 48 00

Redaktor Naczelny
dr Beata Barszczowska

Zastępca Redaktora Naczelnego
dr hab. Marcin Sobczyk

Sekretarz Redakcji
dr inż. Renata Włodarczyk

Komitet wydawniczy
Magdalena Wojtyła
Anna Kielerz

RADA NAUKOWA

prof. dr hab. inż. Maria Sozańska, Politechnika Śląska,
Wydział Inżynierii Materiałowej, Katedra Technologii Ma-
teriałowych

prof. dr hab. inż. Marek Brzeżański, Politechnika Kra-
kowska

prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz, Politechnika Śląska

prof. dr hab. Adam Smoliński, Główny Instytut Gór-
nictwa

prof. dr hab. inż. Konrad Świerczek, Akademia Górniczo-
-Hutnicza

dr hab. Maria Jolanta Korabik, prof. Uniwersytetu
Wrocławskiego, kierownik Zakładu Dydaktyki Chemii

dr hab. Marcin Sobczyk, prof. Uniwersytetu Wrocław-
skiego, Wydział Chemii

dr inż. Renata Włodarczyk, Katedra Zaawansowanych
Technologii Energetycznych, Wydział Infrastruktury
i Środowiska, Politechnika Częstochowska

dr Michał Kobyłka, Uniwersytet Wrocławski Wydział
Chemii, Zakład Dydaktyki Chemii, koordynator egzami-
nacyjny OKE we Wrocławiu

dr inż. Aleksander Sobolewski, Instytut Technologii
Paliw i Energii

dr inż. Artur Kozłowski, Sieć Badawcza Łukasiewicz
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

Joanna Kubit dyrektor, Zespół Szkół Naftowo-Gazowni-
cznych im. Ignacego Łukasiewicza w Krośnie

Wojciech Pawłuszko, Radca Prawny ARP

dr Beata Barszczowska, Wicedyrektor Oddziału ARP
S.A. w Katowicach

Od Redakcji

Pierwszy w tym roku numer kwartalnika, poświęcony jest projektowi „Bezpieczny wodór” realizowanemu przez Sieć Badawczą Łukasiewicz ORGMASZ, który w interdyscyplinarny sposób analizuje kwestie rozwoju gospodarki wodorowej.

Radca Prawny Wojciech Pawłuszko wyjaśnia jakie ramy prawne przygotowywane są do wspierania rozwoju gospodarki wodorowej przez resort klimatu i środowiska.

Przedstawiciele Głównego Instytutu Górnictwa przedstawiają możliwości otrzymywania zielonego wodoru w procesie elektrolizy wody odzyskanej ze ścieków komunalnych.

16 i 17 maja br. w Poznaniu na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich odbędzie się 2. Środkowo-europejskie Forum Technologii Wodorowych H2POLAND, organizowane przez Grupę MTP. Wydarzenie to bezpośrednio związane jest z zachodzącymi na arenie europejskiej zmianami prowadzącymi do upowszechnienia stosowania technologii wodorowych w wielu obszarach gospodarki – od transportu, przez ciepłownictwo i energetykę, po wykorzystanie H₂ w codziennym życiu każdego z nas. ■

Zapraszamy do zgłaszania publikacji!



Jak się zarejestrować
na stronie

<https://journal.h2poland.eu>

OJS
OPEN
JOURNAL
SYSTEMS



Wysłać na adres ojshelp@h2poland.eu

następujące informacje:

1. imię 2. nazwisko 3. adres e-mail

Administrator strony **zakłada konto**

i wysyła, na podany adres e-mail,

wiadomość z **danymi do logowania**



Teraz można się zalogować

<https://journal.h2poland.eu/3xw/login>

3xW

WĘGIEL
WODÓR
WIEDZA

KWARTALNIK

I KWARTAŁ 2023



ŚRODKOWOEUROPEJSKIE
FORUM TECHNOLOGII
WODOROWYCH



SAVE THE DATE

16-17/05
POZNAŃ

Forum H2POLAND: Wodór tu i teraz

Wydaje się, że etap, w którym o wodorze mówiliśmy jako o przyszłościowym nośniku energii, mamy już za sobą. Teraz przyszedł czas na działania realne i widoczne dla każdego, co potwierdzają inicjatywy podejmowane przez najważniejsze światowe instytucje oraz rządy poszczególnych państw. W maju, podczas II Środkowoeuropejskiego Forum Technologii Wodorowych H2POLAND w Poznaniu eksperci zaprezentują, w jakim miejscu jest dzisiaj wodorowa rewolucja na świecie, w UE i w Polsce.

Niespokojne czasy pandemicznych zawirowań, wojna na wschodzie Europy, która wyrzuciła do góry nogami tradycyjne rynki energii czy ogólnoswiatowa walka z inflacją – takie i inne zjawiska tylko potęgują oczekiwania, iż wodór szybko stanie się tak powszechnym paliwem, jak te dzisiejsze, konwencjonalne. Są to oczekiwania bardzo realne, bowiem świat chce postawić na wodór już nie tylko z powodów ekologicznych czy dążenia do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Dziś chodzi także o zapewnienie energetycznego bezpieczeństwa każdemu z nas, a światowi liderzy właśnie w wodorze widzą taką rolę. „It is bloody ambitious” – powiedział Frans Timmermans o wodorowej rewolucji i z pewnością ma rację, jednak – mimo że to zadanie bardzo trudne – z pewnością jest możliwe do zrealizowania.

W dniach 16-17 maja 2023 r. Poznań stanie się centralnym punktem dyskusji na temat transformacji ener-

getycznej z wykorzystaniem wodoru. To tu, w Poznań Congress Center, podczas Forum H2POLAND zaprezentowane zostaną kluczowe dla dalszych zmian gospodarczych i społecznych rozwiązania, na które Europa i świat postawią w najbliższym czasie. Forum H2POLAND to projekt skierowany do przedstawicieli administracji rządowej i samorządu, przedsiębiorców, środowiska nauki, biznesu i mediów, a więc wszystkich tych, którym zależy na wdrażaniu przyjaznych środowisku technologii. Unikalność Forum polega również na tym, iż wydarzenie to łączy część konferencyjną z ekspozycją targową. Dzięki temu zyskać można wiedzę nie tylko teoretyczną, ale i praktyczną.

Podczas ubiegłorocznego Forum niemal 100 ekspertów z kraju i ze świata oraz ponad półtora tysiąca gości rozmawiało o transformacji z wykorzystaniem wodoru. Także w tym roku podjęte zostaną takie tematy, jak opty-

malne wykorzystanie potencjału wodoru, finansowanie gospodarki wodorowej, równoważenie interesów operatorów infrastruktury i jej użytkowników, magazynowanie i wychwytywanie dwutlenku węgla, certyfikacja i świadectwa pochodzenia H₂, elektrolizerów, magazynów i ogniw paliwowych czy kwestie związane z bezpieczeństwem wykorzystania wodoru w transporcie, ciepłownictwie i energetyce. Sporo miejsca podczas H2POLAND zajmą dyskusje związane z prawem i legislacją; m.in. z obecnością wodoru w strategiach dekarbonizacyjnych państw i poszczególnych gałęzi gospodarki i biznesu, a także w szerokim ujęciu takich ambitnych planów, jak Europejski Zielony Ład, RePowerEU czy Fit for 55. Dzięki temu zarówno wystawa, jak i część konferencyjna Forum H2POLAND pozwolą określić faktyczne miejsce naszego kraju wśród państw wdrażających technologie wodorowe.

– Forum H2POLAND, organizowane przez Grupę MTP, to przede wszystkim popularyzacja wdrażania technologii wodorowych w Europie – szczególnie jej środkowej i wschodniej części – oraz oczywiście w Polsce. – Wydarze-

nie to doskonale wpisuje się w aktualną strategię Komisji Europejskiej, która wodór traktuje jako kluczowe narzędzie do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Dziś widzimy jednak, że dochodzi do tego także kwestia dążenia do niezależności energetycznej, a co za tym idzie powszechnego bezpieczeństwa dla każdego z nas. I tu widzimy niebagatelną rolę wodoru – tłumaczy Joanna Kucharska, Dyrektor Grupy Produktów w Grupie MTP. – H2 POLAND to także idealne miejsce do zaprezentowania najnowszych rozwiązań liderów branży w zakresie rozwoju niskoemisyjnej przyszłości wodoru. Zapraszamy do współpracy wszystkie podmioty, którym bliska jest idea popularyzacji nowoczesnej i neutralnej dla klimatu gospodarki – dodaje Joanna Kucharska.

Środkowoeuropejskie Forum Technologii Wodorowych H2POLAND odbędzie się w dniach 16-17 maja 2023 r. w Poznań Congress Center na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich. ■

Więcej informacji na www.h2poland.com.pl.

Wodór paliwem XXI w.

W ostatnich latach obserwowaliśmy intensywny rozwój fotowoltaiki. Czy w kolejnych latach postawimy na wodór? Jakie są możliwości jego wykorzystania i czy wodór powinien znaleźć się w obszarze zainteresowania inwestorów? Warto się zastanowić nad powyższymi kwestiami, biorąc pod uwagę fakt, że prognozy UE zakładają, że w 2042 r. zużycie wodoru na terenie państw członkowskich będzie ok. 60-krotnie wyższe niż obecnie, jednak zainteresowanie tym surowcem może znacząco przekroczyć możliwości produkcyjne. Mówi się nawet o 300-krotnym wzroście wykorzystania wodoru w porównaniu z 2022 r.

Wytwarzanie i konsumpcja energii w jednym miejscu to sposób na uniezależnienie się od procesów logistycznych i potencjalnych przerw w łańcuchach dostaw w czasach kryzysów ekonomicznych, politycznych zawirowań i wojennych konfliktów. Jest to też szansa na zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego. Polska jest jednym

z krajów, gdzie podjęcie utworzenia gospodarki wodorowej jest nie tylko zasadne, ale wręcz konieczne.

Inwestycje wodorowe

Według raportu Frost & Sullivan, globalna produkcja wodoru wzrośnie z obecnych 71 mln ton (przy dzisiaj-

szym zapotrzebowaniu na poziomie 115 mln ton) do 168 mln ton rocznie do 2030 r. Oczekuje się, że przychody na rynku wzrosną z 177,3 mld dolarów w 2020 r. do 420 mld dolarów w 2030 r. Z kolei według Hydrogen Council, do 2050 r. wartość międzynarodowego rynku wodoru może wynieść nawet 2,5 bln dolarów, zaspokajając 18% światowego zapotrzebowania na energię, zapewniając 30 mln miejsc pracy na całym świecie i zmniejszając emisję dwutlenku węgla o 6 gigaton rocznie. Do 2050 r. produkowanych ma być 800 mln ton wodoru rocznie.

Obecna niepewność regulacyjna w Europie powoduje, że ponad 95% inwestycji w wodór czeka na ostateczne decyzje inwestycyjne. Mimo to Unia chce do 2030 r. uzyskać 20 mln ton odnawialnego wodoru: 10 mln ton unijnej produkcji i 10 mln ton z importu, zaś dzięki transgranicznemu handlowi wodorem i jego pochodnymi koszty dostaw mają być obniżone o 25%, co da oszczędności rzędu 6 bilionów dolarów do 2050 r. Wodór potrzebuje do tego dobrych relacji biznesowych i handlowych, dostępu do finansowania, kredytów, ulg, zwolnień z podatków i dopłat oraz ułatwień w prowadzeniu biznesu – inkubatorów, start-upów i projektów sektorowych.

Przedsięwzięcia wodorowe są drogie, a ich stopa zwrotu rozłożona na lata. Dlatego głównymi motorami napędowymi w początkowym okresie funkcjonowania rynku wodorowego będą duże międzynarodowe przedsiębiorstwa, spółki Skarbu Państwa z branży paliwowo-energetycznej oraz samorządy.

Produkcja H₂

Wodór jest gazem bezbarwnym i bezwonny, jednak najbardziej pożądanym jest wodór zielony – wytworzony przy wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii. Z drugiej strony skali jest wodór w odcieniach szarości i czerni – uzyskiwany z gazu ziemnego czy węgla, z dużym śladem węglowym dla środowiska. 96% obecnej produkcji wodoru na świecie zaszerogowane jest w ciemnych barwach.

Wodór jest wszechstronnym, łatwo dostępnym i przyjaznym dla środowiska zasobem, który podczas spalania wytwarza czystą wodę i ciepło. W przeszłości był tradycyjnie używany jako surowiec w takich procesach przemysłowych jak synteza amoniaku czy rafinacja ropy naftowej. Osiągnięcia badawcze ostatnich 20 lat wykazały, że wodór może być wykorzystywany również do wielu innych zastosowań, w tym wytwarzania energii elektrycznej czy transportu i magazynowania energii z okresowych źródeł odnawialnych. Wodór może być wytwarzany na miejscu i tam wykorzystywany bądź produkowany centralnie, a następnie dystrybuowany. Gaz wodorowy można wytwarzać z metanu, benzyny, biomasy, węgla, wody, biogazu rolniczego czy odpadów komunalnych.

Wodór produkowany jest w procesach: gazyfikacji węgla (wodór czarny), reformingu parowego i częściowego utlenienia (wodór szary); z wykorzystaniem biomasy, np. z organicznych odpadów komunalnych lub pozostałości z hodowli zwierząt i upraw rolniczych (wodór turkusowy), a także elektrolizy wody (wodór fioletowy – w przypadku wykorzystania nadwyżki energii elektrycznej powstałej w elektrowni jądrowej, wodór żółty – w przypadku wykorzystania elektrolizera zasilanego z sieci elektrycznej o mieszanym pochodzeniu i wodór zielony – w przypadku wykorzystania jedynie prądu i wody). Pozostałe metody pozyskiwania wodoru to: termochemiczne rozdzielanie wody, fotoelektrochemiczne rozdzielanie wody, procesy fotobiologiczne oraz mikrobiologiczna konwersja biomasy.

Zielony wodór pozyskiwany w elektrolizie wody to metoda, w której woda jest rozdzielana na wodór i tlen. Energię odnawialną można wykorzystać do zasilania elektrolizerów do produkcji wodoru z wody, co zapewnia zrównoważony system niezależny od produktów naftowych. Nie występuje zanieczyszczenie środowiska i nie jest wytwarzana żadna emisja. Do zasilania elektrolizerów można wykorzystać różne źródła OZE: energię wiatrową, wodną, słoneczną bądź pływów.



H2 mobility

Najważniejsze daty H2 mobility ostatnich lat to: 2003 r. – pierwszy samolot z ogniwem paliwowym, 2004 r. – autobusy wodorowe na ulicach Londynu, 2008 r. – pierwszy samochód osobowy z ogniwem paliwowym, 2015 r. – pierwsza stacja tankowania wodoru w Wielkiej Brytanii, 2016 r. – pierwszy samolot pasażerski z ogniwem paliwowym, 2017 r. – pierwsze na świecie tramwaje wodorowe w Chinach, 2018 r. – pociągi napędzane wodorem zaczynają kursować w Niemczech, 2019 r. – dron napędzany wodorem leci ponad godzinę z ładunkiem o wadze ok. 5 kg.

Obecnie ok. 75% emisji CO₂ pochodzi z transportu drogowego. W niedalekiej przyszłości wodór ma być w coraz większym stopniu stosowany w obszarze elektromobilności. Na ulicach pojawią się samochody elektryczne ładowane prądem z paneli fotowoltaicznych, zamontowanych na dachach garaży czy aut. Będą one wykorzystywane w miastach, lecz pojazdy pokonujące trasy liczące kilkaset bądź kilka tysięcy kilometrów będą bazować na wodorze.

Wykorzystanie pojazdów napędzanych wodorowymi ogniwami paliwowymi wymagać będzie rozwinięcia infrastruktury o stacje tankowania wodoru – ich liczba w Europie w 2020 r. wynosiła zaledwie 125 (przy 92 tys. stacji benzynowych i 32 tys. stacji LPG). Rozbudowa sieci stacji wodorowych zajmie kilka lat i przewidziana jest w strategiach wodorowych większości państw europejskich. Polska Strategia Wodorowa przewiduje budowę 32 stacji tankowania wodoru do 2025 r.

Faktem jest, że stacje wodorowe umożliwiają produkcję wodoru na miejscu. Stacja taka składa się z zasobnika wodoru oraz dystrybutora. Wodór sprężany jest do dwóch ciśnień, które są standardem w pojazdach: 700 barów dla samochodów osobowych oraz 350 barów dla ciężkich pojazdów, autobusów i ciężarówek. Temperatura gazu do tankowania wynosi -40°C i rośnie w trakcie tan-

kowania samochodu. Pomiar ilości wodoru dokonuje się w kilogramach, a nie w litrach. Cała procedura tankowania zajmuje ok. 3-5 minut – przy zasięgu pojazdu rzędu ok. 600 km.

Należy podkreślić, że wodór będzie odgrywał kluczową rolę w niektórych sektorach trudnych do zdekarbonizowania, szczególnie w transporcie dalekobieżnym – lotowym, morskim oraz powietrznym.

Magazynowanie i dystrybucja H₂

Przypomnijmy, że wodór jest najlżejszym pierwiastkiem, co sprawia, że ma bardzo korzystny stosunek gęstości energii do jej masy, jednocześnie gęstość energii w porównaniu do objętości jest na bardzo niskim poziomie. Innowacyjność wodoru pozwala magazynować nadmiar energii – zarówno z paliw kopalnych, jak i z OZE – i uwalniać ją, gdy zachodzi taka potrzeba.

Optymalna metoda to produkcja wodoru za pomocą elektrolizy wody z wykorzystaniem np. farm fotowoltaicznych i wiatrowych. Zmagazynowane podczas tego procesu nadwyżki wodoru można wykorzystać w dystrybutorach do tankowania samochodów z napędem wodorowym, zamienić go z powrotem na prąd elektryczny za pomocą ogniw wodorowych w czasie niedoboru energii lub wykorzystać w układach kogeneracyjnych, które mogą pracować w sposób ciągły lub awaryjny w przypadku zaniku napięcia z sieci. Zmagazynowaną w wodorze energię można wykorzystać, gdy jest potrzebna, zaś produkować ją w sposób ciągły lub gdy pojawiają się nadwyżki energii. Dzięki wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii nie występuje emisja CO₂ do atmosfery.

Wodór może być transportowany w rurociągach, cysternach i tankowcach – jako wodór ciekły (LH₂ – liquid hydrogen) lub gaz sprężony (CGH₂ – compressed gaseous hydrogen). Jeżeli wodór ma być używany ostatecznie w postaci ciekłej, dobrym rozwiązaniem jest rurociąg umożliwiający transport w tym stanie skupienia. Koniecz-

ne jest wówczas schłodzenie wodoru do wartości ok. -253°C i transport w próżniowych, izolowanych naczyniach (rurociągach lub zbiornikach) pod ciśnieniem do 10 MPa. Przesył możliwy jest już od relatywnie niskich objętości, nawet kilkunastu ton ciekłego wodoru na dobę, co odpowiada mocy kilkunastu MW.

Ilość minimalnego transportu linią wysokiego napięcia, kabla morskiego lub w gazociągu CGH₂ z ekonomicznego punktu widzenia zaczyna się przy 2 GW (2000 MW), a preferowana ilość mocy przesyłowej to 4-6 GW. System rurociągów na ciekły wodór jest jednak bardzo drogi, dlatego realizuje się tylko krótkie odcinki, nieprzekraczające 1 km. Najczęściej odbiorcą takiego wodoru są duże kampusy naukowe (CERN, DESY) czy ośrodki związane z programami kosmicznymi (NASA, ESA). Powszechniejszy jest transport LH₂ na większe odległości w zbiornikach kriogenicznych. Około 85% komercyjnego wodoru w USA transportowane jest w postaci LH₂ na drogach i torach.

Transport wodoru gazociągiem w postaci sprężonego gazu może być z powodzeniem stosowany na duże odległości – rzędu nawet kilkunastu tysięcy kilometrów. Jednak koszt takiego transportu, w porównaniu do przesyłu gazu ziemnego, będzie wyższy ok. 1,5 raza. To dlatego, iż wodór wymaga 3,5-krotnie większej kompresji do przestania tego samego ekwiwalentu energii.

Perspektywy finansowe

Faktem jest, że Unijny Fundusz Innowacji z budżetem 3 mld euro zakłada m.in. inwestycje rzędu 1 mld euro na elektryfikację oraz produkcję i wykorzystanie wodoru ze źródeł odnawialnych w przemyśle, 700 mln euro na produkcję w czystej technologii kluczowych komponentów do energii odnawialnej, magazynowania energii i wodoru ze źródeł odnawialnych oraz 300 mln euro na wsparcie średniej wielkości projektów pilotażowych o głębokim potencjale dekarbonizacji. Powstanie też Europejski Bank Wodoru, który wspólnie z Funduszem Innowacji ma wy-

pełnić 100% luki kosztowej produkcji zielonego wodoru w UE w porównaniu do szarego.

W 2021 r. średnie ceny wodoru zielonego wynosiły 3-5 dolarów za kg, niebieskiego – 2 dolary za kg i szarego – 1,5 dolara za kg. Szacuje się, że docelowo (2050 r.) cena wodoru zielonego będzie dążyć do 1 dolara za kg, przy czym w obecnej dekadzie nastąpi gwałtowny spadek jego ceny – do poziomu ok. 2 dolarów za kg.

Jak zbudować unijną i krajową strategię wodorową?

Strategie wodorowe na poziomie unijnym i w poszczególnych krajach członkowskich UE z jednej strony koncentrują się na zwiększeniu całej gospodarki wodorowej, z drugiej zaś wspierają rozwiązania dla produkcji nisko- i zeroemisyjnych. Rezultatem realizacji strategii ma być znaczny wzrost udziału zielonego wodoru w najbliższej dekadzie.

Komisja Europejska przyjęła strategię dotyczącą wodoru w lipcu 2020 r., gdzie wskazała wodór jako priorytet inwestycyjny w unijnym planie odbudowy. Zainicjowała tym samym europejski sojusz na rzecz czystego wodoru, angażujący biznes, społeczeństwo obywatelskie oraz władze krajowe i regionalne, aby wspierać inwestycje i pobudzić popyt w sektorze energetycznym.

Unijna strategia zakłada, że w latach 2020–2024 zainstalowana moc elektrolizerów, zasilanych energią z OZE, będzie wynosiła 6 GW, co pozwoli uzyskać nawet do 1 mln ton zielonego wodoru na terenie UE. W latach 2025–2030 wodór stać ma się zintegrowaną częścią systemu elektroenergetycznego, a do 2030 r. zostaną zainstalowane elektrolizery wytwarzające wodór z OZE o łącznej mocy minimum 40 GW. Pozwoli to wyprodukować ok. 10 mln ton zielonego wodoru. Planowane nakłady inwestycyjne na elektrolizery do 2030 r. to 24-42 mld euro. Dodatkowo powstaną nowe moce OZE, które zostaną podłączone do elektrolizerów. Ich moc szacuje się na 80-120 GW, a koszt ich budowy na 220-340 mld euro.



UE wyznacza nowe ścieżki zmierzające do przyspieszenia wdrażania wodoru, a także jego importu z krajów trzecich. Obecnie już 30% projektów planowanych na całym świecie w zakresie produkcji odnawialnego wodoru znajduje się w Europie. Aby dalszy rozwój był możliwy, wodór potrzebuje stabilnej polityki rządu, ciągłości realizowania strategii i wdrażania technologii wodorowych, regulacji prawnych wynikających z przepisów unijnych, globalnych i specyfikacji krajowej oraz transparentności działań regulacyjnych i niezależnienia od subiektywnych interesów politycznych.

Polski rząd przyjął Polską Strategię Wodorową (PSW) w listopadzie 2021 r. Jej celem jest wskazanie kierunku rozwoju gospodarki wodorowej w naszym kraju do 2030 r., z perspektywą do 2040 r. Krajowa strategia zakłada uruchomienie do 2025 r. instalacji typu P2G (Power-to-Gas) o minimalnej mocy 1 MW, współspalanie wodoru w turbinach gazowych, wsparcie badań i rozwoju w zakresie tworzenia układów ko- i poligeneracyjnych, rozwój magazynów energii opartych na technologiach wodorowych oraz nakłady badawcze w zakresie kompaktowych układów P2G i G2P. Wodór ma również odegrać znaczną rolę w transporcie miejskim, drogowym, kolejowym, morskim i lotniczym.

Wskaźnikami osiągnięcia celów PSW do 2030 r. będą:

- zainstalowana moc instalacji do produkcji niskoemisyjnego wodoru: 50 MW do 2025 r. i 2 GW do 2030 r.,
- liczba dolin wodorowych – co najmniej pięć,
- liczba będących w użyciu autobusów wodorowych: 100-250 do 2025 r. i 800-1000 do 2030 r.,
- liczba stacji wodoru: minimum 32 do 2025 r.,
- realizacja Porozumienia na rzecz budowy gospodarki wodorowej (zawarte w październiku 2021 r.),
- utworzenie Ekosystemu Innowacji Dolin Wodorowych;
- utworzenie Centrum Technologii Wodorowych.

Edukacja wodorowa

Coraz częściej podejmowane są też inicjatywy związane z szerzeniem wiedzy na temat wodoru. Należy podkreślić, że światowe wydatki rządowe na badania i rozwój w dziedzinie energii w 2019 r. wzrosły o 3% do 30 mld dolarów i były skierowane głównie na niskoemisyjne technologie energetyczne. Najsilniejszy wzrost w tym kierunku odnotowano w Europie i Stanach Zjednoczonych – wydatki publiczne na badania i rozwój w dziedzinie energii wzrosły w obu gospodarkach o 7%.

Jednak wodorowa idea potrzebować będzie dokładnie przemyślanej i długofalowej strategii oraz społecznej akceptacji dla nowych technologii. Brak przyzwolenia społecznego może skutkować problemami dla komercjalizacji i wdrażania nowych rozwiązań. Ważna będzie edukacja – od szkół podstawowych zaczynając, na powstawaniu nowych kierunków studiów kończąc, a także prace działów marketingu i PR w wodorowych firmach, gdzie powstać muszą nowe kampanie dotyczące transformacji i technologii energetycznych, zaś media i dziennikarze specjalizujące się w energetyce muszą wejść w nowe role.

Niezbędne będą szkolenia w zakresie obsługi urządzeń, a także w instytucjach związanych pośrednio z technologiami wodorowymi – administracji publicznej, przedsiębiorstwach komunalnych czy spółkach komunikacyjnych. Obok profesjonalistów dysponujących wiedzą techniczną rynek poszukiwać będzie osób z doświadczeniem oraz zdolnościami osobistymi i interpersonalnymi. Liderzy tacy są niezbędni do komercjalizowania rozwiązań wodorowych.

Energia przyszłości polskich miast i wsi?

Polska znajduje się w pierwszej trójce wśród państw UE, które wytwarzają najwięcej wodoru. W naszym przypadku produkcja sięga 1,3 mln ton rocznie – u liderujących Niemiec jest to ponad 1 mln ton więcej. Jednak obecnie aż 95% wodoru w Polsce powstaje z gazu ziemnego – tylko 5% wodoru można więc nazwać zielonym.



Miasta, które postawią na wodór, zyskają niezależność energetyczną, oszczędności finansowe, a likwidując smog – czyste powietrze. Jednym z kluczowych podmiotów finansujących transformację wodorową w polskich samorządach może być Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), który już dzisiaj oferuje preferencyjne finansowanie zwrotne lub granty na rozwój technologii wodorowych w kraju. Należy oczekiwać, że oferta finansowania dla rozwoju wodoru w Polsce będzie w przyszłości uzupełniona przez regulowany system wsparcia, np. aukcje wodorowe, które już powstają w innych państwach UE (np. w Niemczech i Rumunii).

Wychwytywanie CO₂

Powszechnie wiadomo, że znaczna ilość globalnej emisji CO₂ spowodowana jest bezpośrednim spalaniem paliw kopalnych w celu generacji ciepła. Procesy te zawierają się od produkcji w hutach, poprzez elektrociepłownie ogrzewające mieszkania i wodę, a kończąc na podgrzewaniu żywności w kuchenkach gazowych. Efektem bezpośredniego spalania wodoru jest woda i ciepło. W procesie tym nie są generowane żadne inne związki, przez co wodór może stanowić substytut gazu ziemnego, natomiast obecnie jest to ekonomicznie nieopłacalne. Dodatkowo wymagać będzie wymiany całej infrastruktury od gazociągów po odbiorniki końcowe, dlatego należy się spodziewać, że bezpośrednie spalanie wodoru stosowane będzie miejscowo i z czasem powoli się rozwinie. Warto podkreślić, że gęstość energii na jednostkę masy dla wodoru wynosi 143 MJ/kg, gdzie gaz ziemny ma wartość 53,6 MJ/kg, czysty metan 55,6 MJ/kg, a benzyna czy ropa naftowa ok. 46,3 MJ/kg.

Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej, 96% wodoru produkowanego na całym świecie jest wytwarzane przy użyciu paliw kopalnych – węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego – w procesie znanym jako reforming. Wiąże się to z łączeniem paliw kopalnych z parą wodną

i podgrzaniem ich do ok. 800°C. Produktami końcowymi są dwutlenek węgla i wodór. Te dwa gazy są następnie rozdzielane. CO₂ jest często emitowany do atmosfery, przyczyniając się do efektu cieplarnianego, a wodór może być wykorzystywany w wielu gałęziach przemysłu, przy czym jego wykorzystanie w postaci paliwa uwalnia do atmosfery jedynie parę wodną.

System wychwytywania CO₂ z instalacji, które spalają paliwa kopalne, jest dobrze poznany i obecnie wykorzystywany w wielu zastosowaniach przemysłowych. Technologia ta jest jak dotąd uważana za najbardziej obiecującą pod kątem przyszłych zastosowań w energetyce na dużą skalę ze względu na łatwość implementacji.

Ze względu na metodę stosowaną do usuwania CO₂ ze strumieni gazowych technologie usuwania CO₂ ze spalin można podzielić na absorpcyjne (fizyczna i chemiczna), membranowe, kriogeniczne, adsorpcyjne oraz biologiczne. Wybór technologii separacji w znaczący sposób zależy od właściwości gazu: temperatury, ciśnienia, stężenia CO₂ oraz wielkości strumienia.

Najbardziej rozpowszechnionymi metodami separacji CO₂ na skalę przemysłową są procesy absorpcji fizycznej i chemicznej. Od lat wykorzystywane są one w przemyśle petrochemicznym do oddzielania składników kwaśnych, w tym ditlenku węgla z mieszanin gazowych. Pozostałe metody usuwania CO₂, takie jak adsorpcja, separacja membranowa i kriogeniczna są oferowane na znacznie mniejszą skalę.

Instalacje Power-to-Gas

Power-to-Gas to technologia, gdzie nadwyżka energii odnawialnej jest magazynowana jako energia chemiczna w postaci wodoru. Wodór taki może być wykorzystany na miejscu lub przetransportowany do zbiorczego węzła i dystrybuowany dalej. Gdy moc jest ponownie potrzebna, wodór może być zużyty do produkcji energii.



Dekarbonizacja przemysłu

Wodór to najbezpieczniejszą formą energii do wykonywania energochłonnych zadań. W rzeczywistości energia wodorowa jest trzy razy silniejsza niż benzyna czy inne paliwa kopalne. Wydajność i moc energii wodorowej sprawiają, że jest to idealne źródło paliwa dla statków kosmicznych. Dla wielu sektorów gospodarki wodór będzie jedną z wiodących ścieżek dekarbonizacji, np. nadal dla produkcji nawozów, ponadto dla przemysłu stalowego czy chemicznego i transportowego.

Partnerstwa i doliny wodorowe

Warto przypomnieć, że budowa gospodarki wodorowej opierać się będzie na powstaniu dolin wodorowych, które zgodnie ze Strategią wodorową UE mają stać się spójnym elementem Europejskiego Ekosystemu Wodorowego. Planowane jest tworzenie warunków dla rozwoju przemysłu wodorowego w mechanizmie ekosystemowym, który będzie również zintegrowany na poziomie regionalnym, krajowym i międzynarodowym.

Polski Ekosystem Innowacji Dolin Wodorowych będzie obejmować innowacyjne przedsięwzięcia przemysłowe, projekty inwestycyjne o dużej, wieloletniej skali realizowane w ramach określonego obszaru geograficznego, opierając się na selektywnie i celowo dobranych oraz skoordynowanych w ramach dolin wodorowych w wymiarze innowacyjnym, technologicznym, infrastrukturalnym, przemysłowym i naturalnym. Budowa i funkcjonowanie ekosystemu musi być skoordynowane na poziomie krajowym i zintegrowane z międzynarodowym systemem gospodarczym. Będzie on zarządzany przez „Instytucję Koordynującą” dla zapewnienia powstawania polskiego przemysłu wodorowego o potencjale konkurencyjnym w skali globalnej.

Doliny Wodorowe powinny łączyć możliwie największą liczbę ogniw łańcucha wartości, kładąc szczególny nacisk na rozwój segmentu B+R+I, w kierunku maksymalnego

zaspokojenia potrzeb odbiorców w wielu obszarach. W ten sposób powinien powstać skoordynowany i zintegrowany ekosystem powiązań, umożliwiający osiągnięcie masy krytycznej technologii, wiedzy, badań i biznesu dla stworzenia samowystarczalnego i samodzielnego ekosystemu gospodarki wodorowej.

Certyfikacja wodoru

Certyfikacja wodoru obejmuje proces jego produkcji od samego początku aż do indywidualnego miejsca dostawy. Celem nadrzędnym jest utrzymanie niskiego poziomu emisji dwutlenku węgla bądź jego kompensacji w całym łańcuchu dostaw. Możliwe jest również certyfikowanie tylko poszczególnych części łańcucha dostaw. Pozostała emisja CO₂ może zostać zneutralizowana poprzez bezpośrednie lub pośrednie działania kompensacyjne.

W skład certyfikatu zielonego wodoru wchodzi metody jego produkcji (elektroliza, reforming parowy, proces chloro-alkaliczny itd.), techniki transportu (linie i rurociągi gazowe, zbiorniki) oraz zastosowanie/wykorzystanie wodoru (w e-mobilności, przemyśle, wytwarzaniu energii elektrycznej czy ciepłej itp.). ■

Materiał promocyjny nadesłany przez Grupę MTP, która jest organizatorem wydarzenia pod nazwą: „Środkowoeuropejskie Forum Technologii Wodorowych H2POLAND”

Źródła

- www.h2poland.eu (dostęp: 1.03.2023).
- Szkoła Wodorowa. Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego. Poznań 2021.
- Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040 r. 2021.
- Prawo wodorowe – środowisko regulacyjne wspierające rozwój gospodarki wodorowej. UN Global Compact Network Poland. 2022.
- Instytut Technologii Paliw i Energii, <https://www.itpe.pl/> (dostęp: 1.03.2023).



dr Katarzyna Iwińska, Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ), ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa, e-mail: katarzyna.iwinska@orgmasz.lukasiewicz.gov.pl



Joanna Grudowska, (Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Organizacji i Zarządzania w Przemśle ORGMASZ), ul. Żelazna 87, 00-879 Warszawa, e-mail: joanna.grudowska@orgmasz.lukasiewicz.gov.pl

Bezpieczny wodór – interdyscyplinarne wsparcie rozwoju polskiego wodoru

Wodór (H_2) odgrywa strategiczną rolę w procesie dekarbonizacji i transformacji energetyczno-klimatycznej, która aktualnie stanowi jedno z głównych wyzwań społeczno-gospodarczych. H_2 jest strategicznie cennym zasobem z perspektywy polskiej racji stanu, który w obliczu transformacji energetyczno-klimatycznej może pozytywnie wpłynąć na bezpieczeństwo energetyczne Polski. Dodatkowo może zapewnić przewagi konkurencyjne dla polskiej gospodarki. Każda technologia funkcjonuje nierozdzielnie w kontekście społecznym i z udziałem społeczeństwa, stąd naturalną potrzebą jest interdyscyplinarne podejście do wdrażania technologii i gospodarki wodorowej, na co odpowiada projekt „Bezpieczny wodór”.



Bezpieczny Wodór

Horyzont strategiczny wodoru

Redukcja emisji gazów cieplarnianych i osiągnięcie neutralności klimatycznej są niezbędne do osiągnięcia celów Porozumienia Paryskiego [1] i Europejskiego Zielonego Ładu [2]. Zgodnie z pakietem unijnych aktów prawnych Fit for 55 [3], **do 2030 roku Unia Europejska planuje ograniczyć emisję gazów cieplarnianych o co najmniej 55% w porównaniu z poziomem z 1990 r. i osiągnąć zeroemisyjność do 2050 r.** Według Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu (KPEiK) [4] na lata 2021–2030, wodór ma przyczynić się do zwiększania potencjału dywersyfikacji energetycznej i zabezpieczenia zwiększającego się zapotrzebowania na energię. KPEiK wskazuje na wykorzystywanie wodoru w celu osiągnięcia zeroemisyjności.

Polska posiada potencjał do wykorzystania wodoru w sektorach przemysłowym, transportowym oraz

w produkcji energii elektrycznej. Takie podejście do gospodarki wodorowej otwiera przed Polską duże możliwości, zarówno pod względem przemysłowym, jak i środowiskowym oraz dekarbonizacyjnym.

Z punktu widzenia rozwoju nowych technologii i infrastruktury jest to również wyzwanie społeczno-komunikacyjne, które zostało podkreślone w Europejskiej Strategii Wodorowej [5]. Podkreśla się w niej aspekty bezpieczeństwa społecznego oraz inżynierskiego: **akceptacja przez ogół społeczeństwa jest kluczem do udanego stworzenia gospodarki wodorowej.** W Europejskiej Strategii Wodorowej zaznacza się, jak ważne jest zaangażowanie opinii publicznej i zainteresowanych stron, a także znaczenie unijnych standardów bezpieczeństwa i norm technicznych dotyczących wodoru oraz wysokiej jakości rozwiązań wodorowych spełniających wymogi tych standardów i norm.



W 2021 roku opublikowano „Polską Strategię Wodową do roku 2030 z perspektywą do roku 2040” [6], która ma na celu stworzenie nowych możliwości gospodarczych poprzez rozwój technologii wodorowych w Polsce. Jednym z priorytetów strategii jest zwiększenie produkcji wodoru, zarówno z wykorzystaniem tradycyjnych źródeł, jak i z zastosowaniem technologii związanych z OZE. **Polska jest trzecim największym producentem wodoru w Europie** [7], jednak produkowany wodór pochodzi z największych zakładów przemysłowych i jest nieodnawialny, tzn. wytwarzany jest w procesie reformingu parowego. Natomiast **zgodnie z nowym paradygmatem, w Polsce mamy produkować wodór nisko- lub zeroemisyjny, zwiększyć jego wolumeny w produkcji oraz wykorzystywać w transporcie, energetyce i ciepłownictwie.**

W tym kontekście, stoimy przed wyzwaniami rozwojowymi zarówno na poziomie regionalnym jak i krajowym. **Gospodarka wodorowa rozumiana jako rozwinięty w pełni łańcuch wartości, jest w Polsce na etapie początkowego rozwoju.** Na łańcuch wartości gospodarki wodorowej składają się następujące ogniwa [6]: (1) produkcja, (2) magazynowanie i konwersja, (3) dystrybucja i (4) zastosowanie [2]. Podobnie jak większość międzynarodowych gospodarek na świecie, w Polsce wprowadzenie technologii i gospodarki wodorowej wymaga rozbudowania infrastruktury, inwestycji w nowoczesne technologie, a także szkoleń dla specjalistów i informacji dla wszystkich obywateli. Konieczne jest również opracowanie i wdrożenie odpowiedniej polityki, która zapewni wsparcie dla rozwoju i implementacji nowoczesnych technologii, a także promowanie korzyści ekologicznych i ekonomicznych wynikających z ich stosowania.

Projekt „Bezpieczny wodór” – interdyscyplinarnie o H₂

Mając na uwadze otoczenie strategiczne i gospodarcze związane z wodorem i jego rolą w transformacji energetycznej, Łukasiewicz-ORGMASZ realizuje obecnie

interdyscyplinarny **projekt „Bezpieczny wodór”** („Strategia bezpieczeństwa technologii wodorowych dla Polski na lata 2022–2030”, MEiN, NdS 545480/2022/2022). Bada się w nim aspekty związane z inżynierią bezpieczeństwa, jak i kwestie społeczno-komunikacyjne, uwzględniając również percepcję społeczeństwa polskiego.

Głównym celem projektu jest zidentyfikowanie potrzeb z zakresu bezpieczeństwa technologii wodorowych od strony technologicznej, społecznej i komunikacyjnej poprzez przeprowadzenie badań w tych obszarach i przygotowanie „Strategii bezpieczeństwa technologii wodorowych w Polsce na lata 2023–2030” na rzecz wyłaniającej się polskiej gospodarki wodorowej. Projekt jest realizowany przez **Łukasiewicz – ORGMASZ**, przy współpracy z ekspertami z akademii i biznesu oraz z instytutów Sieci Badawczej Łukasiewicz.

W ramach projektu realizowane są analizy dotyczące aspektów techniczno-inżynierskich oraz badania eksperckie, społeczne i komunikacyjne. W ramach badań eksperckich organizowane jest badanie delfickie we współpracy z ekspertami „Porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce”, zrealizowano też wywiady eksperckie (IDI, *Individual In-depth Interview*) z interesariuszami gospodarki wodorowej. Przeprowadzane są również warsztaty i spotkania z ekspertami w celu przygotowania kompleksowych opracowań na temat bezpieczeństwa techniczno-inżynierskiego technologii wodorowych.

Projekt obejmuje również badanie opinii publicznej i dyskursu publicznego związanych z wodorem w Polsce, czego głównym celem jest diagnoza społecznej percepcji, ocena akceptacji wodoru oraz potrzeb informacyjnych (wiedźowych) różnych grup społecznych. **Na moduł badań społecznych składa się kilka technik badawczych:** badanie sondażowe CAWI (*Computer Assisted Web Interview*), poprzedzone wywiadami kognitywnymi, które pozwoliły na dostosowanie pytań do odbiorców oraz fo-

kusowe wywiady grupowe (FGI, *Focus Group Interview*). Z kolei **moduł badań komunikacyjnych** obejmuje analizę dyskursu publicznego i medialnego w mediach tradycyjnych (takich jak np. audycje telewizyjne i radiowe, prasa tradycyjna i online) i nowoczesnych (tj. na twitterze, facebooku, tik-toku, dyskusje na forach internetowych, itp.).

Przeprowadzone badania i analizy są podstawą do **stworzenia wielowymiarowej strategii bezpieczeństwa**

technologii wodorowych składającej się z dwóch części:

(1) **strategii technologicznego bezpieczeństwa wodorowego:** wskazań do prac B+R w zakresie inżynierii bezpieczeństwa technologii wodorowych,

(2) **strategii społeczno-komunikacyjnego bezpieczeństwa wodorowego:** zestaw działań społeczno-komunikacyjnych wspierających rozwój gospodarki wodorowej i wdrażanie technologii wodorowych.



Rys. 1. Schemat metodologiczny projektu i realizowanych działań.



Tak pogłębiona diagnoza podejmuje bezpieczeństwo w rozumieniu technologicznym, jak i społecznym, co umożliwi m.in. planowanie efektywnych działań, które mają na celu zwiększenie świadomości społecznej na temat wodoru i jego zastosowań. To z kolei powinno **wesprzeć proces uzyskania społecznej akceptacji dla technologii wodorowych i przygotowanie efektywnej komunikacji społecznej na temat technologii wodorowych**. W szczególności chodzi również o to, aby wcześniej rozpoznać potencjalne **kontrowersje i procesy dezinformacyjne wokół technologii wodorowych i ich wdrażania**. Wspomniana strategia będzie miała charakter opracowania zawierającego program działań dla podmiotów gospodarczych, instytucji administracji publicznej oraz innych interesariuszy na rzecz osiągnięcia pożądanego poziomu bezpieczeństwa technologii wodorowych w trzech obszarach: **technologicznym, społecznym oraz komunikacyjnym**.

Podsumowanie

„Bezpieczny wodór” **jest pierwszym w Polsce projektem, który w interdyscyplinarny sposób analizuje kwestie rozwoju gospodarki wodorowej**. W ramach projektu jest przeprowadzanych wiele zintegrowanych analiz, które obejmują aspekty techniczne, społeczne i komunikacyjne.

W projekcie **kwestie społeczne są traktowane jako równoważne wobec kwestii technologicznych**, ponieważ opinia społeczna (w szczególności obawy i lęki oraz potencjalne kryzysy dezinformacyjne) mogą skutecznie opóźniać lub nawet blokować realizację nowych inwestycji.

Projekt będzie stanowił ważny wkład w rozwój technologii wodorowych, zwracając szczególną uwagę na ich bezpieczne wykorzystanie w codziennym życiu i w nowych oraz aktualnych inwestycjach. Projekt pokazuje, **że inżynieria i nauki społeczne mogą efektywnie współpracować w celu opracowania kompleksowych i zrównoważonych rozwiązań technologicznych i społecznych**, w konsekwencji kreując pozytywny wpływ na społeczeństwo i środowisko przyrodnicze. ■

ważnych rozwiązań technologicznych i społecznych, w konsekwencji kreując pozytywny wpływ na społeczeństwo i środowisko przyrodnicze. ■

Bibliografia

- [1] Porozumienie Paryskie, [EUR-Lex- 22016A1019\(01\)- PL- EUR-Lex \(europa.eu\)](#) [dostęp: 26.03.2023].
- [2] Europejski Zielony Ład. COM(2019)640 final, [EUR-Lex - 52019DC0640- PL- EUR-Lex \(europa.eu\)](#) [dostęp: 26.03.2023].
- [3] Fit for 55. COM(2021) 550 final, [EUR-Lex - 52021DC0550- EUR-Lex \(europa.eu\)](#) [dostęp: 26.03.2023].
- [4] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. 2019. [Krajowy Plan na rzecz Energii i Klimatu, Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 - Ministerstwo Klimatu i Środowiska - Portal Gov.pl \(www.gov.pl\)](#) s. 12 [dostęp: 26.03.2023].
- [5] Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 19 maja 2021 r. w sprawie europejskiej strategii w zakresie wodoru, [Teksty przyjęte- Europejska strategia w zakresie wodoru - Środa, 19 maja 2021 r. \(europa.eu\)](#) [dostęp: 26.03.2023].
- [6] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. 2021. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040, Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 - Ministerstwo Klimatu i Środowiska - Portal Gov.pl (www.gov.pl) s. 7 [dostęp: 26.03.2023].
- [7] Instytut Energetyki. Analiza potencjału technologii wodorowych w Polsce do roku 2030 z perspektywą do 2040 roku, https://klastrowodorowy.pl/images/zdjecia/9_Analiza_potencjalu_tehnologii_wodorowych_opracowanie.pdf s. 86 [dostęp: 21.04.2023].

Kod QR prowadzący do projektu

„Bezpieczny wodór”:





Notka biograficzna

Dr Katarzyna Iwińska: prorektorka ds. badań naukowych w Collegium Civitas, koordynatorka projektu „Bezpieczny wodór”, socjolożka, ekspertka i kierowniczka badań w międzynarodowych projektach dot. transformacji energetycznej i dekarbonizacji. Od 2013 roku zajmuje się percepcją społeczną zmian społecznych w środowisku, realizowała badania przy dużych inwestycjach (elektrownie jądrowe, geotermia, gaz łupkowy). Jej zainteresowania naukowe koncentrują się wokół problematyki aktywizacji społeczeństwa obywatelskiego, socjologii życia publicznego i społecznych aspektów ochrony środowiska. Jest współautorką opracowań z zakresu demokracji środowiskowej i edukacji dla zrównoważonego rozwoju oraz autorką publikacji na temat podmiotowego sprawstwa, partycypacji społecznej i aktywności ekologicznej. Współautorka lub autorka ponad 30 prac akademickich.

Joanna Grudowska: badaczka i specjalistka ds. zarządzania w projekcie „Bezpieczny wodór”. Specjalistka ds. badawczych w Dziale Badań Naukowych Łukasiewicz-ORGMAZ. Autorka artykułów naukowych, realizatorka projektów badawczych (społecznych, partycypacyjnych i marketingowych). Ambasadorka Zrównoważonego Rozwoju w latach 2021–2022 w ramach programu organizowanego przez UNAP. Absolwentka Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Socjolożka, której zainteresowania są związane ze studiami nad nauką i technologią, zrównoważonym rozwojem i narodowym system innowacji. Realizowała projekty badawcze dot. kontrowersji wokół smogu, foresightu, funkcjonowania organizacji badawczej, zrównoważonego rozwoju i technologii wodorowych.



Łukasiewicz-ORGMAZ jest interdyscyplinarną jednostką badawczą specjalizującą się w obszarze STI (Science, Technology, Innovation). Łączy kompetencje analityków, badaczy, naukowców z zakresu socjologii, ekonomii, prawa i inżynierii oraz praktyków z instytucji publicznych, korporacji, consultingu i biznesu. Łukasiewicz-ORGMAZ jest jednym z instytutów Sieci Badawczej Łukasiewicz, czyli trzeciej największej sieci badawczej w Europie. Łukasiewicz działa w czterech strategicznych dla rozwoju państwa kierunkach: transformacja cyfrowa, inteligentna i czysta mobilność, zrównoważona gospodarka i energia, zdrowie. Sieć skupia 4500 pracowników naukowo-badawczych reprezentujących liczne obszary sektora B+R, w tym technologii wodorowych.

Piotr ZAWADZKI¹, Adam SMOLIŃSKI^{1,*}

¹ Główny Instytut Górnictwa, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

*) smolin@gig.katowice.pl

Otrzymywanie zielonego wodoru w procesie elektrolizy wody odzyskanej ze ścieków komunalnych

Streszczenie

Okolo 95-96% całego produkowanego obecnie wodoru pochodzi z paliw kopalnych. Wodór produkowany z paliw kopalnych jest tzw. wodorem szarym. Niestety produkcji tego wodoru towarzyszy emisja gazów cieplarnianych. Alternatywą jest otrzymywanie tzw. zielonego wodoru, którego proces otrzymywania odbywa się w sposób bezemisyjny. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu procesu elektrolizy wody. Warunkiem otrzymania zielonego wodoru jest wykorzystanie w procesie elektrolizy czystego źródła energii pochodzącego z odnawialnych źródeł energii (pochodzącej z farmy fotowoltaicznej lub wiatrowej). Nacisk na otrzymywanie zielonego wodoru położony jest praktycznie we wszystkich strategiach wodorowych krajów Unii Europejskiej. Na chwilę obecną koszt produkcji wodoru zielonego jest blisko trzykrotnie wyższy niż koszt produkcji wodoru konwencjonalnego (szarego). W związku z tym trwają poszukiwania tańszych i czystszych sposobów produkcji wodoru, a ścieki komunalne traktowane są jako interesujące źródło wody zasilającej elektrolizery. Woda odzyskana ze ścieków komunalnych, w zależności od parametrów użytkowych, może być wykorzystana do zasilania procesów technologicznych, mycia urządzeń i placów, do podlewania, a także do produkcji wodoru w procesie elektrolizy, a nawet jako źródło wody pitnej. W niniejszej pracy przedstawiono ideę wykorzystania ścieków komunalnych jako źródła wody do procesu elektrolizy. Przedstawiono stosowane urządzenia i wymagania technologiczne wód zasilających elektrolizery.

Wprowadzenie

Obecnie stosowane konwencjonalne metody oczyszczania ścieków komunalnych nie są ukierunkowane na odzysk wody ze ścieków [1]. W celu obniżenia ładunku zanieczyszczeń (wyrażonych jako BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólne, azot ogólny, fosfor ogólny), w komunalnych oczyszczalniach ścieków stosuje się konwencjonalne technologie oczyszczania ścieków (mechaniczno-biologiczne). W ostatnich latach problem z dostępem do czystej wody, jak również światowy kryzys wodny oraz surowe regulacje prawne w gospodarce ściekowej spowodował, że obiekty komunalne mimo wszystko decydują się na implementację trzeciego i czwartego stopnia oczyszczania ścieków.

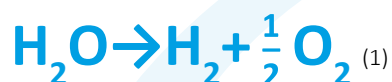
Dane literaturowe wykazują, że ścieki komunalne mogą stanowić źródło wody zasilającej elektrolizer [2]. Woda odzyskana ze ścieków komunalnych, w zależności od parametrów użytkowych, może być wykorzystana do zasilania procesów technologicznych, mycia urządzeń i placów, do podlewania, a także do produkcji wodoru w procesie elektrolizy, a nawet jako źródło wody pitnej [3].

Rozpatrując kierunki rozwoju technologii w kontekście produkcji wodoru, do perspektywicznych kierunków (w ciągu kilku najbliższych lat) można zaliczyć: fermentację beztlenową, zgazowanie biomasy, elektrolizę (z wykorzystaniem OZE), metody foto-biologiczne. Część z tych procesów już jest stosowana w odniesieniu do wodoru (elektroliza), natomiast niektóre z nich wymagają dostosowania aktualnych uwarunkowań technologicznych

(fermentacja beztlenowa). W sektorze komunalnym potencjał wykazuje zgazowanie biomasy, odzysk wodoru z biogazu wytworzonego w procesie beztlenowej przeróbki osadów ściekowych oraz elektroliza [4].

Elektroliza oczyszczonych ścieków komunalnych

Proces elektrolizy polega na wydzieleniu wodoru z wody przy udziale energii elektrycznej. Proces ten zachodzi w elektrolizerze:



Ze względu na wysoką grawimetryczną gęstość energii, wodór jest uważany za interesujący nośnik czystej energii. Jedyną opcją technologiczną do produkcji zielonego wodoru jest elektroliza wody z wykorzystaniem energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych (farma fotowoltaiczna/wiatrowa) [5]. Najpopularniejszymi urządzeniami do produkcji wodoru w procesie elektrolizy są elektrolizery alkaiczne. Na rynku dostępne są również elektrolizery z polimerową membraną elektrolitową (PEM) – mają one w stosunku do elektrolizerów alkaicznych mniejszą moc (od 200-1150 kW), lecz podobną efektywność (od 65% do 78%).

Na polskim rynku obecnych jest kilka rodzajów elektrolizerów firm takich jak, np. Cummins (elektrolizery HyLYZER® i HySTAT®), CarbonZorro (elektrolizer wodoru AEM) czy też HyGear (systemy wytwarzania wodoru HyGEN-E). W dobrym kierunku zmierzają również inne rodzime firmy, np. ML System lub Sescom, konstruując prototypowe modułowe urządzenia lub demonstratory [6]. Jest to istotny krok w kierunku komercjalizacji polskich elektrolizerów.

Wydajność poszczególnych rodzajów elektrolizerów jest zbliżona i wynosi od około 5 do 4 000 Nm³/h. Na ryn-

ku dostępne są również mniejsze jednostki do użytku laboratoryjnego, domowego itp. Zużycie energii elektrycznej w zależności od modelu może wynieść około 4,5÷4,8 kWh/Nm³. Czystość otrzymanego wodoru wynosi nawet do 99,999%. Przewiduje się, że do roku 2030 możliwa jest redukcja kosztów pozyskania zielonego wodoru o około 60% [7].

Wymagania technologiczne procesu elektrolizy ścieków

Produkcja wodoru w procesie elektrolizy wymaga stosunkowo dużych ilości wody, ponieważ nawet w idealnych warunkach do wyprodukowania 1 kg wodoru potrzeba około 9 L wody. Rozpatrując jednak sprawność elektrolizerów oraz potencjalne straty wody na cele utrzymania czystości sprzętu, zużycie wody do produkcji 1 kg wodoru w procesie elektrolizy może wynieść nawet do 22,4 kgH₂O/kgH₂ [8]. Woda wodociągowa jest najbardziej odpowiednim źródłem wody do elektrolizy ze względu na mniejsze ryzyko dostaw, niższe koszty i uniknięcie skomplikowanych procesów uzyskiwania pozwoleń. Jednak biorąc pod uwagę fakt światowego kryzysu wodnego oraz dynamicznie zmieniające się uwarunkowania formalno-prawne związane z koniecznością uzyskania stosownych pozwoleń wodnoprawnych na pobór wód z sieci wodociągowej i mając na względzie Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego nr 2020/741 w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody [9], należy poszukiwać alternatywnych możliwości i dostaw wody do procesu elektrolizy.

Do takich alternatywnych źródeł wody należą oczyszczone ścieki komunalne. Przewagą wody odzyskanej ze ścieków komunalnych jest jej niska twardość w porównaniu do wody pobieranej z sieci wodociągowej (jakość wody pitnej). Aby ograniczyć ryzyko niedostatków wody pitnej należy dążyć do zwiększenia recyklingu wody, czyli szerszego niż np. nawadnianie, wykorzystania odpo-



wiednio oczyszczonych ścieków. Istotnym problemem do rozwiązania jest jednak zmienny w czasie skład ścieków. Ścieki stanowią mieszaninę związków organicznych i nieorganicznych, które należy usunąć przed ich wprowadzeniem do procesu elektrolizy.

Zanim oczyszczone ścieki komunalne zasilą elektrolizery, muszą one najpierw zostać oczyszczone do parametrów wymaganych w procesie elektrolizy. Zazwyczaj do produkcji bardzo czystego wodoru potrzebna jest woda dejonizowana [10], tj. wolna od wszelkich substancji rozpuszczonych i zanieczyszczeń, ponieważ zanieczyszczenia mogą wpływać na reakcję osadzając się w elektrolizerach, na powierzchni elektrod i/lub w membranie. Zdefiniowana przez Amerykańskie Towarzystwo Badań i Materiałów (ASTM) zalecana wartość przewodności medium zasilającego elektrolizery powinna wynosić do około $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ lub odpowiadać parametrom wody typu I lub II wg wytycznych D1193-06, co odpowiada odpowiednio przewodności do około $0,056 \mu\text{S}/\text{cm}$ i $1 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Zgodnie z wytycznymi uznanych firm zajmujących się technologiami oczyszczania (np. Lenntech) [11], proces oczyszczania za pomocą procesów membranowych, tj.

odwróconej osmozy oraz procesy wymiany jonowej są powszechnie stosowane przed elektrolizą, aby zapewnić wodę o wystarczająco niskiej przewodności. Techniki membranowe pozwalają na odzysk wody ze ścieków komunalnych, dzięki czemu odzyskana woda może spełnić wymagania stawiane wodzie technologicznej przeznaczonej do zasilania elektrolizerów do produkcji wodoru. Dobór odpowiedniego układu membranowego do odzysku wody ze ścieków powinien uwzględniać wiele czynników, takich jak np. właściwości fizykochemiczne ścieków, konieczność podczyszczania ścieków w celu usunięcia zawiesiny, zmianę pH, dozowanie antyskalantów, wymagana ilość i parametry odzyskanej wody, koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne. W celu przygotowania ścieków konieczne jest zastosowanie procesów wstępnego podczyszczania, obejmującego m.in. koagulację, sedymentację, filtrację wstępną, chemiczne oczyszczanie. W przypadku membran do odwróconej osmozy stosuje się dodatkowo dozowanie antyskalantu w celu zminimalizowania zawartości węglanu wapnia i siarczanów, aby uniknąć osadzania się kamienia (tzw. fouling membran). Dodatkowymi zabiegami mogą być np. dezynfekcja wody



za pomocą chloru lub sterylizacja za pomocą lamp UV (eliminacja flory bakteryjnej powodująca tzw. biofouling), korekta pH, redukcja wolnego chloru, odgazowanie (usuwanie CO₂).

Podsumowanie

Dla skutecznego wdrożenia gospodarki wodorowej niezbędne jest wzmocnienie zdolności prowadzenia badań, ich rozwoju, a w konsekwencji wdrażania opracowanych rozwiązań i technologii wykorzystania wodoru w energetyce, transporcie i przemyśle, w tym realizacji badań w obszarze metod pozyskiwania i przetwarzania wody na potrzeby elektrolizy.

Niezbędnym nakładem procesu elektrolizy jest energia elektryczna i źródło wody. Elektrolizery zasilane energią ze źródeł odnawialnych (farmy fotowoltaiczne/wiatrowe) pozwalają na produkcję tzw. zielonego wodoru. Większość opracowań wskazuje na bezemisyjność technologii produkcji zielonego wodoru, jednak aby spełnić ten warunek, należałoby pokryć całość zapotrzebowania na energię elektryczną w 100% ze źródeł odnawialnych. Z kolei źródłem wody do procesu elektrolizy mogą być odpowiednio podczyszczone ścieki komunalne. Zważywszy na światowy kryzys wodny, poszukiwanie alternatywnych źródeł wody, innych niż woda wodociągowa, jest w pełni uzasadnione.

Biorąc pod uwagę koszty oczyszczania i zapotrzebowanie na energię w konwencjonalnych procesach uzdatniania, ważne jest, aby rozpowszechnić metody, które pozwolą na zmniejszenie śladu węglowego i zamknięcie obiegu wodnego w przedsiębiorstwach wodociągowo-kanalizacyjnych ■

Literatura

[1] Gangaraju, G.; Balakrishn, K.; Uma, R.; Shah, K. Introduction to Conventional Wastewater Treatment Technologies: Limi-

tations and Recent Advances; 2021, 91, 1–36. <https://doi.org/10.21741/9781644901144-1>.

[2] Winter, L. R.; Cooper, N. J.; Lee, B.; Patel, S. K.; Wang, L.; Elimelech, M. Mining Nontraditional Water Sources for a Distributed Hydrogen Economy. *Environmental Science & Technology*; 2022, 56, 15, 10577. <https://doi.org/10.1021/acsc.est.2c02439>.

[3] Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych. URL: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/potable-water-reuse-and-drinking-water> (dostęp: 16.03.2023 r.).

[4] Bristowe, G.; Smallbone, A. The Key Techno-Economic and Manufacturing Drivers for Reducing the Cost of Power-to-Gas and a Hydrogen-Enabled Energy System. *Hydrogen*; 2021, 2, 3, 273–300. <https://doi.org/10.3390/hydrogen2030015>.

[5] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy Neutralnej dla Klimatu, Bruksela, dnia 8.7.2020 r.

[6] Rynek Elektryczny. URL: <https://www.rynekelektryczny.pl/ml-system-zbudowal-elektrolizer-wodorowy-dla-instalacji-pv/> (dostęp: 16.03.2023 r.).

[7] The International Renewable Energy Agency (IRENA). Making the Breakthrough: Green Hydrogen Policies and Technology Costs, Abu Dhabi, 2021.

[8] Schmidt, O.; Gambhir, A.; Staffell, I.; Hawkes, A.; Nelson, J.; Few, S. Future Cost and Performance of Water Electrolysis: An Expert Elicitation Study. *International Journal of Hydrogen Energy*; 2017, 42, 52, 30470–30492. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.10.045>.

[9] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/741 z dnia 25 maja 2020 r. w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody.

[10] Farras, P.; Strasser, P.; Cowan, A.J. Water electrolysis: Direct from the sea or not to be?. *Joule*; 2021, 5, 8, 1921–1923.

[11] Lenntech – produkcja wody przemysłowej. URL: <https://www.lenntech.pl/process-water.htm> (dostęp: 16.03.2023 r.).

**r.pr. Wojciech Pawłuszko**

Pełnomocnik Zarządu ARP S.A. ds. Zgodności

Biuro Prawne ARP S.A.

Resort klimatu i środowiska przygotowuje ramy prawne wspierania rozwoju gospodarki wodorowej

7 kwietnia 2023 r. na stronie Rządowego Centrum Legislacji pojawił się zaktualizowany projekt rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie udzielania pomocy publicznej na rozwój technologii wodorowych oraz infrastruktury wspóttwarzyszającej w ramach Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (pierwotna wersja poddana konsultacjom była datowana na 20 lutego 2023 r.). Resort klimatu i środowiska deklaruje, że celem tego aktu prawnego jest określenie warunków udzielania pomocy publicznej na inwestycje w technologie i infrastrukturę wodorową w zakresie wytwarzania, wykorzystania, magazynowania i transportowania wodoru, rozwoju i budowy rurociągów przeznaczonych do transportu wodoru, rozwoju, budowy, wdrożenia oraz komercjalizacji i produkcji innowacyjnych jednostek transportowych napędzanych wodorem oraz budowy, instalacji, modernizacji lub rozbudowy publicznie dostępnej infrastruktury tankowania.

Liczący 519 stron Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności¹ („KPO”) przygotowany, przez urzędników Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej we współpracy z urzędnikami z innych ministerstw, na podstawie przepisów rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/241 z dnia 12 lutego 2021 r. *ustanawiającego Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności* to dokument określający cele związane z odbudową i tworzeniem odporności społeczno-gospodarczej Polski po kryzysie wywołanym pandemią COVID-19. Na jego podstawie i po spełnieniu tzw. kamieni milowych polski rząd będzie mógł ubiegać się o wsparcie w wysokości 158,5 mld zł (106,9 mld zł w postaci bezzwrotnych dotacji i 51,6 mld zł w formie preferencyjnych pożyczek) z europejskiego Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (*Recovery and Resilience Facility*). Polski KPO został zaakceptowany przez Komisję Europejską 1 czerwca 2022 r., a Rada UE zgodziła się na jego treść 17 czerwca 2022 r. Aby otrzymać pieniądze, Polska musi podpisać umowę z KE na część grantową oraz umowę na

część pożyczkową. By liczyć na wsparcie unijne, projekty i reformy wskazane w KPO muszą zostać zrealizowane do 31 sierpnia 2026 r. Warto wskazać, że 18 kwietnia 2023 r. ruszyły krajowe konsultacje publiczne w zakresie rewizji dotychczasowej treści KPO związane ze zmianą wskazanego powyżej unijnego rozporządzenia (zmienione przepisy weszły w życie w marcu 2023 r.). Chodzi o zaplanowanie działań państw członkowskich dotyczących realizacji planu REPowerEU ogłoszonego 18 maja 2022 r.² REPowerEU przewiduje dodatkowy zestaw działań unijnych na rzecz oszczędności energii, dywersyfikacji dostaw, szybkiego zastąpienia paliw kopalnych dzięki przyspieszeniu transformacji Europy w kierunku czystej energii oraz inteligentnego łączenia inwestycji i reform.

W ramach części grantowej KPO jest przewidziany komponent B pt. „Zielona energia i zmniejszenie energochłonności”, którego celem jest ograniczenie negatywnego oddziaływania gospodarki na środowisko przy jednoczesnym zapewnieniu konkurencyjności i bezpieczeństwa energetycznego oraz ekologicznego kraju. Natomiast

wśród celów szczegółowych tego komponentu znalazło się zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. By zrealizować ten cel szczegółowy, rząd przewiduje w ramach reformy poprawę warunków dla rozwoju technologii wodorowych oraz innych gazów zdekarbonizowanych. Z reformą mają być powiązane inwestycje w wysokości 800 mln euro w technologie wodorowe, wytwarzanie, magazynowanie i transport wodoru. Mają się one przełożyć na stworzenie polskiej gałęzi gospodarki wodorowej oraz wzrost wykorzystania odnawialnego i niskoemisyjnego wodoru. W KPO rząd wskazał, że do planowanych inwestycji będzie można zaliczyć:

- budowę elektrolizerów w szczególności wykorzystujących energię OZE do produkcji wodoru,
- budowę, rozbudowę oraz modernizację sieci przesyłowych oraz dystrybucyjnych do transportu wodoru oraz budowę infrastruktury umożliwiającą jego transport kołowy,
- budowę magazynów wodoru wraz z infrastrukturą techniczną umożliwiającą jego składowanie, zatłaczanie oraz użytkowanie,
- budowę urządzeń oraz infrastruktury niezbędnej do tankowania wodoru (w tym magazyny, infrastruktura dystrybucyjna oraz zabezpieczająca), a następnie wykorzystywanie go w transporcie drogowym, kolejowym oraz wodnym,
- budowę innowacyjnych jednostek transportowych zasilanych wodorem.

Finansowanie tych inwestycji w ramach dozwolonej pomocy publicznej wymaga jednak odpowiednich ram prawnych. Mają one przyjąć postać rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie udzielania pomocy publicznej na rozwój technologii wodorowych oraz infrastruktury współtowarzyszącej w ramach Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności, którego projekt został pierwotnie opublikowany na stronie Rządowego Centrum Legislacji 20 lutego 2023 r.³ Po odbyciu konsul-

tacji publicznych resort klimatu i środowiska 7 kwietnia 2023 r. opublikował zaktualizowany projekt datowany na 6 kwietnia 2023 r.

Rozporządzenie ma zostać wydane na podstawie delegacji ustawowej znajdującej się w ustawie z dnia 6 grudnia 2006 r. o zasadach prowadzenia polityki rozwoju. Stąd stosowana w nim terminologia bazuje na definicjach znajdujących się w tejże ustawie. Merytorycznie za projekt odpowiadają urzędnicy Departamentu Elektromobilności i Gospodarki Wodorowej w Ministerstwie Klimatu i Środowiska (w szczególności Szymon Byliński, dyrektor tego Departamentu), a gospodarzem projektu jest Ireneusz Zyska, Sekretarz Stanu w MKiŚ i Pełnomocnik Rządu ds. Odnawialnych Źródeł w Energii.

Rozporządzenie określa szczegółowe przeznaczenie, warunki i tryb udzielania pomocy publicznej na rozwój technologii wodorowych oraz infrastruktury współtowarzyszącej i na projekty inwestycyjne dotyczące:

- 1) wytwarzania, wykorzystania, magazynowania i transportowania wodoru,
- 2) rozwoju i budowy rurociągów przeznaczonych do transportu wodoru,
- 3) rozwoju, budowy, wdrożenia oraz komercjalizacji i produkcji innowacyjnych jednostek transportowych napędzanych wodorem,
- 4) budowy, instalacji, modernizacji lub rozbudowy publicznie dostępnej infrastruktury tankowania.

Zgodnie z rozporządzeniem pomoc publiczna będzie udzielana w formie dotacji na zasadach określonych w rozporządzeniu nr 651/2014 z dnia 17 czerwca 2014 r. uznającego niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu⁴, w kategoriach:

- 1) pomoc na badania, rozwój oraz innowacje,
- 2) pomoc na ochronę środowiska,
- 3) pomoc na rzecz portów,
- 4) pomoc regionalna.



Przepisy projektowanego rozporządzenia wskazują, że pomoc będzie udzielana, w zależności od kategorii, w kwocie nieprzekraczającej (pomoc powyżej wskazanych poniżej kwot wymaga notyfikacji Komisji Europejskiej i zatwierdzenia przez nią):

- 1) dla pomocy na badania, rozwój oraz innowacje:
 - a) 35 mln euro dla przedsiębiorcy na jeden projekt, jeżeli więcej niż połowa kosztów kwalifikowalnych projektu jest ponoszona na działania wchodzące w zakres kategorii badań przemysłowych,
 - b) 25 mln euro dla przedsiębiorcy na jeden projekt, jeżeli więcej niż połowa kosztów kwalifikowalnych projektu jest ponoszona na działania wchodzące w zakres kategorii eksperymentalnych prac rozwojowych,
 - c) 8,25 mln euro na studium wykonalności, w przypadku studiów wykonalności poprzedzających działania badawcze;
- 2) dla pomocy na ochronę środowiska:
 - a) 30 mln euro na przedsiębiorstwo na projekt inwestycyjny,
 - b) 25 mln euro na projekt w przypadku pomocy na infrastrukturę,
 - c) 30 mln euro na przedsiębiorstwo na projekt inwestycyjny w przypadku pomocy inwestycyjnej na infrastrukturę tankowania,
 - d) 70 mln euro dla przedsiębiorcy na jeden projekt inwestycyjny – w przypadku pomocy inwestycyjnej na infrastrukturę energetyczną taką jak infrastruktura do przesyłu lub do dystrybucji energii elektrycznej, magazynowanie energii elektrycznej, czy inteligentne sieci.

Projektowane rozporządzenie rozstrzyga, że pomoc na rzecz portów będzie udzielana w następującej wysokości:

- 1) 143 mln euro kosztów kwalifikowanych na jeden projekt inwestycyjny w porcie morskim;
- 2) 44 mln euro kosztów kwalifikowanych na jeden projekt inwestycyjny w porcie śródlądowym.

Pomoc na projekty badawczo-rozwojowe będzie przyznawana na pokrycie kosztów kwalifikowalnych badań przemysłowych, eksperymentalnych prac rozwojowych i studiów wykonalności na przedsięwzięcia w zakresie:

- 1) budowy nowych innowacyjnych jednostek transportowych wykorzystujących wodór jako paliwo lub inne rozwiązania technologiczne pozwalające na stosowanie wodoru jako paliwa;
- 2) modernizacji istniejących jednostek transportowych wykorzystujących wodór jako paliwo lub inne rozwiązania technologiczne pozwalające na stosowanie wodoru jako paliwa;
- 3) zwiększania skali produkcji jednostek transportowych wykorzystujących wodór jako paliwo lub inne rozwiązania technologiczne pozwalające na stosowanie wodoru jako paliwa.

Z kolei pomoc na ochronę środowiska będzie udzielana:

- 1) jako pomoc inwestycyjna na ochronę środowiska, w tym dekarbonizację umożliwiającą przedsiębiorstwom zastosowanie norm surowszych niż normy unijne w zakresie ochrony środowiska lub podniesienie poziomu ochrony środowiska w przypadku braku norm unijnych w zakresie ograniczenia lub likwidacji emisji gazów cieplarnianych, na inwestycje:
 - a) w urządzenia, maszyny i infrastrukturę wykorzystujące lub transportujące wodór w zakresie w jakim wykorzystywany lub transportowany wodór kwalifikuje się jako wodór odnawialny,
 - b) w urządzenia i maszyny wykorzystujące paliwa pochodzące z wodoru, których wartość energetyczna pochodzi ze źródeł odnawialnych innych niż biomasa i które zostały wyprodukowane zgodnie z metodami określonymi dla odnawialnych ciekłych i gazowych paliw transportowych pochodzenia niebiologicznego w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowa-



- nia energii ze źródeł odnawialnych oraz w aktach wykonawczych lub delegowanych do niej,
- c) w instalacje, sprzęt i maszyny produkujące lub wykorzystujące, i infrastrukturę dedykowaną, o której mowa w art. 36 ust. 4 akapicie czwartym rozporządzenia nr 651/2014, transportującą wodór wyprodukowany przy użyciu energii elektrycznej, który nie kwalifikuje się jako wodór odnawialny, w zakresie, w jakim można wykazać, że produkowany, wykorzystywany lub transportowany wodór uzyskany w procesie elektrolizy osiąga ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia w wysokości co najmniej 70% w porównaniu z odpowiednikiem kopalnym wynoszącym 94 g CO₂eq/MJ (2,256 tCO₂eq/tH₂);
- 2) jako pomoc inwestycyjna na infrastrukturę tankowania (stacjonarną lub ruchomą infrastrukturę dostarczającą pojazdom drogowym wodór) dla pojazdów bezemisyjnych lub niskoemisyjnych w zakresie budowy, instalacji, modernizacji lub rozbudowy publicznie dostępnej infrastruktury tankowania;
- 3) jako pomoc inwestycyjna na propagowanie energii z wodoru odnawialnego zgodnie z art. 41 rozporządzenia nr 651/2014 w zakresie:
- a) budowy instalacji do magazynowania wodoru odnawialnego (za licznikiem) wraz z bezpośrednio podłączoną do niej instalacją do produkcji energii ze źródeł odnawialnych, jeżeli oba elementy są częściami składowymi jednej inwestycji lub jeżeli magazynowanie wodoru odnawialnego jest połączone z istniejącą instalacją do produkcji energii ze źródeł odnawialnych, przy czym w skali roku instalacja do magazynowania wodoru będzie magazynowała co najmniej 75% energii z podłączonej do niej bezpośrednio instalacji wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych,
- b) budowy instalacji do produkcji wodoru odnawial-

- nego, przy czym w przypadku instalacji do produkcji wodoru odnawialnego obejmującej elektrolizer i co najmniej jedną jednostkę wytwórczą energii odnawialnej za pojedynczym punktem przyłączenia do sieci, zdolność produkcyjna elektrolizera nie przekracza łącznej zdolności produkcyjnych jednostek wytwórczych energii odnawialnej,
- c) budowy infrastruktury przeznaczonej na potrzeby przesyłu lub dystrybucji wodoru odnawialnego oraz obiektów do magazynowania wodoru odnawialnego;
- 4) jako pomoc inwestycyjna na infrastrukturę energetyczną taką jak infrastruktura do przesyłu i dystrybucji lub magazynowania energii elektrycznej czy rurociągi przesyłowe i dystrybucyjne do transportu gazu ziemnego, jeżeli infrastruktura ta jest przeznaczona do użycia wodoru lub gazów odnawialnych, lub jest wykorzystywana w ponad 50% do transportu wodoru lub gazów odnawialnych.

Zgodnie z projektowanym rozporządzeniem pomoc na rzecz portów morskich i portów śródlądowych będzie udzielana na budowę, instalację, modernizację lub rozbudowę infrastruktury tankowania. Pomoc obejmie powiązane z infrastrukturą tankowania wyposażenie techniczne, w tym stałe, ruchome lub pływające urządzenia, instalację lub modernizację komponentów innego rodzaju, niezbędnych do przyłączenia infrastruktury tankowania do lokalnej jednostki produkcji lub magazynowania wodoru, a także roboty inżynierskie, adaptację gruntów lub dróg, koszty instalacji i koszty uzyskania związanych z tym pozwoleń. Pomoc będzie również udzielana na koszty inwestycji w lokalną produkcję odnawialnego wodoru oraz koszty inwestycji w jednostki magazynowania wodoru. Nominalna zdolność produkcyjna zakładowej instalacji do produkcji wodoru ze źródeł odnawialnych nie będzie mogła przekraczać maksymalnej mocy znamion-

wej lub zdolności tankowania infrastruktury tankowania, do której jest ona podłączona.

Pomoc inwestycyjna na rzecz portów morskich będzie udzielana na pokrycie kosztów kwalifikowanych takich jak koszty (w tym planowania):

- 1) inwestycji związanych z budową, wymianą lub modernizacją infrastruktury portowej;
- 2) inwestycji związanych z budową, wymianą lub modernizacją infrastruktury zapewniającej dostęp;
- 3) pogłębiania.

W przypadku pomocy na rzecz portów morskich nieprzekraczającej 5,5 mln euro maksymalna kwota pomocy została ustalona na poziomie 80% kosztów kwalifikowanych.

Z kolei pomoc inwestycyjna na rzecz portów śródlądowych będzie udzielana na pokrycie kosztów kwalifikowanych takich jak:

- 1) inwestycje związane z budową, wymianą lub modernizacją infrastruktury portowej;
- 2) inwestycji związanych z budową, wymianą lub modernizacją infrastruktury zapewniającej dostęp;
- 3) pogłębiania.

W przypadku pomocy na rzecz portów śródlądowych nieprzekraczającej 2,2 mln euro maksymalna kwota pomocy została ustalona na poziomie 80% kosztów kwalifikowanych.

Natomiast regionalna pomoc inwestycyjna będzie przyznawana na projekty inwestycyjne dotyczące produkcji innowacyjnej jednostki transportowej napędzanej wodorem, polegającej na:

- 1) założeniu nowego zakładu;
- 2) zwiększeniu zdolności produkcyjnej istniejącego zakładu;
- 3) dywersyfikacji produkcji zakładu poprzez wprowadzenie produktów dotąd niewytwarzanych przez ten zakład lub zasadniczą zmianę całościowego procesu produkcyjnego produktu lub produktów, których dotyczy

inwestycja w ten zakład lub całości świadczenia usługi lub usług, których dotyczy inwestycja w zakład;

- 4) dywersyfikacji działalności zakładu pod warunkiem, że nowa działalność nie jest taka sama lub podobna do działalności prowadzonej poprzednio w danym zakładzie.

Ponadto regionalna pomoc inwestycyjna będzie przyznawana na wykorzystanie wodoru jako surowca lub źródła energii lub paliwa.

Intensywność pomocy będzie uzależniona od lokalizacji projektu inwestycyjnego w określonych województwach zgodnie z wytycznymi wynikającymi z mapy pomocy regionalnej na lata 2022–2027 określonej w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 14 grudnia 2021 r. *w sprawie ustalenia mapy pomocy regionalnej na lata 2022–2027*⁵.

Kwalifikowalność kosztów obejmie okres od dnia następnego po dniu złożenia wniosku o pomoc do 30 czerwca 2026 r. Podmiotami udzielającymi pomocy będą instytucje odpowiedzialne za realizację inwestycji (w praktyce minister kierujący działem administracji rządowej, któremu zgodnie z planem rozwojowym zostało powierzone zadanie realizacji inwestycji) albo jednostka wspierająca plan rozwojowy (chodzi o podmiot, któremu w drodze porozumienia albo umowy zawartych z właściwym ministrem została powierzona realizacja części zadań związanych z realizacją inwestycji, w szczególności samorząd województwa).

Pomoc publiczna na projekty będzie udzielana, na wniosek, na projekt inwestycyjny, przed jego rozpoczęciem, w drodze procedury przetargowej zgodnej z zasadami konkurencji, w sposób przejrzysty, rzetelny i bezstronny, z zapewnieniem równego dostępu do informacji o warunkach i sposobie wyboru przedsięwzięć do objęcia wsparciem z planu rozwojowego oraz równego traktowania podmiotów wnioskujących o objęcie wsparciem. Pomoc będzie udzielana przedsiębiorcy na podstawie

umowy o objęcie przedsięwzięcia wsparciem z planu rozwojowego.

Stworzenie ram prawnych na potrzeby udzielania publicznego wsparcia dla projektów wpisujących się w rozwój gospodarki wodorowej jest elementem realizacji „Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030 z perspekty-

wą do 2040 r.”⁶”, której celem jest m.in. stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego obejmującego system zachęt do produkcji wodoru i jego stosowania w różnych branżach. Możliwość sięgania przez inwestorów po pomoc publiczną z pewnością będzie istotnym czynnikiem pobudzania ich aktywności. ■

¹ Dokument dostępny tutaj: <https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/109762/KPO.pdf>.

² Treść komunikatu Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Plan REPowerEU” dostępna tutaj:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?qid=1653033742483&uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN>.

³ Treść projektu dostępna na stronie internetowej RCL: <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12369601>.

⁴ Treść rozporządzenia dostępna tutaj: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A02014R0651-20210801>.

⁵ <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20210002422>.

⁶ Treść Strategii i dokumentów towarzyszących można znaleźć tutaj: <https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030>