

WODOROWA REWOLUCJA W LOGISTYCE

Hydrogen
1
H
1.008

WYZWANIA I MOŻLIWOŚCI

dr Aleksandra Ścibich-Kopiec



W obliczu globalnych wyzwań energetycznych oraz potrzeby ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, wodór coraz częściej wymieniany jest jako kluczowy element transformacji energetycznej. Jego potencjał jest szczególnie widoczny w sektorze logistyki, który odpowiada za znaczny procent emisji CO₂.

Czy jednak wodorowa rewolucja w logistyce jest realna? Jakie stoją przed nią wyzwania i jakie możliwości niesie przyszłość?



Wodorowa rewolucja jako odpowiedź na globalne wyzwania energetyczne



Tradycyjne źródła energii, takie jak paliwa kopalne, są nie tylko ograniczone, ale również przyczyniają się do degradacji środowiska. Wodór, jako najpowszechniejszy pierwiastek we wszechświecie, oferuje czystą alternatywę, ponieważ jednym ze sposobów jego wytwarzania jest elektroliza przeprowadzana z pomocą energii wyprodukowanej z odnawialnych źródeł.

Produktami spalania wodoru są jedynie para wodna i ciepło, co eliminuje emisję dwutlenku węgla oraz innych szkodliwych substancji. Co istotne – jest wszechstronny, przez co może być wykorzystywany w transporcie, przemyśle, energetyce i magazynowaniu energii. Efektywne przechowywanie nadmiaru energii produkowanej z odnawialnych źródeł, takich jak wiatr czy słońce, mogłoby zaspokoić zapotrzebowania na energię w okresach, gdy produkcja jest niższa.

Kolejna z trudności, z jakimi zmagają się globalna energetyka, dotyczy niestabilności odnawialnych źródeł energii. Choć OZE, takie jak wiatr czy słońce, zyskują na popularności, ich wydajność jest zależna od warunków atmosferycznych. W dni bezwietrzne lub pochmurne produkcja energii spada, co stwarza problemy z zapewnieniem stabilnych dostaw. Jednym z rozwiązań może być wykorzystanie wodoru jako magazynu energii – nadwyżki energii z OZE można przekształcać w wodór, który można przechowywać i wykorzystać w okresach niedoborów.



„
Sektor energetyczny odpowiada za około 73% globalnych emisji gazów cieplarnianych, głównie poprzez spalanie węgla, ropy i gazu ziemnego. Aby ograniczyć wzrost temperatury globalnej poniżej 1,5°C, zgodnie z porozumieniem paryskim, konieczne jest szybkie przejście na źródła zeroemisyjne
 ”

Wodór produkowany w procesie elektrolizy z wykorzystaniem „zielonej energii” może odegrać kluczową rolę w dekarbonizacji sektorów trudnych do elektryfikacji, takich jak przemysł ciężki, transport dalekobieżny czy żegluga.

Ten najpowszechniejszy w świecie pierwiastek daje też nadzieję na demokratyzację algorytmów. Ponad miliard ludzi na świecie nadal nie ma dostępu do elektryczności (lub ma go bardzo ograniczony). Rozproszone systemy wodorowe, zasilane lokalnymi OZE, mogą stać się rozwiązaniem dla regionów oddalonych od tradycyjnej infrastruktury energetycznej.


Poza tym, według Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną w tym roku wzrośnie o 4% w porównaniu z poprzednim, m.in. z powodu rozwoju gospodarek azjatyckich oraz elektryfikacji transportu i przemysłu. Rozwój technologii wodorowych może pomóc sprostać temu wyzwaniu, dostarczając energię w sposób zrównoważony.

Unia Europejska dostrzega ten potencjał i planuje do 2026 roku zainstalować elektrolizery o łącznej mocy 6 GW, zdolne do produkcji miliona ton wodoru pochodzącego z odnawialnych źródeł energii. Do 2030 roku planowane jest zwiększenie mocy elektrolizerów do 40 GW, co ma na celu dalsze wzmocnienie pozycji wodoru w europejskim miksie energetycznym.



DLACZEGO LOGISTYKA STAJE SIĘ KLUCZOWA W TRANSFORMACJI WODOROWEJ?

Sprawne rozwiązania logistyczne są niezbędne do przekształcenia wodoru w szeroko dostępne paliwo przyszłości. Jednak zanim będzie to możliwe, należy się uporać z kilkoma wyzwaniami. Dotyczą one infrastruktury, kosztów produkcji i magazynowania oraz bezpieczeństwa. Obecnie liczba stacji tankowania wodoru jest ograniczona, co stanowi jedno z największych wyzwań dla rozwoju gospodarki wodorowej. Logistyka odgrywa w tym kluczową rolę, ponieważ wodór musi być sprawnie transportowany z miejsc produkcji do punktów dystrybucji i użytkowania. Brak odpowiedniej infrastruktury tankowania ogranicza możliwość pełnego wykorzystania potencjału wodoru w transporcie ciężkim, kolejowym i magazynowym. Inwestycje w budowę sieci stacji tankowania, zarówno na poziomie lokalnym, jak i międzynarodowym, są niezbędne, aby umożliwić skalowanie technologii wodorowych i wprowadzenie ich na szeroką skalę w sektorze logistycznym



Według raportu H2 Stations, w Europie funkcjonuje około 200 stacji tankowania wodoru, podczas gdy potrzeby sektora logistycznego są znacznie większe. Rozbudowa infrastruktury wymaga znacznych inwestycji i współpracy między państwami oraz sektorem prywatnym...

Produkcja zielonego wodoru, choć coraz bardziej efektywna, nadal jest droga. Jednak logistyka może odegrać istotną rolę w obniżeniu tych kosztów. Dzięki zastosowaniu bardziej efektywnych metod transportu, takich jak zbiorniki kriogeniczne czy rurociągi, wódór może być przesyłany na większe odległości przy niższych wydatkach. Dodatkowo, optymalizacja procesów magazynowania, na przykład poprzez tworzenie strategicznych hubów wodorowych, pozwala na zmniejszenie strat energii oraz kosztów operacyjnych. Rozwój tych rozwiązań technologicznych w logistyce stanowi kluczowy krok w kierunku uczynienia zielonego wodoru bardziej konkurencyjnym na rynku energetycznym.

Dodatkowo, wódór jest gazem wysoce palnym, co wymaga stosowania zaawansowanych technologii zabezpieczających w procesie przechowywania, transportu i tankowania. Rozwój tych technologii jest kluczowy dla skutecznego wykorzystania wodoru w logistyce, ponieważ zapewnia bezpieczeństwo operacji oraz minimalizuje ryzyko wypadków. Obejmuje to m.in. stosowanie czujników wykrywających wycieki, zbiorników odpornych na wysokie ciśnienie i ekstremalne temperatury oraz rygorystyczne szkolenia personelu obsługującego urządzenia wodorowe. Rygorystyczne standardy oraz szkolenia personelu są niezbędne, aby zminimalizować ryzyko wypadków.

Koszt wytworzenia 1 kg wodoru wynosi od 4 do 6 dolarów, podczas gdy wódór z paliw kopalnych kosztuje mniej niż 2 dolary za kilogram. Problemem jest również magazynowanie wodoru, które wymaga zastosowania specjalistycznych zbiorników odpornych na wysokie ciśnienie i ekstremalne temperatury.

MOŻLIWOŚCI ROZWOJU LOGISTYKI WODOROWEJ

Pomimo wyzwań, perspektywy rozwoju logistyki opartej na wodorze są obiecujące. Postęp w dziedzinie elektrolizerów, które przekształcają wodę w wodór przy wykorzystaniu energii elektrycznej, jest kluczowy dla rozwoju gospodarki wodorowej. Na przykład firmy takie jak ITM Power czy Nel Hydrogen opracowują coraz bardziej efektywne i kompaktowe elektrolizery, które mogą być używane zarówno w dużych zakładach przemysłowych, jak i w mniejszych, zdecentralizowanych systemach. Równocześnie prowadzone są badania nad nowymi materiałami do magazynowania wodoru, takimi jak wodorki metali czy magazyny na bazie nanorurek węglowych. Przykładowo, Hyundai i Toyota testują nowe rozwiązania dotyczące zbiorników wysokociśnieniowych, które są zarówno lżejsze, jak i bezpieczniejsze. Prace nad technologiami kriogenicznymi umożliwiają także skraplanie wodoru, co zwiększa jego gęstość energetyczną i ułatwia transport.



Coraz więcej państw traktuje wodór jako kluczowy element zielonej transformacji. Unia Europejska w ramach strategii European Green Deal przeznaczyła miliardy euro na rozwój gospodarki wodorowej, w tym także na projekty logistyczne. Niemcy, będące jednym z liderów w tej dziedzinie, realizują program National Hydrogen Strategy, który wspiera budowę stacji tankowania wodoru oraz inwestycje w sektorze transportowym.

— **“** —

W Stanach Zjednoczonych program Hydrogen Shot dąży do obniżenia kosztów produkcji „zielonego” wodoru do 1 dolara za kilogram w ciągu najbliższych 10 lat. Dzięki temu wodór stanie się bardziej konkurencyjny w porównaniu z tradycyjnymi paliwami kopalnymi.

— **”** —

Ta lista nie wyczerpuje związków między logistyką a wodorem. Dość

wspomnieć, że wodorowe pociągi, już teraz produkowane przez Alstom, takie jak Coradia iLint, działają w Niemczech i stanowią alternatywę na trasach, gdzie brak jest pełnej elektryfikacji. Ponadto, firmy takie jak Maersk inwestują w badania nad wodorowymi ogniwami paliwowymi do zasilania statków. W połączeniu z amoniakiem jako nośnikiem wodoru, może to zrewolucjonizować branżę żeglugową. Obraz potencjału wodoru w logistyce dopełniają przedsięwzięcia związane z lotnictwem. Na przykład, startup ZeroAvia testuje wodorowe silniki lotnicze, które mają potencjał zmniejszenia emisji CO₂ w krótkich i średnich dystansach lotniczych.

Wspólne inicjatywy międzysektorowe przyspieszają wdrażanie technologii wodorowych w logistyce. Przykładem jest projekt H2Accelerate, w ramach którego takie firmy jak Daimler Truck, Shell, BP, IVECO i Volvo współpracują nad rozwojem pojazdów wodorowych i stacji tankowania w Europie. Innym przykładem są pilotażowe projekty realizowane w portach, takie jak wdrożenie wodorowych ciężarówek w porcie w Los Angeles czy projekt H2Ports w Walencji, gdzie testowane są m.in. napędzane wodorem holowniki portowe.

WODÓR DLA LOGISTYKI

Logistyka jest jednym z kluczowych ogniw gospodarki wodorowej. Jednocześnie wodór, jak pokazują powyższe inicjatywy, może stać się istotą nowoczesnej logistyki. Szczególnie, że ten sektor, obejmujący transport towarów na dużą skalę, jest jednym z głównych emitentów gazów cieplarnianych. Wprowadzenie wodoru jako paliwa może znacząco obniżyć emisje, zwłaszcza w transporcie ciężkim, gdzie elektryfikacja napotyka na liczne bariery technologiczne.



LOGISTYK WODORU – ZAWÓD PRZYSZŁOŚCI

Dobrze pamiętać, że skuteczność transformacji w kierunku gospodarki wodorowej wymaga specjalistów zarządzających magazynowaniem, transportem i dystrybucją wodoru. Logistyk wodoru staje się kluczowym zawodem przyszłości, szczególnie w transporcie ciężkim i magazynowaniu energii.

Zakres obowiązków obejmuje planowanie tras transportowych oraz optymalizację łańcucha dostaw, nadzór nad bezpieczeństwem podczas magazynowania i transportu, zarządzanie nowoczesnymi technologiami przechowywania wodoru, a także współpracę z producentami wodoru, operatorami stacji tankowania i firmami transportowymi. Wymaga to wiedzy z zakresu chemii, fizyki i technologii wodoru, umiejętności analizy danych, znajomości narzędzi cyfrowych oraz zdolności do współpracy międzysektorowej.

“
W krajach inwestujących w wodór, takich jak Niemcy czy Japonia, zapotrzebowanie na logistyków wodoru dynamicznie rośnie. Do 2030 roku liczba miejsc pracy w tym sektorze może zwiększyć się kilkukrotnie, oferując atrakcyjne wynagrodzenia i perspektywy rozwoju.
”



Wodór ma potencjał zrewolucjonizować sektor logistyki, oferując ekologiczne, efektywne i wszechstronne rozwiązania energetyczne. Jednocześnie logistyka odgrywa strategiczną rolę w przechowywaniu i transporcie wodoru, co czyni ją kluczowym elementem wodorowej rewolucji.

Bez sprawnego systemu logistycznego, który zapewni bezpieczne i efektywne dostarczanie wodoru, jego potencjał jako paliwa przyszłości może pozostać niewykorzystany. Choć przed nami stoją poważne wyzwania, takie jak rozwój infrastruktury, koszty produkcji i kwestie bezpieczeństwa, dynamiczny postęp technologiczny oraz wsparcie regulacyjne stwarzają solidne podstawy dla wodorowej transformacji w logistyce. Jeśli te przeszkody zostaną pokonane, wodór może stać się kluczowym elementem nowoczesnego, zrównoważonego systemu logistycznego.

ŹRÓDŁA

1. Innowacje w OZE: Zielony wodór - Gaia Solar - Przyjazne Technologie
2. <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/1-18-billion-around-the-world-are-unable-to-use-electricity>
3. <https://www.chip.pl/2025/01/twr-supercat-niestandardowa-wersja-jaguara-xjs>
4. <https://przemyslprzyszlosci.gov.pl/polskie-plany-wodorowe/>
5. Wodór nadzieją dla transportu
6. <https://www.h2stations.org/stations-map/>
7. <https://www.parp.gov.pl/component/knowledge/player/1196>
8. Bezpieczeństwo w technologiach wodorowych III Inżynieria bezpieczeństwa technologii wodorowych – bezpieczeństwo w obszarze otrzymywania wodoru – Łukasiewicz – ITECH
9. <https://finance.yahoo.com/news/toyota-hyundai-deepen-partnership-hydrogen-101318796.html>
10. <https://elearning.przemyslprzyszlosci.gov.pl/technologie-wodorowe-przeglad/>
11. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-06/factsheet-hydrogen-shot-introduction.pdf>
12. Wodór w logistyce coraz bardziej w modzie: Współpraca KABAR i SIMPLE H2 - Gramzielone.pl

Więcej informacji o projekcie

Nr projektu: 2023-1-PL01-KA220-VET-000159821

Czas realizacji: 1.11.2023-31.10.2025

Międzynarodowe Konsorcjum:

Stowarzyszenie Zachodniopomorski Klaster Chemiczny „Zielona Chemia” – Szczecin, Polska

Fundacja Edukacji Rozwoju i Innowacji – Kraków, Polska

ECRN European Chemical Regions Network – Bruksela, Belgia

EDU SMART TRAINING CENTRE LIMITED – Kells, Irlandia

Zapraszamy do śledzenia naszej współpracy i jej efektów!

<https://feriplatform.org.pl/>

Sfinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Europejskiej Agencji Wykonawczej ds. Edukacji i Kultury (EACEA). Unia Europejska ani EACEA nie ponoszą za nie odpowiedzialności.

Wszystkie rezultaty wypracowane w ramach projektu „Professionals and their skills in hydrogen sector” udostępniane są na zasadzie otwartych licencji (CC BY-SA 4.0 DEED). Można z nich korzystać bezpłatnie i bez ograniczeń. Kopiowanie lub przetwarzanie tych materiałów w całości lub w części bez zgody autora jest zabronione. W przypadku wykorzystania rezultatów niezbędne jest podanie źródła finansowania oraz jego autorów.