



Fot. pixabay.com

■ **Andrzej Węgrzyn, Agnieszka Spirydowicz**
Stowarzyszenie Dolnośląska Dolina Wodorowa

Strategia wodorowej transformacji energetycznej

Wobec coraz większych wyzwań związanych ze zmianami klimatu i kryzysem energetycznym, konieczne staje się opracowanie efektywnej strategii transformacji do gospodarki zeroemisyjnej. Jednym z kluczowych elementów takiej transformacji jest zastosowanie wodoru jako uniwersalnego nośnika energii. Strategia wodorowej transformacji energetycznej oparta na wodorowych ekosystemach doprowadzi do rozwoju zielonej gospodarki z wiodącą rolą Dolin i Hubów wodoru.

Podejście systemowe

Tłem dla opracowywanej nowej strategii są dotychczasowe niepowodzenia w transformacji energetycznej w Polsce. Rosnące zagrożenia wynikające z kryzysu energetycznego nie znajdują rozwiązań opartych o dotychczasowy paradygmat centralnych systemów energetycznych. Jednak coraz wyraźniej widać, energetyka wodorowa oparta o OZE (H₂OZE) zajmie miejsce energetyki paliw kopalnych. Wodór pozwoli na integrację przepływu energii chemicznej, cieplnej i elektrycznej. Wymaga to podejścia systemowego i zbudowania nowej struktury konceptualnej. Nowa siatka pojęciowa wynikająca z doświadczeń autorów została przedstawiona na rysunku 1.

Diagnoza

Diagnoza sytuacji zastanej obejmująca Strategię wodorowej transforma-

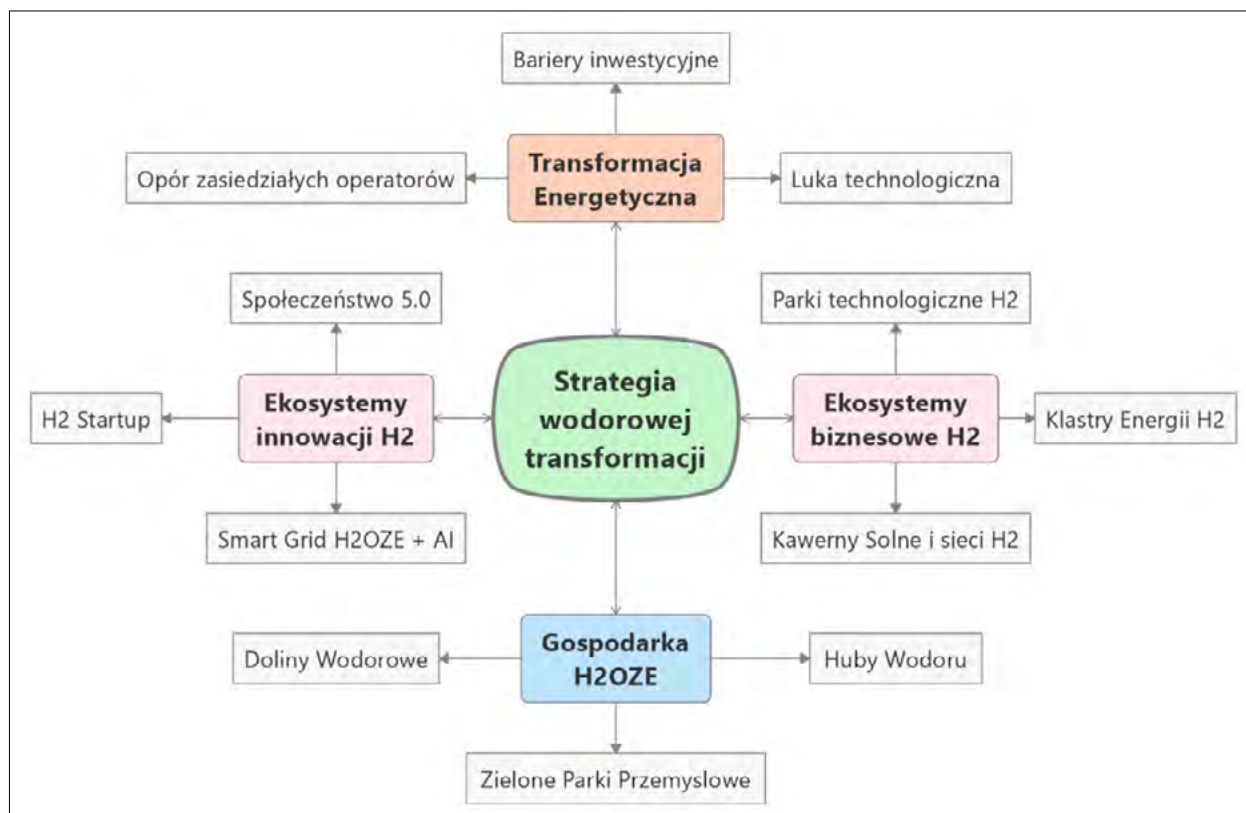
cji wymaga uwzględnienia trzech istotnych czynników: barier inwestycyjnych transformacji energetycznej, oporu zasiedziałych operatorów oraz luki technologicznej.

Bariery inwestycyjne transformacji energetycznej stanowią przeszkodę w przejściu na gospodarkę bezemisyjną. Transformacja energetyczna wiąże się z koniecznością wprowadzenia nowych technologii, infrastruktury oraz zmiany modelu biznesowego. Jednak wysokie koszty związane z inwestycjami oraz niepewność zwrotu z inwestycji mogą stanowić poważne bariery dla realizacji tej transformacji. Dlatego kluczowym elementem strategii wodorowej transformacji będzie opracowanie zachęt inwestycyjnych, takich jak: ulgi podatkowe, subsydia, czy preferencyjne stawki opłat za dostęp do infrastruktury. Ponadto, ważne jest zaangażowanie sektora finansowego w przygotowanie projektów związanych z wodorową transformacją,

aby zwiększyć dostępność kapitału inwestycyjnego.

Opór zasiedziałych operatorów związany z tradycyjnymi branżami energetycznymi, takimi jak produkcja energii elektrycznej z paliw kopalnych, mogą stawić zasadniczy opór wobec transformacji w kierunku wodorowej gospodarki. Istnieje ryzyko, że niektóre z tych operatorów będą bronić swoich interesów i utrudniać wdrażanie nowych technologii. W strategii wodorowej transformacji konieczne jest uwzględnienie działań mających na celu przekonanie i zaangażowanie tych operatorów do udziału w transformacji. Może to obejmować edukację, partnerstwa publiczno-prywatne, udział operatorów w procesie podejmowania decyzji oraz zapewnienie odpowiednich zachęt ekonomicznych dla tych, którzy podejmą działania proekologiczne.

Obecnie istnieje znacząca luka technologiczna w zakresie wodorowych technologii i infrastruktury. Wdrożenie wo-



Rys. 1. Nowa siatka pojęciowa

dorowej transformacji wymagać będzie znacznych postępów w zakresie produkcji wodoru, jego składowania, transportu oraz wykorzystania. W strategii należy uwzględnić inwestycje w badania i rozwój technologii wodorowych, wspieranie innowacji oraz tworzenie ram regulacyjnych, które będą promować rozwój i wdrażanie nowych rozwiązań. Ważne jest również nawiązywanie międzynarodowej współpracy, aby wykorzystać potencjał globalnego rynku wodoru i przyspieszyć postęp technologiczny.

Podsumowując, skuteczna strategia wodorowej transformacji energetycznej musi uwzględniać bariery inwestycyjne, opór zasiedziałych operatorów oraz lukę technologiczną. Działania na rzecz zachęcania do inwestycji, zaangażowania operatorów i innowacyjności technologicznej - będą kluczowe dla skutecznego wprowadzenia wodorowej transformacji i osiągnięcia gospodarki zeroemisyjnej.

Wodorowe ekosystemy biznesowe

Strategia wodorowej transformacji w zakresie wodorowych ekosystemów biznesowych powinna się skupiać na kluczowych elementach: parkach technologicznych wodoru, magazynowaniu wodoru w kawernach solnych oraz klastrach energii wodorowej. Wdrażanie tej strategii ma na celu stworzenie korzystnego środowiska biznesowego dla rozwoju technologii wodorowych i przyspieszenie transformacji energetycznej.

Parki technologiczne wodoru są specjalnie dedykowanymi obszarami, w których rozwijane są innowacyjne rozwiązania związane z wodorem. Tworzenie takich parków ma na celu skupienie inwestycji, badań i rozwoju wodorowych technologii, tworzenie synergii pomiędzy różnymi podmiotami i stymulowanie współpracy. Parki technologiczne wodoru mogą obejmować infrastrukturę produkcyjną, laboratoria badawcze, ośrodki testowe oraz inkubatory startupów. Poprzez stworzenie takiego środowiska biznesowego, strategia promuje rozwój wodorowych technologii i przyspiesza ich komercjalizację.

Magazynowanie wodoru jest kluczowym elementem efektywnego wykorzystania energii odnawialnej. Kawerny solne są doskonałymi miejscami do przechowywania wodoru na dużą skalę, ze względu na ich pojemność i odpowiednie warunki geologiczne. Strategia wodorowej transformacji powinna skupić się na rozwoju infrastruktury magazynowania wodoru w kawernach solnych oraz tworzeniu sieci szkieletowych wodoru, które umożliwią dystrybucję wodoru między różnymi ośrodkami. Magazynowanie wodoru w kawernach solnych przyczynia się do zwiększenia elastyczności i stabilności systemu energetycznego, umożliwiając przechowywanie wodoru w fazie nadmiarowej i wykorzystywanie go w momencie wzmożonego popytu.

Klastry Energii wodorowej to zintegrowane ekosystemy biznesowe, w których różne podmioty (przedsiębiorstwa, instytuty badawcze, uczelnie, samorzą-

spieszenie transformacji energetycznej w kierunku zrównoważonego modelu opartego na wodorze i odnawialnych źródłach energii. Wdrażanie strategii wymagać będzie współpracy różnych sektorów, instytucji i społeczności lokalnych oraz odpowiedniego wsparcia finansowego i regulacyjnego.

Wodorowe ekosystemy innowacji

Formułowanie Strategii wodorowej transformacji w zakresie wodorowych ekosystemów innowacji wymaga uwzględnienia trzech kluczowych elementów: rozwoju Społeczeństwa 5.0, tworzenia Smart Grid i sztucznej inteligencji (AI) oraz rozwoju wodorowych startupów.

Społeczeństwo 5.0 odnosi się do ewolucji społecznej, w której przestrzeń wirtualna i rzeczywista są silnie zintegrowane. W tym kontekście strategia wodo-

„ (...) skuteczna strategia wodorowej transformacji energetycznej musi uwzględniać bariery inwestycyjne, opór zasiedziałych operatorów oraz lukę technologiczną

dy, itp.) współpracują w celu rozwijania i wdrażania technologii wodorowych. Klastry Energii wodorowej mogą obejmować produkcję wodoru, zastosowanie wodoru w różnych sektorach (np. transport, przemysł, ciepłownictwo), infrastrukturę dystrybucyjną oraz badania i rozwój. Tworzenie takich klastrów przyczynia się do wymiany wiedzy i doświadczeń, promuje innowacje, tworzy synergiczne relacje pomiędzy podmiotami oraz przyspiesza skalowanie wodorowych technologii.

Podsumowując, strategia wodorowej transformacji w zakresie wodorowych ekosystemów biznesowych skupia się na parkach technologicznych wodoru, magazynowaniu wodoru w kawernach solnych oraz klastrach energii wodorowej. Wprowadzenie tej strategii ma na celu tworzenie korzystnego środowiska biznesowego dla rozwoju wodorowych technologii, promowanie innowacji i przy-

rowej transformacji powinna uwzględniać rozwój nowych technologii i innowacyjnych rozwiązań, które przyczynią się do poprawy jakości życia społeczeństwa. Wykorzystanie wodoru jako nośnika energii może odegrać kluczową rolę w osiągnięciu zrównoważonego rozwoju, redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawie efektywności energetycznej. Strategia powinna zakładać współpracę z instytucjami naukowymi, sektorem prywatnym i organizacjami społecznymi w celu promowania innowacji i rozwoju technologicznego związanych z wodorową transformacją.

Inteligentne sieci wodorowe, połączone z sztuczną inteligencją, mają kluczowe znaczenie dla efektywnego zarządzania energią wodorową. Strategia powinna skupiać się na rozwijaniu inteligentnej infrastruktury energetycznej, która umożliwi monitorowanie, analizę i optymalizację produkcji, dystrybucji i zużycia wodoru.

Wykorzystanie AI i zaawansowanych algorytmów pozwoli na lepsze prognozowanie popytu i dostosowanie produkcji do zmieniających się warunków. Wraz z rozwojem smart grid wodorowych możliwe będzie również skuteczne zarządzanie zmienną produkcją energii odnawialnej i integracja różnych źródeł energii wodowej, takich jak: elektroliza wody, fotowoltaika i elektromobilność.

Rozwój wodorowych startupów ma ogromne znaczenie dla przyspieszenia innowacji i komercjalizacji technologii wodorowych. Strategia powinna zakładać wspieranie ekosystemu startupowego poprzez dostęp do finansowania, mentoringu i programów akceleryacyjnych. Tworzenie warunków dla rozwoju wodorowych startupów i przyciąganie młodych przedsiębiorczych talentów to istotne kroki w kierunku budowania silnego sektora wodorowego. Współpraca między startupami, instytucjami badawczymi, sektorem prywatnym i sektorem publicznym powinna być promowana, aby umożliwić transfer wiedzy i wspólny rozwój technologii wodorowych.

Zatem strategia wodorowej transformacji w zakresie wodorowych ekosystemów innowacji powinna koncentrować się na rozwoju społeczeństwa 5.0, rozwijaniu inteligentnych sieci wodorowych z wykorzystaniem AI oraz wspieraniu rozwoju wodorowych startupów. Ważne jest, aby promować innowacje, współpracę międzysektorową i zapewnić odpowiednie wsparcie dla przedsiębiorczości i rozwoju technologicznego wodorowej transformacji.

Gospodarka wodorowa oparta o OZE (H₂OZE)

Strategia wodorowej transformacji dąży do gospodarki wodorowej opartej o OZE (H₂OZE), skupiając się na trzech głównych aspektach strukturalnych: Dolinach Wodorowych, Zielonych Parkach Przemysłowych oraz Hubach Wodoru.

Doliny Wodorowe mają na celu stworzenie zintegrowanych systemów energetycznych opartych na wodorze, które oferują rozwiązania związane z wyzwania-

mi klimaatycznymi i energetycznymi. Wodór stanowi kluczowy nośnik energii, integrujący przepływy energii chemicznej, cieplnej i elektrycznej. Doliny Wodorowe koncentrują się na rozwoju segmentu badań, rozwoju i innowacji, aby zaspokoić różnorodne potrzeby odbiorców. Ich celem jest stworzenie samowystarczalnych ekosystemów gospodarki wodorowej, opartych na technologii, wiedzy, badaniach i biznesie.

Zielone Parki Przemysłowe to obszary, w których rozwijane są inwestycje przemysłowe związane z produkcją i wykorzystaniem energii wodorowej. W tych parkach, z wykorzystaniem lokalnych sieci energetycznych, możliwe jest zmniejszenie strat przesyłowych i dystrybucyjnych oraz zwiększenie elastyczności operacyjnej i autonomii energetycznej. Działalność przemysłowa w Zielonych Parkach Przemysłowych opiera się na zielonej energii H₂OZE, przyczyniając się do redukcji emisji i zapewnienia stabilnych kosztów energii.

”

(...) strategia wodorowej transformacji w zakresie wodorowych ekosystemów biznesowych skupia się na parkach technologicznych wodoru, magazynowaniu wodoru w kawernach solnych oraz klastrach energii wodorowej

Huby Wodoru są kompleksowymi systemami infrastruktury wodorowej, które obejmują stacje elektrolizy, farmy wiatrowe i fotowoltaiczne, produkcję wodoru, mikrosieci dystrybucyjne, zarządzanie energią za pomocą systemu IT oraz floty autobusów wodorowych. Huby Wodoru mają na celu dekarbonizację przemysłu i transportu poprzez wykorzystanie wodoru jako nośnika energii. Integracja hubów wodoru pozwala na efektywną dystrybucję i wymianę wodoru między regionami, wspierając rozwój rynku odnawialnego i niskoemisyjnego wodoru.

Analiza SWOT wskazuje na liczne atuty i szanse, takie jak koncepcja zielonej autonomii, doświadczenia liderów, świadomość potrzeby zielonej energii, dostęp do funduszy UE i zaangażowanie dużych inwestorów. Jednak istnieją również słabości, takie jak: mały kapitał

startowy, płynność nowych firm energetycznych, nowe modele biznesowe i bariery technologiczne. Zagrożenia obejmują cofnięcie się w transformacji energetycznej, destabilizację polityczną, utratę funduszy UE oraz procedury administracyjne i blokady prawne.

Wdrażanie strategii wodorowej transformacji wymagać będzie współpracy pomiędzy sektorami, rządem, instytucjami badawczymi, przedsiębiorstwami oraz społecznością lokalną. Inwestycje, wsparcie finansowe, rozwój technologiczny i edukacja stanowiąc będą kluczowe elementy tego procesu, mającego na celu przyspieszenie przejścia na zrównoważony model energetyczny oparty na wodorze i OZE.

Dolnośląska Dolina Wodorowa złożyła do KE projekt *Transgranicznej Doliny Energii H₂OZE*, który został opracowany w celu zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego i przyspieszenia zielonej transformacji w Europie. Partnerzy projektu mają określone role i będą działać

w ramach konsorcjum, koncentrując się na tworzeniu społeczności energetycznych, rozwijaniu platformy kooperacji, wspieraniu strategii dekarbonizacji obszarów transgranicznych oraz rozwijaniu łańcuchów wartości gospodarki wodorowej. Projekt zakłada również integrację sieci hubów wodoru, aby umożliwić wymianę energii między regionami.

Strategia wodorowej transformacji opiera się zatem na innowacyjnych przedsięwzięciach przemysłowych, które integrują technologię, badania, infrastrukturę i biznes w ramach Dolin Wodorowych, Zielonych Parków Przemysłowych i Hubów Wodoru. Jej celem jest rozwój gospodarki wodorowej opartej na OZE, zapewniającej zrównoważony rozwój, redukcję emisji gazów cieplarnianych, autonomię energetyczną i wzrost gospodarczy. □