

**MIROSŁAW SKIBSKI, ADAM ROBAKOWSKI**

Obraz sektora górnictwa węgla kamiennego po 8 miesiącach 2024 roku

TADEUSZ CHMIELNIAK, TOMASZ CHMIELNIAK

Technologie generacji Syntetycznego Gazu Naturalnego zintegrowane ze zgazowaniem biomasy i produkcją zielonego wodoru

MAGDALENA JARKULISZ

Rola wodoru w strategii energetycznej Polski i UE: szanse, wyzwania, inwestycje

ANNA KIELERZ, MONIKA PORZERZYŃSKA-ANTONIK

Wyzwania dla sektora górnictwa węgla kamiennego wynikające z transformacji energetycznej

MONIKA PIECH, ADAM SZURLEJ

Sposoby oczyszczania wodoru magazynowanego w kawernach solnych – rodzaje zanieczyszczeń i metody ich usunięcia

JAN A. STEFANOWICZ

Niezbędne regulacje magazynowania wodoru w kawernach solnych

MIROSŁAW NESKA, ANDRZEJ MAJCHER, MIROSŁAW MROZEK

Analiza konstrukcji elektrolizerów wodoru

JAROSŁAW MARKOWSKI, MAGDALENA DUDEK, ANDRZEJ RAŹNIAK

Polityka „wodorowa” w kreowaniu wyzwań ochrony środowiska i wyzwań technologicznych

III-IV KWARTAŁ 2024

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 Materiałowych

prof. dr hab. inż. Marek Brzeżański, Politechnika Krakowska, Katedra Pojazdów Samochodowych

prof. dr hab. inż. Janusz Kotowicz, Politechnika Śląska, Prorektor ds. Współpracy z Otoczeniem Społeczno-Gospodarczym

prof. dr hab. Adam Smoliński, Główny Instytut Górnictwa

prof. dr hab. inż. Konrad Świerczek, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Wodorowej, Prodziekan Wydziału ds. Współpracy i Nauki

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

dr hab. Marcin Sobczyk, prof. Uniwersytetu Wrocławskiego, Uniwersytet Wrocławski, 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 egzaminacyjny OKE we Wrocławiu

dr inż. Aleksander Sobolewski, Dyrektor Instytutu Technologii Paliw i Energii

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

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

r.pr. Wojciech Pawłuszko Pełnomocnik Zarządu ARP S.A. ds. Zgodności, Biuro Prawne ARP S.A.

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

Od Redakcji

Zapraszamy do zapoznania się z nowym wydaniem kwartalnika 3xW, obejmującego III i IV kwartał 2024 r, poświęconemu trzem konferencjom.

Strony 4-12 Podczas 37 Konferencji z cyklu Nowe strategie i inwestycje na rynku paliw i energii w kraju i UE, organizowanej przez Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN omawiane były tematy związane z m.in. technologiami generacji syntetycznego gazu zintegrowanego ze zgazowaniem biomasy, planami neutralności klimatycznej, zapotrzebowaniu na wodór w ciepłownictwie i transporcie oraz uwarunkowaniami środowiskowymi i technologicznymi zgazowania odpadów. Omawiano analizę sektora górnictwa węgla kamiennego, wyzwania rynkowe dla surowców antropogenicznych oraz perspektywy transformacji energetycznej.

Strony 13-14 Konferencja KOMTECH, organizowana przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG, poświęcona była nowoczesnemu górnictwu i innowacyjnym technologiom w tej dziedzinie oraz zagadnieniom związanym z wykorzystaniem terenów pogórnicznych. Tematyka konferencji obejmowała szeroki zakres zagadnień, od projektowania urządzeń bezpieczeństwa w kopalniach po rozwój elektromobilności w podziemnych zakładach.

Uczestnicy mogli zapoznać się z innowacyjnymi technologiami mogącymi wpłynąć na poprawę efektywności, bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w górnictwie.

Strony 15-18 Trzecią konferencją omawianą w kwartalniku jest XV Konferencja Naukowa z cyklu „Rynki surowców i energii – Transformacja energetyczna”, która w tym roku skupiła się na tematyce off grid i energetyki rozproszonej w bezpieczeństwie energetycznym. Konferencja organizowana przez jednostki badawcze współpracujące z Fundacją na Rzecz Czystej Energii oraz Wydział Nauk Politycznych i Dziennikarstwa Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Konferencja zapewnia wieloaspektowe podejście do problematyki, obejmując ekonomiczno-społeczne, geopolityczne, logistyczne, przyrodnicze, techniczne i prawne aspekty. Omawiane zagadnienia pozwalają na pogłębienie wiedzy na temat wyzwań związanych z rozproszoną energetyką, logistyką, magazynowaniem energii oraz bezpieczeństwem energetycznym.



Zapraszamy do lektury, która pomoże poznać nowe trendy i wyzwania związane z sektorem energetycznym. ■



Mirosław SKIBSKI, Adam ROBAKOWSKI

Agencja Rozwoju Przemysłu S.A. w Warszawie Oddział w Katowicach

miroslaw.skibski@katowice.arp.pl; e-mail: adam.robakowski@katowice.arp.pl

Obraz sektora górnictwa węgla kamiennego po 8 miesiącach 2024 roku

Streszczenie

Od 2003 r. katowicki Oddział Agencji Rozwoju Przemysłu S.A. monitoruje przebieg procesów restrukturyzacyjnych sektora górnictwa węgla kamiennego.

Zadania są realizowane na podstawie art. 25 ustawy z dnia 7 września 2007 r. o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego w oparciu o zawierane rokrocznie umowy z ministrem właściwym ds. gospodarki złożami kopalin. Oddział prowadzi również badania statystyczne sektora oraz oblicza krajowe indeksy rynku węglowego PSCMI1 i PSCMI2. Zgodnie z treścią rozporządzenia Ministra Aktywów Państwowych z dnia 3 lutego 2022 r. w sprawie dopłat do redukcji zdolności produkcyjnych przedsiębiorstw górniczych, ARP S.A. ustala cenę referencyjną w cyklach miesięcznych i narastająco. Cena referencyjna jest niezbędna do wyliczenia wysokości środków budżetowych na pokrycie tych dopłat. Dane te publikowane są na stro-

nie www.polskirynekwegla.pl. Katowicki oddział ARP S.A. przygotowuje także raporty, analizy i rekomendacje dla potrzeb Ministerstwa Przemysłu.

W materiale, na podstawie danych gromadzonych przez ARP S.A., zaprezentowano wybrane wielkości charakteryzujące sektor górnictwa węgla kamiennego w latach 2011–2023 oraz za 8 miesięcy 2024 r. Dane na poziomie zagregowanym obejmują spółki wydobywcze zarówno państwowe, jak i prywatne. 31 sierpnia 2024 r. były nimi: Polska Grupa Górnicza SA, Jastrzębska Spółka Węglowa SA, Lubelski Węgiel Bogdanka SA, Południowy Koncern Węglowy SA, Węglkokoks Kraj SA, Przedsiębiorstwo Górnicze Silesia Sp. z o.o. oraz Zakład Górniczy EKO-PLUS Sp. z o.o. ■

Słowa kluczowe: wyniki finansowe sektora, monitoring górnictwa, węgiel kamienny, transformacja sektora górnictwa węgla kamiennego

Tadeusz CHMIELNIAK *, **Tomasz CHMIELNIAK ****

* Politechnika Śląska, Gliwice, Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych, ** AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Katedra Maszyn Ciepłych i Przepływowych
e-mail: tadeusz.chmielniak@polsl.pl; chmielniak@agh.edu.pl

Technologie generacji Syntetycznego Gazu Naturalnego zintegrowane ze zgazowaniem biomasy i produkcją zielonego wodoru

Streszczenie

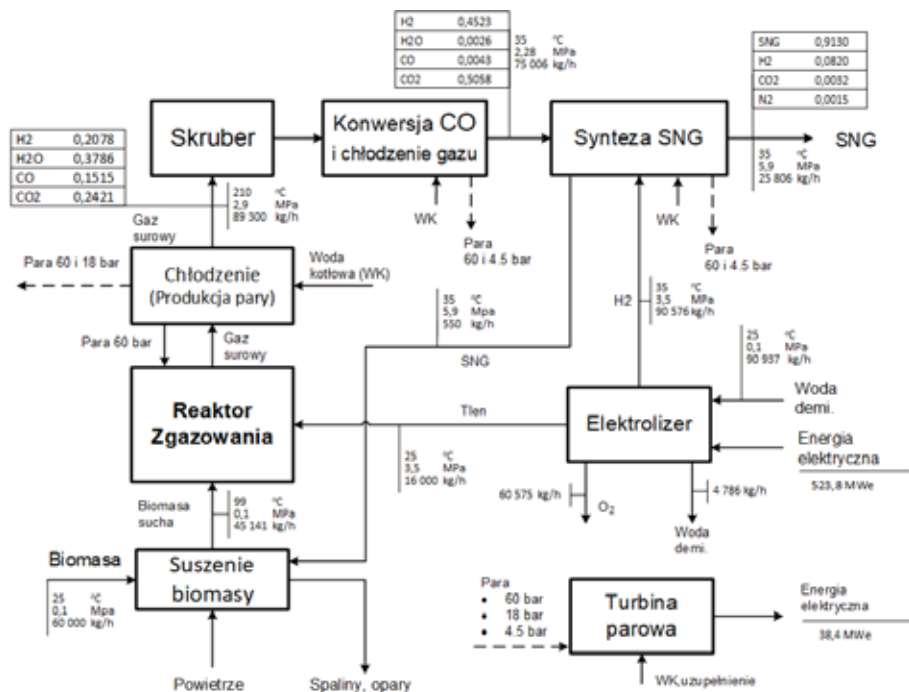
W referacie przedstawiono wyniki symulacji układu produkcji SNG (Synthetic Natural Gas) zintegrowanego z komercyjnym reaktorem zgazowaniem biomasy w złożu fluidalnym (technologia Synthesis Energy Systems) i układem produkcji zielonego wodoru przy wykorzystaniu elektrolizera alkalicznego, na przykładzie rozwiązania Hy-Provide® X-1200. Analizę możliwości produkcji SNG z biomasy przeprowadzono na podstawie wyników uzyskanych z własnego modelu procesowego układu produkcji SNG zintegrowanego ze zgazowaniem biomasy, opracowanego w symulatorze procesów ChemCAD. Opracowany model obejmuje podstawowe węzły technologiczne układu o zdefiniowanym algorytmie obliczeń i przyjętych parametrach pracy, połączone strumieniami procesowymi gazów, pary wodnej, wody oraz ciała stałego. Przy obliczeniach parametrów pracy reaktora zgazowania uwzględniono entalpię tworzenia biomasy¹. Symulację przeprowadzono dla trzech podstawowych wariantów konfiguracji układu wytwórczego, tj. dla układu produkcji gazu syntetycznego z i bez sekwestracji CO₂ (warianty 1 i 2) oraz układu zintegrowanego z elektrolizerem (wariant 3). Ogólny schemat układu wraz z podstawowymi parametrami strumieni procesow-

wych dla przypadku wariantu 3 przedstawiono na rysunku 1. Sprawność produkcji SNG (przy uwzględnieniu produkcji energii elektrycznej netto) dla analizowanej instalacji wyniosła: 54, 54,9, i 57,9%, odpowiednio dla wariantu od 1 do 3. W każdym z analizowanych przypadków uzyskano ujemne emisje CO₂, przy czym w wariantcie 3 założono, że energia zasilająca elektrolizer pochodzi ze źródeł odnawialnych. Przyjęcie w przypadku wariantu 3 energii elektrycznej (zasilającej elektrolizer) o emisyjności jak dla krajowego miksu energetycznego wpływa na znaczny wzrost obciążenia produktu emisją CO₂, które wzrasta do poziomu 16 kg CO₂ na kilogram wytworzonego gazu netto. Najniższe obciążenie emisją CO₂ gazu syntetycznego osiągnięto dla wariantu 1 i wyniosło ono – 6,99 kg CO₂/kg SNG. Zestawienie podstawowych parametrów analizowanego procesu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe parametry procesu produkcji syntetycznego gazu ziemnego

Nr	Parametr	Jedn.	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3
1	Zużycie biomasy surowej ¹⁾	kg/h	60 000		
2	Sprawność zimna zgazowania ²⁾	%	70,2		
3	Produkcja energii elektrycznej netto	GWh	16,3	40,4	-3 966,4 ³⁾
4	Względne zużycie energii elektrycznej	kWh/kg SNG	2,14	1,69	20,98
5	Produkcja SNG bezwzględna (brutto)	kg/h	7 396,9	7 396,9	25 806,4
6	Sprawność wytwarzania (netto) ⁴⁾	%	54,0	54,9	57,9
7	Emisja względna CO ₂	kg /kg SNG	-6,99	-0,59	-0,65 (15,7) ⁵⁾

- 1) 40% zawartości wilgoci.
- 2) Sprawność obliczona przy wykorzystaniu ciepła spalania.
- 3) Z uwzględnieniem zużycia elektrolizera.
- 4) Przy uwzględnieniu produkcji/zużycia energii elektrycznej.
- 5) Przy założeniu zasilania elektrolizera energią odnawialną (zeroemisyjną), wartość w nawiasie przy założeniu emisyjności energii elektrycznej jak dla krajowego miks energetycznego (788 kg/MWh).



Rys. 1. Schemat układu produkcji syntetycznego gazu naturalnego zintegrowanego ze zgazowaniem biomasy i produkcją zielonego wodoru

Magdalena JARKULISZ *

* Dyrektor Departamentu Ropy, Gazu i Gospodarki Wodorowej, Ministerstwo Przemysłu

e-mail: magdalena.jarkulisz@mp.gov.pl

Rola wodoru w strategii energetycznej Polski i UE: szanse, wyzwania, inwestycje

Streszczenie

Wodór jest jedną z najszybciej rozwijających się gałęzi przemysłu. Prognozuje się, że rynek zielonego wodoru na całym świecie wzrośnie do 170 milionów ton w 2030 roku, a następnie 600 milionów ton w 2050 roku (prognozy Deloitte). W 2050 r. zielony wodór może stanowić nawet 85% całego rynku tego paliwa.

Polska jest 5. na świecie i 3. w Unii Europejskiej krajem produkującym szary wodór (wodór wytwarzany w procesie reformingu gazu ziemnego lub w ramach rafinacji ropy naftowej) (raport EY i Hynfra). Czy Polska zdoła stać się potentatem również na rynku wodoru odnawialnego, tj. zielonego?

Dokumentem strategicznym, który określa główne cele rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce, jest Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040.

W dokumencie wskazano sześć celów szczegółowych:

- Cel 1 – wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie;
- Cel 2 – wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie;
- Cel 3 – wsparcie dekarbonizacji przemysłu;
- Cel 4 – produkcja wodoru w nowych instalacjach;
- Cel 5 – sprawny i bezpieczny przesył, dystrybucja i magazynowanie wodoru;
- Cel 6 – stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Realizacja celów PSW przyczyni się do przyspieszenia procesu dekarbonizacji najbardziej energochłonnych sek-

torów. Zapisy PSW pozwolą na ekologiczne wytwarzanie wodoru na skalę przemysłową oraz stopniowe dążenie do budowy w Polsce zeroemisyjnej gospodarki.

Szanse: Europa importuje 43% swojego zużycia wodoru i jego pochodnych. Głównym dostawcą jest Afryka Północna (szacunki Deloitte).

Polska ma szansę nie tylko stać się producentem wodoru odnawialnego, ale przede wszystkim – rozbudować infrastrukturę związaną z magazynowaniem i dystrybucją wodoru, zostać wodorowym „hubem” na Europę Środkowo-Wschodnią.

Wyzwania: Polska jest potentatem w dziedzinie szarego wodoru. Wejście na rynek zielonego wodoru może wiązać się z wieloma komplikacjami.

Inwestycje: PSW zakłada, że łącznie w okresie 2021–2030 niezbędne nakłady inwestycyjne związane z wdrażaniem technologii wodorowych w transporcie publicznym wraz z niezbędną infrastrukturą oraz osiągnięcie zakładanej mocy instalacji ze źródeł niskoemisyjnych na poziomie 2GW wyniosą ok. 11 mld zł. ■

Anna KIELERZ *, Monika PORZERZYŃSKA-ANTONIK *

* Agencja Rozwoju Przemysłu SA w Warszawie Oddział w Katowicach

e-mail: anna.kielierz@katowice.arp.pl; monika.porzerzynska-antonik@katowice.arp.pl

Wyzwania dla sektora górnictwa węgla kamiennego wynikające z transformacji energetycznej

Streszczenie

Węgiel w polskiej energetyce od lat pełni strategiczną rolę. Obecnie kluczowy jest wpływ tego surowca na utrzymanie bezpieczeństwa energetycznego państwa, szczególnie w świetle coraz większej produkcji energii ze źródeł niestabilnych.

Niezbędne wydaje się podjęcie decyzji dotyczącej roli węgla w krajowej strukturze wytwarzania energii elektrycznej w perspektywie średnio- i długoterminowej, w kontekście polityki klimatycznej UE oraz aktualnej sytuacji politycznej w Europie.

Obecnie w Polsce funkcjonują dwa dokumenty, które można uznać za strategiczne dla sektora wytwarzania energii elektrycznej, tj. „Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030” oraz „Polityka Energetyczna

Polski do 2040 roku”. Ponadto sektor węglowy funkcjonuje w warunkach zaostrzających się regulacji w zakresie uzyskania neutralności klimatycznej na poziomie Unii Europejskiej.

W świetle zapisów w dokumentach strategicznych w kolejnych latach będzie zmniejszał się udział węgla w polskim miksie energetycznym na rzecz odnawialnych źródeł energii oraz atomu. Wprowadzenie niestabilnych źródeł do systemu energetycznego wiąże się koniecznością określenia fundamentu źródeł energii oraz zapewnienia stabilności jej dostaw wobec zmian miksu energii i struktury jej wytwarzania. ■

Słowa kluczowe: węgiel, transformacja energetyczna, polityka klimatyczna



Monika PIECH*, Adam SZURLEJ *

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

e-mail: piech@agh.edu.pl; szua@agh.edu.pl

Sposoby oczyszczania wodoru magazynowanego w kawernach solnych – rodzaje zanieczyszczeń i metody ich usunięcia

Streszczenie

Kawerny solne to obiekty powstające w wysadach solnych poprzez wyługowanie z nich soli. Stanowią doskonałe miejsce do podziemnego magazynowania różnych substancji gazowych. Wodór, jako czysty nośnik energii, jest szczególnie obiecującym medium do składowania, biorąc pod uwagę rosnące zapotrzebowanie na energię odnawialną.

W artykule przedstawiono metody oczyszczania wodoru magazynowanego w kawernach solnych, ukazano różnorodne techniki mające na celu zapewnienie wysokiej czystości wodoru przechowywanego w podziemnych strukturach solnych. Procesy te są kluczowe, aby uniknąć zanieczyszczeń, które mogą wpłynąć na późniejsze zastosowanie wodoru, zwłaszcza w przemyśle energetycznym czy chemicznym. Artykuł rozpoczyna się od opisu kawern solnych jako efektywnej formy wielkoskalowego magazynowania wodoru, podkreślając ich zalety, takie jak szczelność czy niskie koszty eksploatacji. Następnie zostały opisane przykłady zanieczyszczeń, które mogą pojawić się w tych podziemnych zbiornikach, m.in. zanieczyszczenia chemiczne jak tlenki azotu, tlenki siarki, zanieczyszczenia fizyczne czy biologiczne. Zrozumienie rodzaju zanieczyszczeń, które mogą występować w kawernach solnych, jest kluczowe dla wybrania skutecznych metod oczyszczania oraz monitorowania jakości przechowywanego wodoru. Regularne badania i analiza środowiska wewnętrznego kawerny są niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa

i efektywności magazynowania. Następnie omówiono różne sposoby oczyszczania wodoru, w tym: adsorpcję, membranowe techniki separacji, reakcje chemiczne, filtrację. Artykuł kończy się omówieniem wyzwań związanych z oczyszczaniem wodoru, takich jak konieczność ciągłego monitorowania jakości tego nośnika energii, dostosowania metod do specyficznych warunków kawern oraz rozwoju innowacyjnych technologii, które mogą zwiększyć efektywność procesów oczyszczania.

Podsumowując, dobór skutecznych metod oczyszczania wodoru w kawernach solnych jest kluczowym aspektem dla zapewnienia efektywnego i bezpiecznego wykorzystania tego nośnika energii w przyszłości. ■

Słowa kluczowe: wodór, kawerny solne, magazynowanie, metody oczyszczania wodoru

Jan A. STEFANOWICZ *

* Kancelaria Juris

Niezbędne regulacje magazynowania wodoru w kawernach solnych

Streszczenie

Autor przedstawia istniejące aktualnie bariery prawne w zakresie budowy i eksploatacji wielkoskalowych magazynów energii w kawernach solnych. Autor przedstawia, iż taka inwestycja składa się z ośmiu etapów, wyodrębnianych według przepisanych praw i obowiązków. Są to:

- wytypowanie lokalizacji na podstawie pozyskanych informacji geologicznych, reprocessingu i wstępnego rozpoznania uwarunkowań (mapa ryzyk), prawnych (mpzp lub plan ogólny) i środowiskowych;
- uzyskanie zgody i warunków dla sporządzenia projektu robót geologicznych i wniosku dla rozpoznania złoża soli i w otoczeniu górotworu oraz sporządzenia dokumentacji geologicznej;
- sporządzenie projektu zagospodarowania złoża dla ruchu zakładu górniczego wydobywania soli (ługowania) – dokumentacja hydrogeologiczna;
- wniosek i raport dla ocen uwarunkowań środowiskowych;
- wniosek koncesyjny, uzyskanie koncesji eksploatacyjnej – wydobywanie soli;
- przygotowanie dokumentacji technicznej/budowlanej dla kawerny;
- przygotowanie planu ruchu zakładu górniczego, uzyskanie decyzji na okres budowy kawerny tak jak dla budowli w górotworze – budowa kawerny;
- wniosek o dopuszczenie do eksploatacji magazynu wodoru z pzz i planem ruchu na czas eksploatacji.

Autor ocenia, iż biorąc pod uwagę, że teoretycznie z obowiązujących procedur wynikałoby, że niezbędne jest uzyskanie przynajmniej czterech „koncesji” na podstawie trzech ustaw, to istnieje możliwość również zagregowania

rozstrzygnięć i ograniczenia się do dwóch koncesji. Jednej związanej z rozpoznawaniem/ dokumentowaniem złoża soli oraz następnie, po przedłożeniu i zatwierdzeniu odpowiednika pzz i planu ruchu następuje przystąpienie do ługowania soli. To byłaby pierwsza koncesja. Druga koncesja na budowę kawerny/zbiornika na magazynowanie wodoru oraz po przedłożeniu projektu odpowiednika pzz i planu ruchu magazynu na okres jego eksploatacji.

Autor zauważa, iż budowa kawern jako magazynów na wodór w górotworze dotyka wielu zagadnień z różnych dziedzin, co wymaga interdyscyplinarnego podejścia do zapewnienia spójności i zupełności regulacji. Zdaniem Autora, biorąc pod uwagę wielość i skalę ryzyk, regulacje muszą być wyjątkowo komplementarne, co wymaga szczególnego zakresu i trybu prac legislacyjnych, a wcześniej uspołnieniu przesłanek i sposobu powstawania dokumentów i podejmowania co do nich decyzji.

Autor wskazuje, iż już w październiku 2002 r. zostały zlecone przez Komisję Europejską prace w ramach Grupy Wysokiego Szczebla dla Wodoru i Ogniw Paliwowych (the High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells (HLG)). Zadaniem było przedyskutowanie strategiczne i uzyskanie europejskiego konsensusu dla wykorzystania wodoru jako nośnika energii – program HyNet (za Kaliski, Sikora 2013).

Autor wskazuje również, iż infrastruktura magazynu i gazociągi są budowane ze specjalnej stali (wodór wypiera węgiel) o średnicy 25–30 cm co pozwala na tłoczenie wodoru pod ciśnieniem 10–20 bar (...), lecz pięćdziesięcioletni gazociąg o długości 210 km łączy 18 dostawców i odbiorców bez jakiegokolwiek awarii. Najdłuższa 400 km sieć łączy zakłady we Francji i Belgii (za Kaliski, Sikora 2013).

Plusy według M. Kaliskiego i A. Sikory, to:

- zmagazynowanie nadwyżek energii i jej późniejszy odzysk w sposób ekologiczny – bez dodatkowej emisji;
- bezpieczeństwo ekologiczne podziemnych magazynów energii, podobne jak istniejących podziemnych magazynów gazu, ropy i paliw;
- efektywność magazynowania podziemnego znacznie wyższa i proekologiczna w porównaniu z układami elektrowni wodnych szczytowo-pompowych;
- lepsze technicznie i ekonomicznie wykorzystanie okresowych nadwyżek mocy elektrowni i elektrociepłowni i związany z tym realny spadek emisji CO₂;
- prostsze włączenie w system energetyczny dużych farm wiatrowych i solarnych, ograniczenie potencjalnych problemów z dużym udziałem OZE (Odnawialne Źródła Energii) w bilansie energetycznym kraju;
- ograniczenie spalania konwencjonalnych paliw kopalnych – wodór jest najczystszy nośnikiem energii;
- umożliwienie rozwoju ogniw paliwowych (wodór) w motoryzacji, spadek emisji spalin;
- możliwość utylizacji CO₂ poprzez wykorzystanie wodoru i CO₂ do produkcji metanu.

W literaturze przedmiotu wyrażonych jest wiele opinii dotyczących zarówno zagrożeń, jak i pozytywów tej formy magazynowania wodoru. Jak wstępnie się szacuje (Kunstman i in. 2002) „koszt inwestycyjny wykonania kawern magazynowych wodoru, czy sprężonego powietrza powinien być częścią kosztów budowy całego magazynu energii. Koszty całościowe magazynów gazu na świecie, w zależności od warunków geologicznych, cen lokalnych oraz wielkości i ilości kawern wynoszą w przeliczeniu od 1 mld zł do 3 mld zł. Przyjmowało się do szacunkowych obliczeń ok. 2 zł kosztów inwestycyjnych na 1 Nm³ gazu w nominalnej pojemności kawerny gazowej. Dla magazynów energii w postaci wodoru koszt ten będzie wyraźnie większy z uwagi na dodatkowy koszt specjalnych materiałów i mniejsze rozmiary poszczególnych

kawern, nie biorąc nawet pod uwagę dodatkowych kosztów elektrolizerów i generatorów”. Według M. Kaliskiego i A. Sikory, kawerny solne, podobne do magazynujących gaz ziemny, po odpowiednim zaprojektowaniu, mogą zostać wybudowane dla wodoru, w tej formie magazynując nadwyżki energii. (...) w układzie pionowym jak również kawern soczewkowych, potencjalnie korzystniejszych w złożach o niewielkiej miąższości.

Obecnie stosowane technologie pozwalają na budowę instalacji produkujących od 5 tysięcy m³ do 150 tysięcy m³ wodoru na godzinę (od 40 000 m³ do 1,2 mld m³ rocznie – np. obecnie wybudowana przez Air Liquide wytwórnia wodoru, także częściowo dla rafinerii w Rotterdamie, ma zdolność produkcji 130 tys. m³/h, a koszt inwestycji to ok. 160 milionów Euro) (za Kaliski, Sikora 2013).

Magazynowanie wodoru w głębokich poziomach wodonośnych polega prawie na tym samym, co w szczytowych złożach ropy czy gazu, z tą jednak różnicą, że porowata matryca skalna jest wypełniona solanką, a nie węglowodorami. Zaletą tego typu magazynu jest względnie nienaruszona struktura geologiczna.

Istniejącymi ograniczeniami są wyższe koszty rozpoznania geologicznego, większe nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacji oraz zwiększone ryzyko wycieku gazu (Bai i in. 2014; Gąska i in. 2012; Srensen 2007).

Badania wykazały wpływ H₂/CO₂ na rozpuszczanie i wytrącanie się minerałów oraz jakość zbiornika (porowatość, preferencyjne ścieżki przepływu gazu) (Henkel i in. 2014). Podkreśla się, że wykorzystanie wielkoskalowego magazynowania energii może wywoływać skutki uboczne w górotworze: wzrost ciśnienia, migrację płynów złożowych, zmiany geochemiczne oraz biologiczne, naprężenia geomechaniczne czy też wyciek zatłoczonych płynów lub gazów do wyżej zalegających warstw wodonośnych (Bai i in. 2014; Bauer i in. 2013).

Panfilov (2016) omówił istotne aspekty podziemnego magazynowania wodoru na dużą skalę – jego opcje oraz

potencjał składowania w Europie, potrzebną infrastrukturę, a także czynniki ekonomiczne. Pottier i Blondin (1995) przedstawili wybrane techniczne zagadnienia magazynowania wodoru w kawernach solnych oraz w warstwach wodonośnych.

Mamy zaledwie kilka przykładów wielkoskalowego geologicznego magazynowania wodoru. Dlatego też, jak wska-

zują autorzy, (Hagemann i in. 2015; Panfilov 2016) w celu określenia wpływu (skomplikowanych i połączonych) efektów magazynowania wodoru na inne rodzaje użytkowania górotworu jest wymagany odpowiedni system monitoringu oraz rozpoznanie i zrozumienie licznych procesów geologicznych, a co za tym idzie i dopasowania regulacji. ■

XXXVII Konferencja

z cyklu: Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej
nowe strategie i inwestycje na rynku paliw i energii w kraju i UE.





Sesja specjalna: Technologie wodorowe jako sposób transformacji Śląska

Jedna z sesji pt. „Technologie wodorowe jako sposób transformacji Śląska” poświęcona była zagadnieniom wodorowym.

Dekarbonizacja sektora przemysłowego to ogromne wyzwanie, ponieważ wiele procesów produkcyjnych nadal opiera się na spalaniu paliw kopalnych. W tym przypadku wodór może być wykorzystany jako alternatywny nośnik energii, zastępując tradycyjne surowce. Procesy produkcji wodoru mogą być także zasilane z odnawialnych źródeł energii, dzięki czemu dekarbonizacja sektora przemysłowego stanie się bardziej zrównoważona.

Budownictwo jest kolejnym sektorem, który ma duży wpływ na emisję gazów cieplarnianych, głównie poprzez zużycie energii do ogrzewania i chłodzenia budynków. Wodór może być wykorzystany jako czyste paliwo do ogrzewania oraz do produkcji ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych oraz komercyjnych. Dzięki temu możliwe będzie ograniczenie emisji CO₂ związanych z użytkowaniem budynków.

Sektor rolniczy również ma duży udział w emisji gazów cieplarnianych, głównie poprzez emisję metanu z proce-

sów fermentacji oraz amoniaku z procesów nawożenia. Wodór może zostać wykorzystany do zasilania maszyn rolniczych, co pozwoli zmniejszyć zużycie paliw kopalnych oraz emisję szkodliwych substancji do atmosfery.

Podsumowując, wodór ma potencjał stać się kluczowym czynnikiem dekarbonizacji różnych sektorów gospodarki europejskiej. Konferencja KOMTECH była doskonałą okazją do przedstawienia aktualnych rozwiązań i technologii związanych z wykorzystaniem wodoru w procesie dekarbonizacji, oraz do podjęcia dyskusji na temat dalszych kroków, które należy podjąć, aby osiągnąć cele związane z redukcją emisji gazów cieplarnianych i neutralności klimatycznej. ■

Komtech 2024 Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna

Górnictwo w Dobie Zielonej Transformacji





XV Konferencja Naukowa Rynki surowców i energii – Transformacja energetyczna

W dniach 25-26 listopada 2024 r. odbyła się w Poznaniu cykliczna konferencja „Rynki surowców i energii” zorganizowana przez Fundację na rzecz Czystej Energii. W czasie konferencji zaprezentowano tematy o szerokim spektrum zagadnień dotyczące bezpieczeństwa energetycznego w ujęciu ekonomicznym i politycznym, technologii odnawialnych źródeł energii, kwestii ochrony środowiska oraz edukacji ekologicznej. Prezentowane tematy obejmowały zagadnienia w kontekście polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej i jej wpływu na Polskę oraz podejście gospodarek światowych do bezpieczeństwa energetycznego.

Przedstawiciele katowickiego Oddziału ARP S.A. w swoich prezentacjach przedstawili różne zagadnienia dotyczące sektora górnictwa węgla kamiennego, w odniesieniu do zagadnień bezpieczeństwa energetycznego Polski. Pan Mirosław Skibski przedstawił „Obraz sektora górnictwa węgla kamiennego po 9 miesiącach 2024 roku”, natomiast Pani Anna Kielerz zaprezentowała „Sektor górnictwa węgla kamiennego w świetle wymogów transformacji energetycznej”. W swoim wystąpieniu zwróciła uwagę, że niezbędne wydaje się podjęcie decyzji odnośnie roli węgla w krajowej strukturze wytwarzania energii elektrycznej w perspektywie średnio- i długoterminowej, w kontekście polityki klimatycznej UE oraz obecnej sytuacji politycznej

w Europie. Obecnie w Polsce funkcjonują dwa dokumenty, które można uznać za strategiczne dla sektora wytwarzania energii elektrycznej tj. Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030 oraz PEP2040. W świetle zapisów w dokumentach strategicznych w kolejnych latach będzie zmniejszał się udział węgla w polskim miksie energetycznym na rzecz odnawialnych źródeł energii oraz atomu. Wprowadzenie niestabilnych źródeł do systemu energetycznego wiąże się określeniem na czym będzie opierać się stabilność dostaw energii wobec zmian miksu energii i struktury jej wytwarzania.

Z kolei Pani Beata Barszczowska przedstawiła „Środowiskowe skutki działalności górniczej – wnioski z monitoringu prowadzonego przez ARP S.A.”. W swoim wystąpieniu zwróciła uwagę na fakt, że pozyskanie węgla kamiennego oddziałuje na środowisko, w związku z tym należy szukać kompromisu pomiędzy rosnącymi potrzebami gospodarki i społeczeństwa, a ochroną środowiska. Taki kompromis jest możliwy poprzez działanie zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju, czyli utrzymując równowagę między ochroną środowiska, wymaganiami społeczeństwa, a możliwościami ekonomicznymi. Minimalizacja przekształceń wywołanych w środowisku przez działalność wydobywczą jest obowiązkiem przedsiębiorców górniczych wynikającym z przepisów prawa. Zbędne

dla działalności górniczej tereny, zgodnie z ustaleniami stosownych decyzji administracyjnych, poddane są procesom rekultywacji technicznej i biologicznej.

W dniu 25.11.2024 r. jeden panel został w całości poświęcony zagadnieniom wodorowym. Poniżej zamieszczono streszczenia zaprezentowane w czasie tego panelu.

dr inż. MIROSŁAW NESKA*, dr inż. Andrzej MAJCHER, mgr inż. Mirosław MROZEK

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technologii Eksploatacji

ul. K. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom

* miroslaw.neska@itee.lukasiewicz.gov.pl

Analiza konstrukcji elektrolizerów wodoru

Streszczenie

Transformacja energetyczna gospodarki i odchodzenie od gospodarki opartej na paliwach kopalnych w stronę odnawialnych źródeł energii rodzi nowe wyzwania. Odnawialne źródła energii, między innymi takie jak: energia słoneczna i wiatrowa, choć są rozwiązaniami przyjaznymi dla środowiska to jednak ich eksploatacja charakteryzuje się nieprzewidywalnością, zmiennością i nieciągłością. Te cechy mocno ograniczają ich efektywne wykorzystanie. Jednocześnie stanowią one poważne wyzwanie dla stabilności i niezawodności funkcjonowania publicznych sieci elektroenergetycznych. Współpraca odnawialnych źródeł energii z sieciami, aby zbilansować podaż i popyt energii elektrycznej, wymaga zastosowania innowacyjnych technologii. Jednym z rozwiązań tego problemu może być opracowanie systemów elektrolizerów i ogniw paliwowych. Elektrolizery służące do produkcji wodoru mogą skutecznie przejmować energię elektryczną w okresach jej nadmiernej produkcji, tym samym odciążając sieci elektroenergetyczne. Zaś systemy ogniw paliwowych mogą wytwarzać i skutecznie wprowadzać energię elektryczną do sieci w okresach szczytowego zapotrzebowania, tym samym

stabilizując pracę sieci elektroenergetycznych. Elektrolizery mogą spełniać funkcję dualnego systemu, z jednej strony produkować wodór dla odbiorcy końcowego z drugiej zaś oferować usługę równoważenia pracy sieci elektroenergetycznych.

W referacie omówiono metody wytwarzania wodoru ze źródeł odnawialnych i nieodnawialnych. Szczegółowo zaprezentowano cztery technologie elektrolizy wody służące pozyskaniu wodoru ze źródeł odnawialnych, metody elektrolizy: alkalicznej, z membraną wymiany protonów (PEM), stałotlenkowej oraz z membraną anionowymienią (AEM). Omówiono budowę i sposób funkcjonowania pojedynczego ogniwa w każdej z czterech technologii, przedstawiono ich główne zalety i wady, podano i krótko scharakteryzowano po jednym przykładzie rozwiązania aplikacyjnego dla danej metody elektrolizy. Zaprezentowano własne rozwiązanie prototypowe systemu wytwarzania wodoru w technologii PEM. ■

Referat wygłoszono na XV Konferencji Naukowej „Rynki surowców i energii – Transformacja energetyczna”, Poznań, 25-26.11.2024 r.

Jarosław MARKOWSKI, Magdalena DUDEK, Andrzej RAŹNIAK

Polityka „wodorowa” w kreowaniu wyzwań ochrony środowiska i wyzwań technologicznych

Streszczenie

Ciągłe dążenie do zaspokojenia potrzeb energetycznych egzystencji i rozwoju ludzkości towarzyszy nam od początków istnienia cywilizacji. Aspekt ten dotyczy wszystkich rodzajów postaci energii, a zapotrzebowanie na daną postać energii zależy od wielu czynników gospodarczych, społecznych i politycznych. One determinują chwilowe uwarunkowania potrzeb i wskazują kierunki działań przekształcenia form energii z jednej postaci w drugą, a to przekłada się na pewne konsekwencje w oddziaływaniu na środowisko oraz skutkuje w generowaniu wyzwań technologicznych.

Podobna sytuacja występuje obecnie i jest związana z szeroko rozumianą polityką „wodorową”. Polityka ta jest swego rodzaju konsekwencją przyjęcia za cel pozyskiwania energii z pominięciem obiegu węgla w przyszłości. Działanie to jest realizowane w rozumieniu, że dwutlenek węgla jest gazem cieplarnianym i z tego powodu jego emisja jest szkodliwa dla środowiska. W związku z powyższym podjęto politykę zmierzającą do wspierania bezwęglowych procesów energetycznych. Należą do nich procesy konwersji energii w ramach tzw. odnawialnych źródeł energii – w szczególności energii z wiatru i energii ze słońca. Energia wiatrowa i słoneczna traktowane jako źródła do konwersji energii elektrycznej charakteryzują się dużą zmiennością wartości generowanej energii w czasie, przez co nie są stabilne. Stanowi to duży problem dla systemów elektroenergetycznych. W związku z tym w celu stabilizacji systemu elektroenergetycznego konieczne jest magazynowanie energii elektrycznej przekształcanej z wykorzystaniem OZE. Problem z magazyno-

waniem energii jest znany od dawna, a opracowane do tej pory rozwiązania w postaci systemów ogniw chemicznych litowo-jonowych, systemów akumulatorów mechanicznych (energii potencjalnej i kinetycznej), magazynów ciepła, itp. jest bardzo kosztowny. Koszt ten wynika z samej infrastruktury systemu oraz z ich sprawności, która przekłada się na koszty ich eksploatacji. W związku z tym rozwiązania te w większości mają zastosowanie do krótkoterminowego magazynowania energii w celu stabilizacji mikroinstalacji OZE współpracujących z siecią elektroenergetyczną.

Rozwiązanie długoterminowego magazynowania energii znalazła dawno temu sama natura. Energia słoneczna docierająca do powierzchni ziemi została zgromadzona w postaci wszelkiej roślinności, z wykorzystaniem procesów fotosyntezy absorbując dwutlenek węgla z atmosfery i wiążąc węgiel na rzecz budowy komórek roślinnych. Magazyn ten jako długoterminowy służy nam dziś jako źródła kopalne w postaci węgla, metanu, ropy naftowej. Zasoby te są swoistym chemicznym magazynem energii, a mając świadomość o jego zasobach powinniśmy z niego rozważnie korzystać.

Wprowadzona polityka „wodorowa” jest zbieżna z ideą wykorzystania chemicznych magazynów energii. Jednak wytwarzanie czystego wodoru niesie wiele wyzwań w zakresie technologicznym związanych z energochłonnością i sprawnością procesów oraz z jego magazynowaniem w instalacjach technicznych i dystrybucją – związanych ze skłonnością wodoru do ucieczki. Problemy te wprost odnoszą się do oddziaływania polityki „wodorowej” na środowisko naturalne. Oddziaływanie to dotyczy ilości

energii potrzebnej do konwersji na postać wodoru, energii potrzebnej do utrzymania wodoru w instalacjach magazynujących (sprężanie, instalacje kriogeniczne) oraz ucieczka wodoru do otoczenia. Wspólne zestawienie istniejących problemów powoduje że konwersja energii z OZE na energię elektryczną, a następnie na energię w postaci chemicznej jako czysty wodór nie przekracza 50% sprawności ogólnej, a uciekający wodór do otoczenia powoduje zagrożenie wiązania się z węglem znajdującym się w powietrzu w postaci tlenku węgla i dwutlenku węgla w rezultacie tworząc metan i wiążąc się z tlenem tworząc parę wodną. Zarówno metan jak i para wodna są uważane za gazy cieplarniane, co stawia je razem z dwutlenkiem węgla jako szkodliwe dla środowiska.

Takie spojrzenie skłania do rozważenia innych sposobów magazynowania wodoru w postaci energii chemicznej. Można do nich zaliczyć związki chemiczne takie jak metanol, etanol czy amoniak, które wiążą wodór na tyle

trwale, że instalacje do ich przechowywania mają bardzo dużą skuteczność, a ich sposób magazynowania i dystrybucji jest powszechnie wykorzystywany w przemyśle chemicznym. Zaletą takiego procesu w odniesieniu do alkoholi jest wiązanie dwutlenku węgla pochodzącego z różnych procesów przemysłowych, a w odniesieniu do amoniaku jest to proces bezwęglowy. Związki te mogą być wykorzystane na cele energetyczne, a amoniak dodatkowo można wykorzystać do wytwarzania mocznika na potrzeby procesu produkcji nawozów sztucznych.

Działania te stanowią wyzwanie w zakresie ochrony środowiska i rozwoju technologii konwersji energii, które mogą przyczynić się do zmniejszenia zużycia paliw kopalnych i wykorzystania dwutlenku węgla jako swoistego nośnika wodoru w postaci związków chemicznych. ■

Referat wygłoszono na XV Konferencji Naukowej „Rynki surowców i energii – Transformacja energetyczna”, Poznań 25-26.11.2024 r.

XV Konferencja Naukowa

Rynki surowców i energii – Transformacja energetyczna

