

prof dr hab. inż. Janusz Lewandowski
Instytut Badań Stosowanych
Politechniki Warszawskiej
ul. Rektorska 4 00-614 Warszawa
e-mail: janusz.lewandowski@pw.edu.pl

Warszawa, lipiec 2025 r.

Recenzja

dotycząca wniosku w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka
dr inż. Aleksandry Komorowskiej

Podstawa sporządzenia oceny

Podstawą sporządzenia niniejszej oceny jest pismo nr AO-520-3/25 skierowane przez Dyrektora Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Do pisma załączona jest kompletna dokumentacja stanowiąca podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego przez dr inż. Aleksandrę Komorowską.

Recenzję przygotowano zgodnie z następującymi dokumentami:

1. Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668);
2. Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 Nr 65 poz. 595);
3. Rozporządzenie ministra nauki i szkolnictwa wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2018 poz. 261);
4. Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego; poradnik aktualizowany (ostatnia aktualizacja: 20 maja 2021 r.), Rada Doskonałości Naukowej;
5. Recenzje w postępowaniach o awans naukowy. Poradnik, Rada Doskonałości Naukowej, 2022 r.

Podstawowe dane o Kandydatce

Dr inż. Aleksandra Komorowska ukończyła studia magisterskie na Wydziale Energetyki i Paliw w Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie w 2015 roku. Po skończeniu studiów, od stycznia 2016 roku podjęła pracę w Instytucji Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, jako pracownik inżynieryjno – techniczny, a od stycznia 2018 roku jako pracownik naukowy, początkowo na stanowisku asystenta, a po ukończeniu pracy doktorskiej adiunkta.

Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskała w roku 2020 na podstawie rozprawy pt.: „*Ocena krajowego zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w perspektywie 2040 roku na tle wdrożenia rynku mocy*” obronionej na w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Promotorem rozprawy była dr hab. inż. Lidia Gawlik.

Dr inż. Aleksandra Komorowska pełniła funkcję Zastępcy Kierownika Pracowni Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i Energią, od kwietnia 2022 r. do czerwca 2023 r., a od lipca 2023 r. do chwili obecnej pełni funkcję Kierownika Pracowni Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i Energią.

W okresie od grudnia 2021 r. do grudnia 2022 r. Habilitantka była zatrudniona w Akademickim Centrum Komputerowym CYFRONET AGH, w Laboratorium Obliczeń Kwantowych na stanowisku starszy specjalista informatyk programista.

Dane bibliometryczne

Zgodnie z informacjami podanymi przez Habilitantkę we wniosku, Jej sumaryczny Impact Factor wszystkich publikacji wynosi 125,8, a po uzyskaniu stopnia doktora 90,924. Liczba wszystkich cytowań wg. Web of Science wynosi 279, a wg. Scopus 414. Indeks Hirscha Kandydatki jest równy 9 według pierwszej z baz oraz 11 według drugiej.

Analiza osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Osiągnięcie naukowe stanowiące podstawę ubiegania się o stopień doktor habilitowanej zatytułowane jest „*Rola zielonego wodoru w transformacji energetycznej Polski w aspekcie integracji energetyki odnawialnej i transportu*” i składa się z autorskiej monografii pt.: „*Wodór w transformacji energetycznej Polski – integracja energetyki odnawialnej i transportu*”, seria: Studia Rozprawy Monografie Nr 220, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2025 oraz cyklu 6 powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych, które zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych danych o artykułach stanowiących cykl publikacji

Lp	Autorzy* / tytuł / czasopismo / dane bibliograficzne	Punkty	IF	Udział
P1	Komorowska A. , Benalcazar P., Kamiński J. (2023) – <i>Evaluating the competitiveness and uncertainty of offshore wind-to-hydrogen production: A case study of Poland</i> . International Journal of Hydrogen Energy 48(39), 14577–14590. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.015	140	8,1	33,3%
P2	Komorowska A. , Olczak P., Hanc E., Kamiński J. (2022) – <i>An analysis of the competitiveness of hydrogen storage and Li-ion batteries based on price arbitrage in the day-ahead market</i> . International Journal of Hydrogen Energy 47(66), 28556–28572. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.06.160	140	8,1	25%
P3	Komorowska A. , Mokrzycki E., Gawlik L. (2023) – <i>Hydrogen production in Poland: the current state and directions of development</i> . Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal 26(4), 81–98. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/170913	20	-	33,3%
P4	Benalcazar P., Komorowska A. (2024) – <i>Techno-economic analysis and uncertainty assessment of green hydrogen production in future exporting countries</i> . Renewable and	200	16,3	50%

	Sustainable Energy Reviews 199, 114512. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114512			
P5	Benalcazar P., Komorowska A. (2024) – <i>Techno-economics of Green Hydrogen: Present Trends and Future Prospects</i> [w:] Singh, P., Agarwal, A.K., Thakur, A., Sinha, R.K. (ed.) Challenges and Opportunities in Green Hydrogen Production. Energy, Environment, and Sustainability. Wydawnictwo Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-1339-4_23	80	-	50%
P6	Benalcazar P., Komorowska A. (2022) – <i>Prospects of green hydrogen in Poland: A techno-economic analysis using a Monte Carlo approach</i> . International Journal of Hydrogen Energy 9(47), 5779–5796. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.12.001	140	8,1	50%

Obecna polityka energetyczna Unii Europejskiej zakładająca osiągnięcie w krajach członkowskich w 2050 roku neutralności klimatycznej („zielony ład”) w konsekwencji eliminuje paliwa kopalne z funkcji nośnika energii dla wytwarzania jej form użytkowych tj. przede wszystkim energii elektrycznej, ciepła i pracy (transport). Jej realizacja jest zadaniem niezwykle ambitnym, ale trudnym i kosztownym w skali gospodarek krajów członkowskich. Jest też wyzwaniem dla instytucji naukowych i naukowców prowadzących dotychczas badania w obszarze wydobywania i wykorzystania paliw kopalnych. W takiej sytuacji znalazł się między innymi Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN oraz sama Habilitantka. Warto w tym miejscu przypomnieć, że Jej praca doktorska dotyczyła zapotrzebowania na paliwa kopalne dla sektora elektroenergetycznego i z uznaniem stwierdzić, że doskonale poradziła sobie ze znalezieniem tematyki badawczej, która doskonale wpisuje się w wyzwania jakie stawia przed nauką cel postawiony w ramach „zielonego ład”. Problem wykorzystania wodoru w okresie przejściowym oraz docelowym modelu gospodarki energetycznej pozbawionej paliw kopalnych stanowi obecnie jednej z najistotniejszych wyzwań nauki w obszarze szeroko rozumianej energetyki. Prace dr inż. Aleksandry Komorowskiej, których wyniki zostały udokumentowane w publikacjach będących podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego doskonale wpisują się w te wyzwania.

Godny podkreślenia jest także fakt, że Habilitantka zdecydowała się na przygotowanie autorskiej monografii habilitacyjnej, co obecnie jest rzadkim przypadkiem, szczególnie w obszarze nauk inżynierijno – technicznych, a jednoznacznie rozwiązuje problem pojawiający się w przypadku dorobku złożonego z cyklu współautorskich artykułów, tj. określenia udziału merytorycznego poszczególnych współautorów.

Monografia pt.: „*Wodór w transformacji energetycznej Polski – integracja energetyki odnawialnej i transportu*”, zawiera się na 197 stronach, a jej treść została podzielona na „Wprowadzenie”, 4 rozdziały opisującego szczegółowo wyniki uzyskane przez Habilitantkę oraz „Podsumowanie i wnioski końcowe”. Treść uzupełniają wykaz skrótów i bibliografia zawierająca 219 pozycji literaturowych.

We *Wprowadzeniu* Autorka monografii określa cel swoich badań jako „...ilościowa analiza potencjału wodoru wyprodukowanego z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii

w procesie integracji krajowego sektora energetyki odnawialnej i transportu w perspektywie 2030 oraz 2050 roku”.

W dotychczasowych pracach badawczych wodoru jako paliwo przyszłości wytworzone z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych (oze) rozpatrywany był zwykle niezależnie przez naukowców zajmujących się transportem lub energetyką i badania Habilitantki, w których rozpatrywane są wspólnie oba sektory gospodarki mają pionierski charakter, przynajmniej w skali kraju. Fakt ten pozwala ocenić pracę jako oryginalną i przedstawiającą nowe spojrzenia na rolę wodoru, szczególnie w procesie transformacji gospodarki na bezemisyjną.

Pierwszy rozdział monografii zatytułowany *„Wodór jako integralny element transformacji energetycznej”* ma charakter rozwiniętego wstępu i mówiono w nim podstawowe dokumenty UE i Polski definiujące na poziomie politycznym i gospodarczym cel jakim jest neutralna klimatycznie gospodarka krajów UE raz ścieżkę dojścia do tak postawionego celu. Z punktu widzenia pracy szczególne znaczenie ma tu *„Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040”* przyjęta w 2012 roku przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Wskazuje ona 6 głównych celów, z których dwa pierwsze dotyczą wdrożenia technologii wodowych w elektroenergetyce i ciepłownictwie (cel 1) oraz transporcie (cel 2). Rozdzielenie tych celów na poziomie dokumentu rządowego jest potwierdzeniem dotychczasowego spojrzenia na niezależną rolę wodoru w energetyce i transporcie. Omawiany rozdział monografii niezależnie od ukazania tła aktywności badawczej Habilitantki pełni ważną rolę porządkującą w zwartej formie treści licznych dokumentów unijnych i krajowych, poświęconych problematyce wdrożenia „zielonego ładu”.

Drugi rozdział monografii nosi tytuł *„Łańcuch wartości gospodarki wodorowej – wybrane uwarunkowania techniczno – ekonomiczne”* i omówiono w nim podstawowe metody wytwarzania wodoru, metody jego transportu i magazynowania oraz dotychczasowe technologie wykorzystania w różnych stadiach ich rozwoju. Określa on zatem zakres badań i jest podstawą do określenia technologicznych założeń do opracowanego modelu matematycznego gospodarki wodorowej. Niezależnie od tego zawarte w nim informacje stanowią przydatny przegląd dostępnej techniki w obszarze gospodarki wodorowej.

Podstawowy dla oceny wartości naukowej pracy dr inż. Aleksandry Komorowskiej jest trzeci rozdział monografii zatytułowany: *„Model matematyczny do ilościowej analizy wykorzystania zielonego wodoru jako nośnika energii integrującego energetykę odnawialną i transport w transformacji energetycznej Polski”*.

Opracowany model zawiera 9 równań (rozumianych jako zbiór sekwencyjnie wyznaczanych zależności). Są to:

- równanie zdolności produkcyjnych wodoru w elektrolizerach zasilanych energią elektryczną wytworzoną z odnawialnych źródeł energii w wydzielonym rejonie kraju,
- równanie określające współczynnik zwrotu kapitału,
- równanie uśrednionych kosztów produkcji wodoru,
- równanie określające całkowite nakłady inwestycyjne,
- równanie określające całkowite koszty zmienne,
- równanie kosztów wymiany elektrolizera,

- równanie określające ograniczenie zdolności produkcyjnych w wydzielonym rejonie,
- równanie bilansu zapotrzebowania i wytwarzania wodoru z odnawialnych źródeł energii (oze) w wydzielonym rejonie,
- równanie określające funkcję celu tj. sumę kosztów związanych z pokryciem krajowego zapotrzebowania na wodór w transporcie drogowym.

Niewątpliwie oryginalnym ujęciem rozpatrywanego problemu jest jego dekompozycja terytorialna. Obszaru kraju został podzielony na jednostki terytorialne odpowiadające tzw. NUTS – 3, tj. jest najmniejsze jednostki terytorialne dla których prowadzona jest statystyka przez Główny Urząd Statystyczny, a tym samym możliwe jest pozyskanie części danych potrzebnych do obliczeń. W Polsce wydzielone są 73 takie jednostki terytorialne.

Dekompozycja kraju na podregiony w znaczący sposób zwiększa wymiary modelu matematycznego. W tym miejscu należy wyrazić żal, że Habilitantka nie zmieściła w pracy informacji określających formalną charakterystykę układu równań stanowiących opracowany model. Zamieszczona jest jedynie informacja, że do jego rozwiązania wykorzystano solver CPLEX, a obliczenia prowadzono w środowisku GAMS 9 (General Algebraic Modelling System). Są to narzędzia dedykowane do rozwiązywania zagadnień liniowych.

W rozdziale 3 Autorka przedstawia także 5 scenariuszy rozwoju gospodarki wodorowej, które są porównywane w pracy.

Rozdział 4 zatytułowany „*Analiza ilościowa wykorzystania zielonego wodoru jako nośnika energii integrującego energetykę odnawialną i transport w transformacji energetycznej Polski*” zawiera omówienie wyników przeprowadzonych analiz. Przedstawiono w nim wyniki zarówno w skali kraju, jak i dla wydzielonych jednostek terytorialnych. Liczba przytoczonych tu informacji przetłacza czytelnika, ale też ukazuje możliwości jakie daje przygotowane przez Habilitantkę narzędzie obliczeniowe. Są wśród przytoczonych wyników dane potwierdzające potrzebę prowadzenia analiz w układzie terytorialnym. O ile bowiem w skali kraju różnice w kosztach dla poszczególnych scenariuszy nie są duże z wyjątkiem scenariusza wzrostu popytu przy niezmienionej podaży, co jest wynikiem, którego można się było spodziewać, to w układzie regionalnym sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Są regiony w kraju o takich zasobach energii odnawialnej, gdzie nawet rozpatrywany wzrost zapotrzebowania na wodór nie zwiększa kosztu jego dostaw, a są takie gdzie wzrost kosztu jest ponad dwukrotny.

Potwierdzeniem mnogości informacji jaka daje opracowany model jest rozwartość rozdziału „Podsumowanie i wnioski końcowe”. Tylko przedstawione w nim wnioski o ogólnym charakterze zajmują 6 stron.

Niezwykłe wysoko oceniam osiągnięcie Habilitantki jakim jest przygotowanie modelu pozwalającego na ilościowe oceny programu związanego z transformacją transportu i energetyki w kierunku neutralności klimatycznej. Jest ono oryginalne i może być bardzo dobrym wzorem osiągnięcia, które jest podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych.

Dr inż. Aleksandra Komorowska do swojego osiągnięcia dołączyła jeszcze 6 artykułów opublikowanych w międzynarodowych czasopismach. Niewątpliwie uzupełnią one Jej dorobek w zakresie badań nad możliwościami wykorzystania wodoru w czekającej Unii Europejską

transformacji gospodarczej. Szczególnie interesujące w wymiarze szerszym niż krajowy są tu prace: *“An analysis of the competitiveness of hydrogen storage and Li-ion batteries based on price arbitrage in the day-ahead market”* (P2) oraz *“Prospects of green hydrogen in Poland: A techno-economic analysis using a Monte Carlo approach”*(P5).

Recenzując dorobek naukowy dr inż. Aleksandry Komorowskiej zwrócić należy także uwagę na Jej dużą aktywność publikacyjną. Oprócz omówionych wyżej monografii i artykułów stanowiących „osiągnięcie habilitacyjne”, po doktoracie, a więc w ciągu 4 lat opublikowała jeszcze 14 współautorskich artykułów, głównie w czasopismach o biegu międzynarodowym.

Mocną stroną Jej dorobku jest też aktywność w zakresie pozyskiwania projektów na drodze konkursów. W swojej karierze zawodowej była Ona wykonawcą 13 takich projektów, w tym 4 w europejskim programie HORIZON.

Na podkreślenie zasługuje znaczna aktywność Habilitantki w obszarze popularyzacji wiedzy poprzez czynny udział w konferencjach oraz w obszarze współpracy z gospodarką.

Wniosek końcowy

Dr inż. Aleksandra Komorowska wystąpiła z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego na podstawie dorobku obejmującego jako główny element osiągnięcie naukowe zatytułowane ” *Rola zielonego wodoru w transformacji energetycznej Polski w aspekcie integracji energetyki odnawialnej i transportu*” w postaci autorskiej monografii i cyklu 6 współautorskich publikacji – artykułów w międzynarodowych renomowanych czasopismach naukowych. Przedstawiono w nich wyniki badań stanowią zaznaczyć wkład w rozwój nauki w obszarze wspierania gospodarek krajów Unii Europejskiej w transformacji do gospodarki neutralnej klimatycznie.

Na podstawie oceny zaprezentowanych wyników badań stwierdzam, że w istotny sposób poszerzają one wiedzę w zakresie metod modelowania matematycznego złożonych zagadnień związanych z gospodarką energetyczną , a tym samym stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w rozumieniu określenia „znaczny wkład” jaki warunkuje spełnienie wymagań pozwalających ubiegać się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Pozytywnie oceniam też pozostały dorobek naukowy Habilitantki oraz te elementy Jej dorobku zawodowego, które zostały przedstawione we wniosku.

Mając na uwadze powyższe uważam, że przedstawiony dorobek dr inż. Aleksandry Komorowskiej, spełnia wymagania do nadania stopnia doktora habilitowanego określone w Ustawie Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. W związku tym popieram wniosek o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Aleksandrze Komorowskiej i rekomenduje go do dalszego procedowania.

