

Lublin, dn. 8. grudnia 2025 r.

Dr hab. inż. Alicja Siuta-Olcha, prof. uczelni
Katedra Jakości Powietrza Wewnętrznego i Zewnętrznego
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 40 B
20-618 Lublin
e-mail: a.siuta-olcha@pollub.pl

Recenzja w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego
Panu dr. inż. Mateuszowi Brzęczkowi
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana w nawiązaniu do pisma o numerze ewidencyjnym RIE-BD.532.7.2025 z dnia 9. października 2025 roku, otrzymanego od Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej Pana prof. dr hab. Krzysztofa Labusa, w związku z Uchwałą nr 197/2025 Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 25. września 2025 roku w sprawie powołania do pełnienia funkcji recenzenta w komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Mateuszowi Brzęczkowi. Wraz z pismem został przesłana dokumentacja dr. inż. Mateusza Brzęczka w formie drukowanej, dotycząca wniosku z dnia 12. czerwca 2025 roku o przeprowadzenie w/w postępowania, zawierająca następujące załączniki:

1. Dane wnioskodawcy;
2. Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych;
3. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny;
4. Monografia naukowa: Brzęczek M., *Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2025;
5. Skan dyplomu uzyskania stopnia naukowego doktora.

Recenzja została wykonana z uwzględnieniem wymagań określonych w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20. lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (tekst jednolity Dz.U. 2024 poz. 1571 z późn. zm.).

2. Dane biograficzne Habilitanta

Pan dr inż. Mateusz Brzęczek ukończył w 2011 roku studia stacjonarne pierwszego stopnia na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej, na kierunku

Inżynieria Środowiska, w specjalności *inżynieria energii*. Promotorem pracy inżynierskiej pt. *Ekologiczne aspekty pozyskiwania energii ze źródeł niekonwencjonalnych* był dr inż. Robert Zarzycki. W 2012 roku Habilitant ukończył studia stacjonarne drugiego stopnia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, na kierunku *Inżynieria Środowiska*, w specjalności *inżynieria środowiska w energetyce*, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. Tematem pracy magisterskiej, realizowanej pod opieką naukową Profesora dr hab. inż. Janusza Kotowicza, była *Analiza energetyczna bloku węglowego na parametry nadkrytyczne opalanego węglem brunatnym z instalacją CCS*.

W latach 2012–2016 Habilitant odbywał studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej na kierunku *Energetyka*. 16. grudnia 2016 roku uzyskał stopień doktora *nauk technicznych* w dyscyplinie naukowej *energetyka*, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej, na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Analiza możliwości zwiększenia efektywności elektrowni gazowo-parowej bez i z instalacją wychwytu i sprężania CO₂*, obronionej z wyróżnieniem. Promotorem rozprawy był Profesor dr hab. inż. Janusz Kotowicz, a recenzentami Profesor dr hab. inż. Krzysztof Badyda oraz Profesor dr hab. inż. Dariusz Mikielewicz.

W latach 2017–2018 Kandydat był zatrudniony na stanowisku asystenta naukowego w Instytucie Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Od 2018 roku do chwili obecnej pracuje na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, będącym podstawą do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego przez dr inż. Mateusza Brzęczka, jest autorska monografia naukowa pod tytułem *Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru*, wydana przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2025, ISBN 978-83-68390-09-4. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej posiada Unikatowy Identyfikator Wydawnictwa UIW 48600, znajduje się w ministerialnym wykazie wydawnictw publikujących recenzowane monografie naukowe (poziom I – 80 punktów), co spełnia wymagania formalne określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. a) ustawy z dnia 20. lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2024 poz. 1571 z późn. zm.). Recenzentami wydawniczymi tej monografii byli: Profesor dr hab. inż. Krzysztof Badyda oraz Profesor dr hab. inż. Dariusz Mikielewicz.

Przedstawione osiągnięcie jest rezultatem wieloletnich prac Habilitanta realizowanych w ramach projektów badawczych, w szczególności projektu OPUS pt. *Badanie różnych struktur układów energetycznego wykorzystania metanolu i jego produkcji w oparciu o H₂ z procesu elektrolizy i CO₂ z instalacji CCS*, stanowi syntezę oraz rozszerzenie wyników badań już opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Zagadnienia ujęte w monografii dotyczą rozwoju technologii wodorowych, ich opłacalności oraz integracji z odnawialnymi źródłami energii (OZE). Praca jest kompleksowym opracowaniem zagadnień związanych z przekształceniem nadwyżek

energii elektrycznej wytworzonej z OZE w paliwa syntetyczne w zintegrowanych systemach energetycznych, w aspekcie efektywnego sposobu długoterminowego magazynowania energii.

Tematyka badań podjętych przez Habilitanta jest aktualna, doskonale wpisuje się w obszar priorytetowych działań, określonych w polityce energetycznej Unii Europejskiej, zmierzających do uzyskania neutralności klimatycznej, istotnego zmniejszenia wykorzystania paliw kopalnych, a tym samym ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w gospodarce i energetyce. Istnieje zatem potrzeba opracowania i wdrożenia innowacyjnych rozwiązań, zdekarbonizowanych technologii, opłacalnych ekonomicznie, umożliwiających pomyślnie przeprowadzenie transformacji energetycznej.

Monografia stanowiąca osiągnięcie naukowe liczy 188 stron. Rozpoczyna ją wykaz używanych skrótów (akronimów). W dalszej części opracowanie obejmuje 8 głównych rozdziałów, bibliografię, streszczenie w języku polskim i w języku angielskim. W pracy zamieszczono łącznie 79 rysunków bardzo starannie wykonanych, o wysokiej jakości oraz 21 tabel.

Rozdział 1. *Wstęp* stanowi krótkie wprowadzenie do tematyki podjętych rozważań naukowych, nawiązujące do działań określonych w aktualnej polityce klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej z zakresu redukcji emisji gazów cieplarnianych w poszczególnych sektorach poprzez rozwój OZE, technologii wodorowych, infrastruktury sieciowej oraz technologii magazynowania energii. Autor, uzasadniając celowość podjęcia badań, stwierdził, że istnieje potrzeba rozwiązania istotnego problemu w sektorze energetycznym, związanego z zagospodarowaniem nadwyżek energii elektrycznej wytworzonej w instalacjach OZE, ze szczególnym uwzględnieniem siłowni wiatrowych oraz systemów fotowoltaicznych. Jednym z takich rozwiązań mogą być magazyny energii w formie chemicznej, z wykorzystaniem wodoru jako nośnika energii. Technologia magazynowania energii w postaci paliw syntetycznych opiera się na wykorzystaniu wodoru uzyskanego w procesie elektrolizy wody oraz CO₂ pochodzącego z układów technologii CCS (*Carbon Capture and Storage*) lub bezpośredniego wychwytu z powietrza. Zastosowanie zielonego wodoru, wytworzonego w procesie elektrolizy z wykorzystaniem nadwyżek energii z OZE, może przyczynić się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych.

Głównym celem osiągnięcia naukowego, sformułowanym przez Habilitanta, była analiza potencjału technologii *Power-to-Fuel* w integracji z odnawialnymi źródłami energii oraz ocena ich efektywności technicznej i ekonomicznej. Technologie te stanowią innowacyjne podejście do przekształcania energii elektrycznej w paliwa syntetyczne, które są łatwiejsze do transportu i magazynowania w porównaniu z energią elektryczną.

W rozdziale 2. *Przegląd technologii Power-to-Fuel* Autor scharakteryzował strukturę generatora wodoru oraz typy, zasadę działania różnych typów elektrolizerów. Opisał technologie produkcji syntetycznego gazu ziemnego, metanolu oraz amoniaku. Habilitant stwierdził, że rozwój tych technologii powinien dążyć w kierunku optymalizacji procesów wytwarzania wodoru, efektywności syntez chemicznych oraz redukcji kosztów operacyjnych.

Rozdział 3. *Analiza potencjału wykorzystania energii z OZE* przedstawia charakterystykę przyjętej do rozważań istniejącej farmy wiatrowej o mocy 90 MW oraz farmy fotowoltaicznej o mocy 10 MW (zastosowano efekt skali w stosunku do rzeczywistej instalacji PV o mocy 99,9 kW). Autor wyznaczył roczną ilość wyprodukowanej energii elektrycznej na podstawie numerycznej metody trapezów, podał charakterystykę pracy obydwu farm w postaci mocy średniodobowych z pomiarów z każdej godziny 2018 roku. W celu przeprowadzenia dokładnej analizy efektywności energetycznej farm, wprowadził następujące wskaźniki oceny pracy: wskaźnik mocy znamionowej, wskaźnik dostępności, wskaźnik wydajności. Habilitant określił i porównał potencjał produkcyjny obydwu farm dla poszczególnych godzin dnia oraz miesięcy roku. Określił warunki współpracy systemów OZE z siecią elektroenergetyczną.

W rozdziale 4. *Analiza współpracy generatorów H_2 z farmami OZE* dr inż. Mateusz Brzęczek przedstawił algorytm wyznaczania rocznej ilości energii elektrycznej wytworzonej z OZE i przekazanej do instalacji produkcji wodoru. Algorytm pozwolił na wyznaczenie ilości energii przekazywanej do instalacji elektrolizy dla każdej godziny w roku dla założonej mocy instalacji produkcji wodoru, względem dostępnej energii z OZE oraz przyjętych założeń dla harmonogramu ładowania. Autor przeprowadził rozważania dynamicznych warunków pracy generatorów wodoru typu PEM i AEL współpracujących z niestabilnymi źródłami energii. Do oceny pracy instalacji generatorów H_2 różnej mocy zastosował takie wskaźniki, jak: wykorzystania maksymalnego czasu pracy, znamionowej mocy generatorów wodoru, zmagazynowania energii elektrycznej, czasu pracy z mocą nominalną. Określił zależność sprawności nominalnej rozważanych generatorów H_2 od strumienia masy wytwarzanego wodoru. Przeanalizował zmienność mocy nominalnej pojedynczego generatora wodoru, dla danego typu elektrolizera, w funkcji strumienia masy wytwarzanego wodoru i sprawności nominalnej oraz masę wyprodukowanego wodoru, tlenu oraz wymaganej ilości wody w ciągu roku w zależności od mocy nominalnej pojedynczego generatora wodoru oraz mocy całej instalacji.

W rozdziale 5. *Transformacja wodoru w paliwa syntetyczne* Autor przedstawił struktury i opis technologiczny instalacji do produkcji syntetycznego gazu ziemnego, metanolu oraz amoniaku. Dla każdej technologii podał założenia do pracy instalacji, zakres analiz. Do określenia i porównania efektywności procesów produkcyjnych Habilitant wprowadził wskaźniki w postaci uzysku masowego oraz uzysku energetycznego brutto i netto. Wyprowadził równanie na sprawność całego łańcucha *Power-to-Fuel* z transformacją wodoru do paliwa syntetycznego. W analizie porównawczej Autor rozważył szeroki zakres warunków procesowych w celu identyfikacji optymalnych parametrów dla każdego z paliw. W zależności od ciśnienia i temperatury pracy reaktora przedstawił na wykresach i przedyskutował uzyski masowe paliw odniesione do jednostki masy wodoru dostarczonego do instalacji, czystości tych paliw, sprawności konwersji energii chemicznej wyróżnionych paliw (CH_4 , NH_3 , CH_3OH), sprawności instalacji produkujących dane paliwo, uzyski energetyczne brutto i netto, sprawności układu *Power-to-Fuel* dla produkcji poszczególnych paliw syntetycznych, emisje jednostkowe CO_2 z instalacji produkujących syntetyczny gaz ziemny i metanol. W badaniach

Autor uwzględnił również wpływ sprawności nominalnej generatorów wodoru w instalacji elektrolizy oraz temperatury pracy reaktora na sprawność łańcucha *Power-to-Fuel* przy założeniu, że każda instalacja pracuje z maksymalnym ciśnieniem.

Rozdział 6. *Integracja technologii Power-to-Fuel z nowoczesną elektrownią gazowo-parową* przedstawia metodologię oceny integracji technologii *Power-to-CH₄*, *Power-to-CH₃OH* oraz efektu synergii. W tym rozdziale Autor przedstawił strukturę i szczegółowy opis technologiczny nowoczesnej elektrowni gazowo-parowej zintegrowanej z instalacją wychwytu CO₂ w technologii *oxy-combustion*, zintegrowanej z jednostką separacji tlenu z powietrza jako układu referencyjnego. Do analiz została przyjęta moc turbiny gazowej na poziomie 10 MW oraz sprawność netto elektrowni 47,45%. W celu oceny efektu synergii Autor zaproponował dwa rozwiązania:

1) wykorzystanie instalacji sprężania CO₂ w elektrowni do przygotowania tego substratu do reaktora w produkcji metanolu lub syntetycznego gazu ziemnego oraz

2) wykorzystanie strumienia masowego tlenu wytwarzanego w procesie elektrolizy do zasilania turbiny gazowej w elektrowni.

Wyniki integracji dla układów *Power-to-Fuel* zostały przedyskutowane w aspekcie wpływu temperatury i ciśnienia w reaktorze na: a) sprawność instalacji produkcji paliw syntetycznych, b) sprawność całych łańcuchów *Power-to-Fuel* oraz c) uzysk energetyczny netto dla produkcji rozważanych paliw, przed i po integracji z elektrownią.

W celu oceny integracji dla elektrowni gazowo-parowej Autor przeanalizował: a) zależność uzysku energetycznego netto dla produkcji paliw od temperatury i ciśnienia w reaktorze przed i po integracji, b) wpływ mocy elektrycznej referencyjnej turbiny gazowej i mocy źródeł OZE na sprawność i moc elektryczną turbiny gazowej w układzie zintegrowanym, c) sprawność elektryczną netto elektrowni zintegrowanych z instalacją *Power-to-CH₄*, *Power-to-CH₃OH* w funkcji mocy elektrycznej referencyjnej turbiny gazowej i ciśnienia w reaktorze przy założeniu stałej mocy źródła OZE równej 100 MW oraz w funkcji mocy źródeł OZE i ciśnienia w reaktorze przy stałej mocy elektrycznej referencyjnej turbiny gazowej wynoszącej 10 MW.

Określił wskaźnik synergii układów zintegrowanych w zależności od mocy elektrycznej referencyjnej turbiny gazowej i ciśnienia w reaktorze przy założeniu stałej mocy źródła OZE 100 MW oraz stałej temperatury w reaktorach. Autor wykazał osiągnięcie synergii, to jest zwiększenia sprawności zarówno elektrowni, jak i instalacji produkcji syntetycznego gazu ziemnego i metanolu oraz całych ich układów, dzięki optymalizacji wykorzystania CO₂, tlenu z elektrolizy oraz zmniejszeniu energochłonności różnych komponentów systemu.

W rozdziale 7. Habilitant przeprowadził *Analizę ekonomiczną* instalacji wytwarzania wodoru w procesie elektrolizy wody o wydajności z zakresu od 10 do 100 kg/h dla elektrolizerów typu AEL oraz PEM. Analiza ta stanowi istotną i wartościową część opracowania, jest bardzo szczegółowa i wieloaspektowa. Do oceny opłacalności inwestycji związanej z produkcją wodoru Habilitant wykorzystał: wskaźnik wartości bieżącej netto, znormalizowany koszt wodoru, przepływy pieniężne związane z inwestycją w każdym roku eksploatacji instalacji, analizę wrażliwości granicznej ceny sprzedaży wodoru

i znormalizowanego kosztu wodoru względem różnych wskaźników makro- i mikroekonomicznych. W badaniach uwzględnił zmiany: stopy dyskonta, czasu pracy instalacji w ciągu roku, kosztów inwestycyjnych, kosztów operacyjnych, przychodów ze sprzedaży tlenu, które mają wpływ na wyniki ekonomiczne projektu. Do oceny ryzyka inwestycji, ograniczenia do minimum możliwych zagrożeń finansowych Autor zaimplementował metodę probabilistyczną Monte Carlo, która pozwoliła na rozpatrzenie istotnych zmiennych decyzyjnych, takich jak: czas pracy instalacji, degradacja elektrolizerów, koszt energii elektrycznej, cena sprzedaży wodoru i tlenu.

Rozdział 8. stanowi krótkie *Podsumowanie* opracowania.

Zamieszczona bibliografia uporządkowana jest zgodnie z kolejnością pojawiania się w tekście pracy, liczy 161 pozycji, w tym 12 prac współautorskich Habilitanta z lat 2013–2024. W trzech pracach Pan dr inż. Mateusz Brzęczek jest pierwszym autorem (25%). Piśmiennictwo obejmuje głównie pozycje w języku angielskim, z dużym udziałem źródeł literaturowych z ostatniego dziesięciolecia, wynoszącym 73,3%. Bibliografię oceniam jako obszerną, reprezentatywną dla tematyki pracy, aktualną.

Dr inż. Mateusz Brzęczek przy realizacji zadań badawczych, formułowaniu wniosków i zaleceń aplikacyjnych wykazał się samodzielnością oraz wymaganą wiedzą. Wyniki badań zostały poprawnie opisane, właściwie zinterpretowane i zilustrowane wieloma rysunkami i tabelami. Do ich uzyskania Habilitant wykorzystał zaawansowane narzędzia badawcze, takie jak: oprogramowanie Aspen Plus do modelowania instalacji produkujących paliwa syntetyczne z elektrolitycznego wodoru, oprogramowanie Epsilon Professional do modelowania i symulacji pracy układu elektrowni gazowo-parowej z technologią CCS typu oxy oraz analizę statystyczną.

Główne elementy nowości zaprezentowanego osiągnięcia naukowego, zapisane przez Habilitanta, to:

1. Opracowanie metodologii analiz współpracy instalacji elektrolizerów z hybrydową farmą OZE, tworzoną przez siłownię wiatrową i system fotowoltaiczny, obejmującej autorski algorytm wyznaczania nadwyżek energii oraz analizę możliwości przekształcania tej energii w wodór.
2. Opracowanie metodologii porównania trzech instalacji produkujących zielone paliwa syntetyczne, takie jak: syntetyczny gaz ziemny, metanol, amoniak, przy jednolitych założeniach, obejmującego wpływ ciśnienia i temperatury w reaktorach syntezy na pracę tych instalacji.
3. Porównanie uzysku masowego oraz uzysków energetycznych brutto i netto badanych instalacji produkujących zielone paliwa syntetyczne, w celu pełniejszego ujęcia sprawności tych procesów.
4. Opracowanie koncepcji współpracy elektrowni gazowo-parowej z instalacjami *Power-to-Fuel*, pozwalającej na lepsze wykorzystanie energii pierwotnej i redukcję emisji.
5. Wprowadzenie autorskiego wskaźnika synergii, uwzględniającego różnice w przyroście sprawności w zależności od bazowej sprawności instalacji, do ustalenia rzeczywistych korzyści wynikających z integracji procesów *Power-to-Fuel* z elektrownią.

6. Przeprowadzenie kompleksowej analizy ekonomicznej, obejmującej opracowanie metodologii oraz szczegółowe wyznaczenie granicznej ceny sprzedaży wodoru pozwalającej na osiągnięcie progu rentowności inwestycji, znormalizowanego kosztu produkcji wodoru oraz ich zależności od zmiennych technicznych i finansowych w postaci: kosztów inwestycyjnych, kosztów operacyjnych, ceny energii elektrycznej, stopy dyskonta.
7. Przedstawienie szczegółowych przepływów pieniężnych dla każdego roku okresu eksploatacyjnego w celu dynamicznej oceny rentowności inwestycji w czasie oraz identyfikację ewentualnych okresów występowania ujemnych przepływów finansowych, które mogą stanowić potencjalne zagrożenie dla płynności projektu i zwiększać ryzyko jego upadłości w warunkach niekorzystnych zmian otoczenia rynkowego.
8. Przeprowadzenie szczegółowej analizy wrażliwości w celu identyfikacji czynników mających istotny wpływ na końcowy wynik ekonomiczny projektu.
9. Wprowadzenie do analiz ekonomicznych wskaźników wyrażonych w USD/kg oraz w USD/kW.
10. Zastosowanie metody Monte Carlo w analizie ryzyka inwestycyjnego.

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe dr. inż. Mateusza Brzęczka pt. *Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru* jest wartościowe z punktu widzenia poznawczego i praktycznego, świadczy o bardzo dobrej znajomości tematyki badawczej przez Habilitanta i wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

4. Ocena istotnej aktywności naukowo-badawczej

Działalność naukowa dr. inż. Mateusza Brzęczka, przed uzyskaniem stopnia doktora, skupiona była przede wszystkim na analizach termodynamiczno-ekonomicznych układów technologicznych: elektrowni gazowo-parowej, nadkrytycznego bloku węglowego typu oxy z modułami ORC, badaniu wpływu instalacji wychwytu i magazynowania CO₂ (technologii CCS) na sprawność układów gazowo-parowych. Efektem tej aktywności było opublikowanie 20 prac współautorskich, w tym:

- 1 artykułu opublikowanego w wysoko punktowanym czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym *Energy* (45 pkt w 2015, *IF*₂₀₁₅ 4,292),
- 1 artykułu w *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy* (20 pkt w 2015, *IF*₂₀₁₅ 1,1),
- 18 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych z listy ministerialnej części B, takich jak: *Rynek Energii* (8), *Journal of Power Technologies* (3), *Archives of Thermodynamics* (2), *Acta Energetica* (2), *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* (1), *Journal of Polish CIMEEAC* (1) oraz *Energetyka, Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej* (1).

W ramach powstawania współautorskich prac naukowych udział Habilitanta jako pierwszego autora stanowi 10%, a jako drugiego autora 50%. Łączna liczba punktów MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania za publikacje z tego okresu wynosi 229 (dla wszystkich Autorów), a sumaryczny Impact Factor 5,392.

Działalność naukowo-badawcza Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora jest bardziej rozbudowana i obejmuje następujące obszary tematyczne: nowoczesne technologie energetyczne, zwłaszcza wodorowe, integracja systemów energetycznych, przemysłowe zastosowania technologii *Power-to-Fuel*. Dorobek publikacyjny Habilitanta w tym okresie aktywności został znacząco zwiększony o następujące pozycje (27 publikacji):

- 12 artykułów współautorskich opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie *JCR*, posiadających IF, takich jak: *Energy* (6), *Applied Energy* (2), *Renewable Energy* (1), *Energies* (2), *International Journal of Global Warming* (1);
- 15 artykułów współautorskich opublikowanych w czasopismach naukowych z listy ministerialnej część B, takich jak: *Rynek Energii* (13), *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* (1), *Energetyka*, *Problemy Energetyki i Gospodarki Paliwowo-Energetycznej* (1).

W ramach powstawania współautorskich prac naukowych udział Habilitanta jako pierwszego autora stanowi 14,8%, a jako drugiego autora 48%. Łączna liczba punktów MNiSW, zgodnie z rokiem opublikowania za publikacje z okresu po uzyskaniu stopnia doktora, wynosi 2562 (dla wszystkich Autorów), a sumaryczny Impact Factor 80,026.

Biorąc pod uwagę aktywność naukową Pana dr. inż. Mateusza Brzęczka w całym okresie zatrudnienia, wskaźniki bibliometryczne są wysokie i przedstawiają się następująco:

1. Sumaryczny Impact Factor wszystkich 47 publikacji naukowych indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports*, zgodnie z rokiem opublikowania pracy, wyniósł **85,418**.
2. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wyniosła **284** (236 bez autocytowań).
3. Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus wyniosła **351** (z autocytowaniami).
4. Indeks Hirscha według bazy Web of Science, zgodnie ze stanem na dzień złożenia wniosku, to jest 12. czerwca 2025 r. wyniósł **9**, a według bazy Scopus **10**.
5. Sumaryczna liczba punktów uzyskanych zgodnie z punktacją MNiSW, obowiązującą w roku opublikowania pracy, wyniosła **2791** (dla wszystkich Autorów).

Dr inż. Mateusz Brzęczek wykonał wiele recenzji prac naukowych, publikowanych w czasopismach indeksowanych, takich jak: *Energy* (*IF*₂₀₂₅ 9,4) oraz *Applied Energy* (*IF*₂₀₂₅ 11). W 2018 roku otrzymał certyfikat *Outstanding Contribution in Reviewing* przyznany przez redakcję *Energy*.

Dr inż. Mateusz Brzęczek brał czynny udział łącznie w 22 konferencjach naukowych i naukowo-technicznych, głosząc 13 referatów w języku polskim, 13 referatów w języku

angielskim oraz prezentując jeden poster. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora Habilitant uczestniczył w 11 konferencjach, w tym w 5 konferencjach krajowych oraz 6 konferencjach międzynarodowych, uwzględniając prezentację referatu na Międzynarodowym Seminarium Doktorantów oraz w ramach *Summer School of Energy 2014* w Republice Czeskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora wziął udział w 11 konferencjach, w tym w 4 konferencjach międzynarodowych organizowanych w kraju, 1 międzynarodowej organizowanej zdalnie oraz w 6 konferencjach krajowych. Ponadto, Kandydat zaprezentował w sposób zdalny referat pt. *Magazynowanie energii z wykorzystaniem infrastruktury kopalnianej i technologii Power-to-Gas-to-Liquid* na posiedzeniu Komitetu Problemów Energetyki Polskiej Akademii Nauk.

Istotną formą aktywności naukowej Habilitanta, która zasługuje na zdecydowane wyróżnienie i uznanie, jest udział w pracach projektowych finansowanych w drodze konkursów krajowych i zagranicznych, zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora.

W latach 2012–2015 dr inż. Mateusz Brzęczek brał udział, pełniąc funkcję samodzielnego referenta technicznego, w pracach zespołu badawczego realizującego projekt pt. *Opracowanie technologii spalania tlenowego w kotłach pyłowych i fluidalnych, zintegrowanych z wychwytywaniem CO₂* finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Strategicznego Programu Badań pt. *Zaawansowane technologie pozyskiwania energii*. W latach 2015–2016 realizował jako wykonawca projekt badawczy pt. *Magazynowanie energii w postaci wodoru w kawernach solnych* finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu GEKON (projekt HESTOR).

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant był wykonawcą w dwóch projektach badawczych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu OPUS: w latach 2015–2018 projektu pt. *Badania skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w układach bazujących na obiegu Stirlinga z akumulacją ciepła*, a w latach 2019–2022 projektu pt. *Badanie różnych struktur układów energetycznego wykorzystania metanolu i jego produkcji w oparciu o H₂ z procesu elektrolizy i CO₂ z instalacji CCS*. W ramach pierwszego wymienionego projektu, Habilitant opracował i przeanalizował integrację silnika Stirlinga w systemach energetycznych oraz brał udział w przygotowaniu opisu zgłoszenia patentowego (P.424532) pod nazwą *Układ chłodzenia powietrza w turbinach gazowych*.

W latach 2024–obecnie dr inż. Mateusz Brzęczek jest kierownikiem projektu pt. *Badania potencjału energetycznego farm wiatrowych w dowolnej lokalizacji geograficznej*, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu MINIATURA 8. Celem realizacji prac badawczych jest opracowanie zaawansowanego narzędzia analitycznego w środowisku MATLAB do lokalizacji obszarów o najlepszych warunkach wietrzności w kraju. Od 1. października 2024 roku Habilitant pełni funkcję zastępcy kierownika merytorycznego międzynarodowego projektu badawczego pt. *Photo-electro Integrated Next-Generation energy technologies* (PHOENIX) finansowanego z programu Horyzont Europa (data zakończenia projektu 30.09.2027 r.). Zakres prac badawczych Habilitanta obejmuje

opracowanie charakterystyk energetycznych dwóch innowacyjnych reaktorów foto-elektrochemicznych zasilanych z OZE oraz analiz opartych na metodologii LCA.

Ponadto, w latach 2019–2022 dr inż. Mateusz Brzęczek był kierownikiem wewnętrznego projektu badawczego Politechniki Śląskiej, finansowanego w ramach działalności statutowej dla Młodych Naukowców pt. *Badania potencjału magazynowania energii także w postaci sprężonego powietrza*.

Efektom działań, będących wynikiem współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym, są 3 prace badawczo-eksperckie opracowane w zespołach na zlecenie podmiotów zewnętrznych.

Dr inż. Mateusz Brzęczek w latach 2013–2014 jako główny wykonawca zespołu projektowego współpracował z firmą EDF Polska S.A. w zakresie odzysku energii z instalacji turbinowych. Następnie w roku 2015 dla Elektrociepłowni Zielona Góra brał udział w pracach nad opracowaniem i wdrożeniem koncepcji wykorzystania ciepła odpadowego ze spalin do zasilania modułu ORC. W 2022 roku Habilitant uczestniczył w wykonaniu ekspertyzy dla Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Rybniku pt. *Analiza możliwości rozbudowy zasobów własnych PWiK Rybnik w zakresie pozwalającym na zwiększenie stopnia niezależności i bezpieczeństwa zasilania w energię elektryczną przy wykorzystywaniu między innymi źródeł OZE na obiekcie Oczyszczalni Ścieków*.

Praca zawodowa dr. inż. Mateusza Brzęczka jest doceniana, o czym świadczą przyznane stypendia i granty JM Rektora Politechniki Śląskiej. W 2019 roku Habilitant otrzymał stypendium na rozpoczęcie działalności naukowej w nowym obszarze badawczym, przyznane w ramach programu priorytetowych specjalizacji uczelni oraz Rektorski Grant I stopnia za publikacje naukowe w wysoko punktowanych czasopismach naukowych, dotyczące nowoczesnych technologii energetycznych. W 2022 roku Habilitant uzyskał Rektorski Grant Habilitacyjny Politechniki Śląskiej, przyznany za opracowanie modelu analitycznego i przeprowadzenie kompleksowej analizy transformacji zielonego wodoru w paliwa syntetyczne w systemach zintegrowanych z OZE.

Podsumowując istotną aktywność naukowo-badawczą dr. inż. Mateusza Brzęczka, stwierdzam, że osiągnięcia w tym zakresie są wystarczające do poparcia wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

5. Ocena aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Dr inż. Mateusz Brzęczek w 2017 roku, po uzyskaniu stopnia doktora, odbył dwumiesięczny staż naukowy w Energy Research Center, VSB-Technical University of Ostrava w Republice Czeskiej (1.07.2017–31.08.2017 r.). Nawiązał współpracę naukową z profesorem Tadeášem Ochodkiem w zakresie analizy modułu ORC w aspekcie odnawialnych źródeł energii. Wykonał walidację modeli obliczeniowych w rzeczywistych warunkach pracy układu ORC. W 2022 roku, w tym samym ośrodku naukowym, Habilitant kontynuował współpracę z profesorem Tadeášem Ochodkiem w zakresie integracji technologii *Power-to-*

Fuel z instalacjami *Waste-to-Fuel* i badania synergii, będąc na jednomiesięcznym stażu badawczym (1.09.2022–30.09.2022 r.). Efektem współpracy był udział Kandydata w przygotowaniu wniosku projektowego, we współpracy z niemieckimi instytutami Fraunhofera, w ramach programu Europejskiej Rady ds. Innowacji EIC Pathfinder Challenges Horyzont Europa.

Podsumowując, stwierdzam, że Habilitant spełnił wymaganie związane z aktywnością naukową realizowaną również poza uczelnią macierzystą, to jest na jednej uczelni zagranicznej VSB-Technical University of Ostrava w Republice Czeskiej.

6. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego, popularyzatorskiego

Dr inż. Mariusz Brzęczek w latach 2009–2011, czyli będąc jeszcze na studiach stacjonarnych inżynierskich, realizował studia podyplomowe w zakresie przygotowania pedagogicznego w Studium Kształcenia Nauczycieli Akademickich na Politechnice Częstochowskiej.

Będąc na studiach doktoranckich oraz w okresie zatrudnienia prowadził szereg zajęć dydaktycznych w różnych formach kształcenia (ćwiczenia: projektowe, laboratoryjne, wykłady) z przedmiotów: *Miernictwo cieplne i pomiary w energetyce, Automatyka i Robotyka, Metody i narzędzia symulacji komputerowej w systemach technicznych, Fundamentals of metrology and experimental engineering, Measurements of energy quantities, Modelowanie matematyczne procesów energetycznych, Grafika inżynierska, Maszyny elektryczne, Electric Machines* oraz w ramach Uniwersyteckiego Bloku Zajęć Obieralnych z przedmiotu *Teoria strategii szachowej*, cieszącego się dużym zainteresowaniem wśród studentów.

Habilitant był promotorem 20 prac dyplomowych, w tym 9 prac magisterskich i 11 prac inżynierskich. W lipcu 2021 roku sprawował funkcję opiekuna letnich praktyk studenckich studenta Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie kierunku *Fizyka Techniczna*, realizującego temat *Analiza współpracy nowoczesnej elektrowni typu oxy z instalacją produkującą SNG z zielonego wodoru*.

Na podkreślenie zasługuje fakt pełnienia przez Habilitanta funkcji promotora pomocniczego w dwóch wszczętych przewodach doktorskich, z których jeden został zakończony w 2024 roku obroną rozprawy doktorskiej pt. *Badanie układu produkcji metanolu i jego energetycznego wykorzystania*. Druga praca doktorska o tematyce *Badanie różnych struktur energetycznego wykorzystania wodoru wytworzonego z wykorzystaniem nadmiarowej energii elektrycznej z OZE* znajduje się końcowej fazie postępowania.

Habilitant był członkiem Komitetu Organizacyjnego trzech krajowych Konferencji Naukowo-Technicznych: *Energetyka Gazowa 2013, Energetyka Gazowa 2016, Unia Energetyczna – implikacje dla Polski 2017* oraz *Konferencji Prorektorów ds. Ogólnych, Organizacji i Kontaktów z Otoczeniem Społeczno-Gospodarczym Publicznych Wyższych Szkół Technicznych* w 2017 roku.

Dr inż. Mateusz Brzęczek był współwykonawcą (październik 2021) międzynarodowego projektu dydaktycznego Komisji Europejskiej pt. *The European University Alliance on Responsible Consumption and Production*, finansowanego ze środków Erasmus+.

Podsumowując: Dorobek dydaktyczny, organizacyjny, popularyzatorski Habilitanta uznaję za wystarczający.

7. Wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej szczegółowej analizy wniosku dr. inż. Mateusza Brzęczka o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe pt. *Technologie Power-to-Fuel z transformacją zielonego wodoru* stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka* oraz spełnia wymagania stawiane Kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20. lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*.

Biorąc pod uwagę całokształt dorobku Pana dr. inż. Mateusza Brzęczka, obejmujący aktywność naukowo-badawczą, działalność dydaktyczną, organizacyjną, popularyzatorską, wyrażam pozytywną opinię i popieram wniosek w sprawie nadania dr. inż. Mateuszowi Brzęczkowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej *Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka*.

Podpisała Alicja Siuta-Oлча