



Częstochowa, 06.08.2025

dr hab. inż. Iwona Zawierucha, prof. UJD

Instytut Chemii

Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych

Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie

RECENZJA

**w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
Panu dr Janowi Bogackiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**

1. PODSTAWY FORMALNE SPORZĄDZENIA RECENZJI

- Pismo Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Wiśniewskiego, Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka z dnia 15 maja 2025 roku (RND.IŚGiE.43.2025) informujące o powołaniu mnie przez Radę Dyscypliny w skład Komisji w postępowaniu habilitacyjnym Pana dr Jana Bogackiego z prośbą o opracowanie przedmiotowej recenzji.
- Uchwała nr 122/III/2025 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Warszawskiej z dnia 13 maja 2025 r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno – technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka wszczętym na wniosek Pana dr Jana Bogackiego.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571).

Recenzja została przygotowana na podstawie przygotowanej przez Kandydata dokumentacji zgodnie ze wskazaniem Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024, poz 1571), a zatem bierze pod uwagę, oprócz charakterystyki sylwetki naukowej Kandydata, następujące kwestie:



1) posiadanie stopnia doktora, 2) posiadanie w dorobku osiągnięcia naukowego albo artystycznego, stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny oraz 3) istotną aktywność naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Na podstawie przedłożonej dokumentacji brak jest informacji wskazujących, że Kandydat ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

2. PODSTAWOWE DANE O KANDYDACIE

Jan Bogacki uzyskał tytuł magistra w 2007 roku. W latach 2007—2013 był słuchaczem studiów doktoranckich. W 2013 roku decyzją Rady Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska. Rozprawa doktorska pt. "Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego" została obroniona z wyróżnieniem. Promotorem rozprawy był dr hab. inż. Jeremi Naumczyk, prof. PW; a recenzentami prof. dr hab. inż. Anna M. Anielak oraz prof. dr hab. inż. Bronisław Bartkiewicz. W latach 2009-2013 Kandydat był zatrudniony na stanowisku Asystenta, a od grudnia 2013 roku do chwili obecnej pracuje na stanowisku adiunkta na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska (wcześniej Wydział Inżynierii Środowiska) Politechniki Warszawskiej.

3. OSIĄGNIĘCIE NAUKOWE KANDYDATA ORAZ JEGO OCENA

Osiągnięciem naukowym stanowiącym znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka przedłożonym przez dr Jana Bogackiego jest:

- cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych i 1 książki, pod wspólnym tytułem „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych”, wymieniony we wniosku do RDN jako podstawa ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego,
- oraz cykl 3 powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych.”

3.1. Opis i ocena osiągnięcia zatytułowanego „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych”

Na osiągnięcie naukowe zatytułowane „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych” składają się



publikacje o sumarycznym IF wynoszącym 38,249 (zgodnie z rokiem publikacji) oraz sumie punktów MEiN (MNiSW) równej 1121 (błędna liczba w autoreferacie - 1251) i liczbie cytowań wg Scopus - 163 (z wykluczeniem autocytowań - 124). Są to publikacje współautorskie, opublikowane w większości przypadków w języku angielskim w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym (m.in. w *Environmental Technology, Desalination and Water Treatment, Processes, Water, Journal of Hazardous Materials, Catalysts, Materials, Environmental Science and Pollution Research, Diamond & Related Materials*), a 1 publikacja to książka. Udział Kandydata w przedstawionych publikacjach (wg załączonych oświadczeń) wynosi od 20 do 50%, i jest raczej przeciętny w mojej opinii. Warto jednak zaznaczyć, że w 7 pracach Kandydat jest pierwszym autorem, a w 13 jest autorem korespondencyjnym. Zadania wykonywane przez Kandydata są zadaniami kluczowymi z punktu widzenia opisanych w publikacjach badań naukowych (najczęściej koncepcja badań, a także zasadnicza część prac badawczych, opracowanie wyników, praca przy pierwotnej i ostatecznej wersji samego artykułu). Obszar tematyczny związany z cyklem publikacji oraz specyfika prowadzonych badań uzasadnia współautorstwo publikacji i nie umniejsza wartości naukowej pracy Kandydata. Przedstawione prace dotyczą innowacyjnych i efektywnych rozwiązań w obszarze modyfikowanego procesu Fentona, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowania żelazowych katalizatorów heterogenicznych w opracowywaniu nowoczesnych, skutecznych i przyjaznych środowisku metod usuwania trwałych zanieczyszczeń organicznych oraz toksycznych substancji chemicznych ze ścieków przemysłowych.

Kandydat sformułował następujące cele swoich badań, które systematyzują dorobek w ramach tego osiągnięcia naukowego. Do celów tych należą:

1. Zwiększenie efektywności procesów oczyszczania – przyspieszenie i zwiększenie wydajności procesów pogłębionego utleniania (AOP), poprzez optymalizację struktury katalizatora i warunków reakcji.
2. Opracowanie procesów, które będą bardziej przyjazne dla środowiska i będą ograniczały negatywny wpływ przemysłowych ścieków na ekosystemy wodne poprzez zmniejszenie zużycia chemikaliów i energii oraz minimalizowanie ilości generowanych odpadów.
3. Uzyskanie trwałych i stabilnych katalizatorów, możliwych do regeneracji.
4. Dostosowanie katalizatorów do oczyszczania ścieków o różnym składzie chemicznym, w tym ścieków zawierających substancje odporne na rozkład biochemiczny, takie jak barwniki, składniki kosmetyków, związki ropopochodne.
5. Wykorzystanie materiałów odpadowych jako cennych reagentów w efektywnych procesach oczyszczania ścieków.



6. Opracowanie rozwiązań, które mogą być skalowane i wdrażane w przemyśle, obejmujące badania na rzeczywistych ściekach przemysłowych.

W pracy I.1. Kandydat przedstawił wyniki badań dotyczące efektywności stosowania heterogenicznego, katalitycznego procesu pogłębionego utleniania, będącego modyfikacją klasycznego procesu Fentona, do oczyszczania ścieków przemysłowych. Istotą modyfikacji było zastąpienie jonów żelaza(II) żelazem metalicznym. Wykazano skuteczność metody przy użyciu ZVI i nadtlenu wodoru do oczyszczania ścieków pochodzących z warsztatów naprawczych pojazdów; optymalne warunki procesu (stężenia ZVI i H_2O_2 oraz pH) pozwoliły na uzyskanie 76% zmniejszenia ChZT. Ponadto stwierdzono, że procesy air/ZVI/ H_2O_2 mogą być z powodzeniem stosowane do oczyszczania ścieków przemysłowych, zmniejszając produkcję osadów i zwiększając tempo reakcji. Z kolei publikacja I.2. przedstawia skuteczność procesu ZVI/ H_2O_2 do usuwania zanieczyszczeń organicznych ze ścieków kosmetycznych. Określono wpływ granulacji żelaza metalicznego na skuteczność procesu oczyszczania oraz wyznaczono optymalne warunki prowadzenia reakcji tj.: stosunek H_2O_2 /ChZT wynoszący 2:1, pH 3,0 oraz drobnoziarniste ZVI. Poprzez analizę statystyczną zidentyfikowano również kluczowe parametry wpływające na skuteczność procesu oczyszczania. Z kolei w publikacji I.4. zbadano możliwość zastąpienia jonów żelaza(II) stałym tlenkiem – magnetytem – w procesie oczyszczania ścieków kosmetycznych. Kandydat wykazał, że kluczowym mechanizmem działania układu Fe_3O_4/H_2O_2 jest heterogeniczna kataliza, a nie klasyczny proces Fentona czy koagulacja. Dużą zaletą zastosowania magnetytu okazała się jego niska rozpuszczalność, która minimalizuje wpływ żelaza na zasolenie ścieków. Dodatkowo proces generuje niewielką ilość osadów, co zwiększa jego praktyczną atrakcyjność. W pracy przeprowadzono również optymalizację warunków reakcji, co świadczy o kompleksowym podejściu badawczym. Publikacja I.3. dotyczy badań, których celem było określenie czy proces Fe^0/H_2O_2 może być stosowany do usuwania ze ścieków przemysłowych zanieczyszczeń innych niż związki organiczne. Docelowymi mikrozanieczyszczeniami usuwanymi ze ścieków z Instalacji Odsiarczania Spalin (IOS) były metale ciężkie i bor. Porównano skuteczność usuwania tych zanieczyszczeń w procesie Fe^0/H_2O_2 z klasycznym procesem Fentona i koagulacją z wykorzystaniem związków żelaza(III). Wykazano skuteczność zastosowanej metody oczyszczania. Proces Fe^0/H_2O_2 był mniej podatny na zmiany pH w porównaniu do procesu Fe^{2+}/H_2O_2 , a ilość osadów powstających podczas tego procesu była mniejsza od ilości osadów powstających podczas procesu Fe^{2+}/H_2O_2 oraz podczas koagulacji. Także praca I.6. ocenia skuteczność procesu Fe^0/H_2O_2 jako alternatywy dla standardowych metod BAT w oczyszczaniu ścieków z instalacji odsiarczania spalin. Kandydat wykazał, że zaawansowane procesy utleniania mogą



przewyższać klasyczne metody pod względem efektywności usuwania zanieczyszczeń (w tym boru i metali ciężkich) oraz ograniczenia ilości osadów. Dodatkowym atutem jest większa stabilność procesu $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ przy zmiennych stężeniach reagentów, co czyni go bardziej przewidywalnym niż klasyczny układ $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$. W publikacji I.5. analizowano zastosowanie procesu $\text{ZVI}/\text{H}_2\text{O}_2$ w celu poprawy biodegradowalności ścieków, ocenianej na podstawie stosunku BZT_5/ChZT . Kandydat wykazał, że proces ten skutecznie zwiększa podatność ścieków na biodegradację poprzez częściowe utlenienie związków organicznych. Badania potwierdziły również, że proces $\text{ZVI}/\text{H}_2\text{O}_2$ przewyższa tradycyjną koagulację pod względem redukcji zanieczyszczeń organicznych. Optymalizacja warunków pozwoliła na znaczne obniżenie ChZT , co dodatkowo zwiększa praktyczną wartość zaproponowanego podejścia. W publikacji I.7. Kandydat analizował zastosowanie procesu hybrydowego łączącego koagulację lub zakwaszenie z procesem $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ do oczyszczania odcieków ze składowisk odpadów. Stwierdzono, że koagulacja przy $\text{pH } 6,0$ jest bardziej skuteczna niż zakwaszenie do $\text{pH } 3,0$ w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych. Osiągnięto znaczące zmniejszenie TOC (75%) oraz poprawę biodegradowalności ścieków, co podkreśla potencjał metody do przygotowania odcieków do dalszego biologicznego oczyszczania. Analiza statystyczna dodatkowo wskazała kluczowe czynniki wpływające na efektywność procesu. W artykule I.8., w kontekście omawianego osiągnięcia, ukazano, że magnetyczne proppanty mogą pełnić rolę katalizatorów do oczyszczania wód powrotnych w procesie szczelinowania hydraulicznego. Z kolei publikacja I.9. stanowi ocenę skuteczności hybrydowego procesu oczyszczania ścieków kosmetycznych z użyciem $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ wspomaganego promieniowaniem UV, połączonego z biologicznym oczyszczaniem w reaktorze SBR. Badania przeprowadzone przez Kandydata wykazały, że wstępne chemiczne oczyszczanie pozwoliło na znaczne zmniejszenie ChZT (70%), a zastosowanie SBR po tym etapie umożliwiło redukcję ChZT aż o 97,7%. Istotnym wynikiem jest potwierdzenie, że chemicznie oczyszczone ścieki nie zakłócają istotnie działania osadu czynnego, w przeciwieństwie do nieoczyszczonych ścieków, które negatywnie wpływają na biocenozę. Publikacja I.10. opisuje badania nad zastosowaniem dwóch katalizatorów na bazie żelaza (magnetytu lub hematytu oraz żelaza metalicznego) w procesach oczyszczania ścieków kosmetycznych z wykorzystaniem nadtlenu wodoru, także z udziałem promieniowania UV. Wyniki potwierdziły wysoką skuteczność tych układów w redukcji TOC i eliminacji mikrozanieczyszczeń organicznych. Szczególnie efektywne okazały się warianty wspomagane promieniowaniem UV. Dodatkowo opracowano warunki procesu, które ograniczają ilość osadów, co zwiększa praktyczny potencjał technologii w przygotowaniu ścieków do dalszego biologicznego oczyszczania. Z kolei w publikacji I.11. wykazano, że zastosowanie kombinacji trzech katalizatorów na bazie żelaza (magnetytu, hematytu oraz żelaza metalicznego) umożliwia skuteczne



prowadzenie procesu oczyszczania ścieków kosmetycznych skutkujące wyraźnym zmniejszeniem zawartości TOC i eliminacją mikrozanieczyszczeń organicznych. Artykuł I.12. stanowi przegląd literatury dotyczący zastosowania dwuwymiarowych nanostruktur (MXeny, Bi_2WO_6 , MOF) w procesach pogłębionego utleniania opartych na mechanizmie Fentona. Przedstawiono potencjał MXenów jako skutecznych katalizatorów heterogenicznych, omówiono wykorzystanie Bi_2WO_6 jako fotokatalizatora oraz wskazano możliwości modyfikacji struktur MOF w celu zwiększenia ich aktywności katalizacyjnych. Praca ta w syntetyczny sposób podsumowuje aktualny stan wiedzy i perspektywy praktycznego zastosowania tych materiałów. Wykorzystanie do oczyszczania wody nanokompozytowego katalizatora WI-MXene, w którym odpadowe żelazo stanowi nośnik dla dwuwymiarowego materiału MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{Tx}$), stabilizowanego witaminą C, zostało opisane przez Kandydata w publikacji I.15. Jako modelowe zanieczyszczenie zastosowano błękit metylenowy, a proces UV/WI-MXene/ H_2O_2 osiągnął bardzo wysoką skuteczność usuwania barwnika – ponad 95%. Na uwagę zasługuje fakt, że opracowany katalizator działa efektywnie przy niższym zużyciu reagentów i w warunkach pH bliższych obojętnym (pH = 5), co wyróżnia go na tle klasycznego procesu Fentona. Dodatkowym atutem jest jego stabilność i trwałość, wynikająca ze stabilizacji MXene witaminą C, co przekłada się na niższe koszty eksploatacyjne i mniejsze obciążenie środowiska. Usuwanie barwników z zastosowaniem procesu UV/ZVI/ H_2O_2 zostało również przedstawione w publikacjach I.13. oraz I.14. Badania zaprezentowane w publikacji I.13. potwierdziły, że proces UV/ZVI/ H_2O_2 skutecznie usuwa przemysłowe barwniki amarantowe (AM E123 i AM ACID) – efektywność usuwania wynosiła powyżej 80%. Zastosowanie mikronowego żelaza zerwartościowego jako katalizatora pozwoliło na efektywną degradację przy minimalnej produkcji osadów i niskim zużyciu reagentów. Katalizator wykazał wysoką stabilność i może być wielokrotnie używany bez regeneracji, co obniża koszty i zwiększa przyjazność procesu dla środowiska. Z kolei publikacja I.14. przedstawia wyniki badań dotyczące zastosowania odpadowego żelaza w procesie UV/ZVI/ H_2O_2 do usuwania barwników amarantowych (AM E123 i AM ACID). Osiągnięto wysoką efektywność procesu - 99% redukcji absorbancji i ponad 86% usunięcia TOC. Dodatkowo Kandydat dokonał analizy właściwości materiałowych odpadowego żelaza przed i po procesie, wskazując na stabilność katalizatora oraz jego zdolność do wielokrotnego użycia, co ma znaczące implikacje ekonomiczne i środowiskowe. Takie podejście zwiększa atrakcyjność opisanego procesu z punktu widzenia wdrożenia przemysłowego. Podsumowaniem cyklu jest współautorska książka (publikacja I.16.) stanowiąca kompleksowe podsumowanie wieloletnich badań nad zastosowaniem heterogenicznego procesu Fentona w oczyszczaniu ścieków przemysłowych. W 12 rozdziałach omówiono zarówno podstawy chemiczne procesu, rodzaje stosowanych



katalizatorów (w tym nanomateriały), czynniki wpływające na efektywność, konstrukcję reaktorów, aspekty kinetyczne i toksykologiczne, a także odzysk katalizatora i opłacalność ekonomiczną. Publikacja ma dużą wartość praktyczną i naukową, stanowiąc cenne źródło wiedzy dla specjalistów z zakresu inżynierii środowiska i technologii oczyszczania ścieków.

Jako wkład Kandydata w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka można wskazać następujące oryginalne osiągnięcia:

1. Wdrożenie zmodyfikowanego procesu Fentona w oczyszczaniu ścieków przemysłowych – opracowane innowacje w klasycznym układzie Fentona pozwoliły na zwiększenie efektywności rozkładu zanieczyszczeń oraz ograniczenie typowych wad procesu prowadzonego w tradycyjny sposób.
2. Rozwój heterogenicznych układów utleniania – szczegółowa analiza heterogenicznych procesów utleniania stworzyła nowe możliwości badania alternatywnych mechanizmów reakcji i potencjalnych rozwiązań technologicznych w oczyszczaniu ścieków.
3. Opracowanie skutecznych heterogenicznych katalizatorów żelazowych, w tym na bazie materiałów odpadowych, do zaawansowanych procesów utleniania (AOP), przewyższające efektywnością tradycyjne katalizatory homogeniczne.
4. Modelowanie kinetyki oczyszczania uwzględniające frakcję nieusuwalną.
5. Ocena stabilności katalizatora poprzez analizę zmian jego właściwości materiałowych.

Analiza i ocena merytoryczna prac składających się na osiągnięcie naukowe Kandydata pozwala jednoznacznie stwierdzić, że stanowią one istotne źródło wiedzy w zakresie zastosowania katalizatorów żelazowych w procesach oczyszczania ścieków przemysłowych. Zrealizowane badania eksperymentalne oraz uzyskane wyniki mają zarówno wysoką wartość poznawczą, jak i praktyczną. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że znaczna część badań została przeprowadzona z wykorzystaniem rzeczywistych matryc środowiskowych, co znacząco zwiększa ich wiarygodność i użyteczność aplikacyjną. Warto również podkreślić, że w dokumentacji Kandydat wskazuje dalsze kierunki badań nad zastosowaniem katalizatorów na bazie żelaza w procesach pogłębionego utleniania do oczyszczania ścieków przemysłowych obejmujące: modyfikację struktury katalizatorów (w tym wykorzystanie nanomateriałów), optymalizację konfiguracji reaktorów, badania nad trwałością i regeneracją materiałów, rozwój systemów hybrydowych łączących AOP z innymi metodami oraz analizę efektywności i kosztów procesów w warunkach zbliżonych do przemysłowych. Tematyka badawcza podejmowana przez Kandydata wpisuje się w aktualne potrzeby rozwoju efektywnych metod oczyszczania ścieków, przyczyniając się



do zwiększenia skuteczności oraz poszerzenia zakresu zastosowań technologii zaawansowanego utleniania (AOP) w warunkach przemysłowych. Prace te stanowią istotny wkład w rozwój nowoczesnych i zrównoważonych technologii środowiskowych, wykazując wysoki potencjał wdrożeniowy.

3.2. Opis i ocena osiągnięcia zatytułowanego „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych”

Na osiągnięcie naukowe pt. „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych” składają się trzy współautorskie publikacje w czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *Science of the Total Environment*, *International Journal of Environmental Research and Public Health* oraz *Desalination and Water Treatment*. Artykuły opublikowano w języku angielskim, a ich łączny Impact Factor (wg roku publikacji) wynosi 5,9. Suma punktów MEiN (MNIŚW) to 280, a liczba cytowań wg bazy Scopus – 66 (bez autocytowań – 65). W dwóch pracach Kandydat pełni rolę autora korespondencyjnego (udział 50%), natomiast w jednej publikacji jego wkład wynosi 20%. Średni udział Kandydata w tym cyklu powiązanych tematycznie publikacji wynosi 40%. Niemniej jednak Kandydat odegrał zasadniczą rolę w prowadzeniu badań, analizie wyników oraz przygotowaniu i redakcji końcowej wersji wykazanych publikacji.

Przedstawiony cykl publikacji koncentruje się na analizie mechanizmów regulujących mobilność oraz specjację metali ciężkich w osadach dennych, ocenie ich oddziaływania na środowisko wodne i związanym z tym ryzyku ekologicznym, a także na możliwościach remediacji zanieczyszczonych osadów. W ramach tego cyklu Kandydat sformułował następujące cele badawcze:

1. Charakterystyka specjacji metali ciężkich – identyfikacja dominujących form chemicznych metali występujących w osadach dennych, co stanowi podstawę do zrozumienia ich zachowania w środowisku.
2. Ocena biodostępności metali – określenie stopnia, w jakim metale obecne w osadach mogą być przyswajane przez organizmy wodne i roślinność, co umożliwia oszacowanie ich toksyczności oraz potencjalnego wpływu na funkcjonowanie ekosystemów wodnych.
3. Wskazanie strategii remediacji – na podstawie wyników badań zaproponowano skuteczną metodę ograniczenia mobilności metali w osadach, m.in. poprzez zastosowanie naturalnych sorbentów.

W pracy II.1. Kandydat przedstawił wyniki badań dotyczące zagrożeń środowiskowych wynikających z obecności metali ciężkich – cynku, miedzi, ołowiu i kadmu – w wodzie i osadach dennych rzeki Utraty. Analizowano formy mobilne i biodostępne tych metali, wykorzystując model matematyczny PHREEQC2 oraz analizę



specyjną metodą Tessiera. Wyniki pokazały, że metale ciężkie nie tylko występują w środowisku wodnym, ale także podlegają dynamicznej wymianie między fazą wodną a osadami, co zwiększa ich mobilność i potencjalną toksyczność. Stwierdzono, że cynk był najczęściej wiązany z uwodnionymi tlenkami żelaza i manganu oraz z frakcją pozostałościową, natomiast miedź i ołów wiązały się głównie z substancją organiczną, podobnie jak kadm. Wykazano także znaczną zmienność przestrzenną rozmieszczenia metali, wynikającą zarówno z procesów naturalnych, jak i antropopresji, w tym zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych. Z kolei publikacja II.2. dotyczy określenia wpływu EDTA na specjację metali śladowych (Zn, Cd, Cu, Pb) w osadach dennych i ich mobilność, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów procesu ekstrakcji, takich jak stężenie czynnika, czas kontaktu i wielokrotność zastosowania. Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że EDTA skutecznie usuwa metale z osadów dennych, przy czym największą efektywność osiągnięto dla kadmu. Jednocześnie stwierdzono, że kompleksowanie metali przez EDTA prowadzi do ich przemian specjacyjnych, a także zmienia skład chemiczny osadów, co może prowadzić do wtórnych efektów środowiskowych, w tym wzrostu toksyczności. Publikacja II.3. zamykająca cykl poświęcona jest ocenie wpływu naturalnych sorbentów – bentonitu i chitozanu – na immobilizację metali ciężkich (Cd, Zn, Cu, Pb) w osadach dennych jezior. Kandydat wykazał, że dodatek obu sorbentów skutecznie zmienia specjację metali, przesuując je w kierunku frakcji stabilnych i trudniej dostępnych biologicznie. Chitozan okazał się szczególnie efektywny w wiązaniu miedzi i kadmu, ograniczając ich biodostępność bardziej niż bentonit. W przypadku cynku i ołowiu oba sorbenty wykazały korzystny wpływ, stabilizując je w frakcjach Fe/Mn i resztkowych. Zwrócono uwagę na potencjalne ryzyko wtórnej mobilizacji kadmu przy użyciu bentonitu.

Jako wkład Kandydata w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka można wskazać następujące oryginalne osiągnięcia:

1. Zastosowanie EDTA do usuwania metali ciężkich z osadów dennych – udowodnienie skuteczności tego czynnika chelatującego w usuwaniu metali ciężkich oraz wykazanie, że jego zastosowanie wpływa na zmianę specjacji metali.
2. Zastosowanie naturalnych sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych – wykazanie, że organiczne sorbenty, takie jak bentonit i chitosan skutecznie wiążą metale ciężkie, zmniejszając ich biodostępność w środowisku.
3. Zastosowanie modelu PHREEQC2 do określenia form metali występujących w fazie wodnej – określenie możliwości transferu metali pomiędzy fazą wodną a osadową.



Przedstawione osiągnięcie cechuje się wysoką wartością poznawczą oraz znaczącym potencjałem aplikacyjnym w kontekście opracowania skutecznych i bezpiecznych metod usuwania metali z osadów dennych. Zastosowanie interdyscyplinarnego podejścia łączącego chemometrię, geochemię środowiskową i techniki remediacyjne, świadczy o dojrzałości badawczej Kandydata. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w dokumentacji Kandydat wskazuje dalsze kierunki badań nad zastosowaniem sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych obejmujące m.in. optymalizację sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych, w tym ich modyfikację oraz wykorzystanie różnych surowców organicznych, ocenę skuteczności sorbentów z uwzględnieniem wpływu czynników środowiskowych czy też analizę możliwości regeneracji sorbentów i ich ponownego użycia, co może poprawić efektywność i trwałość metod oczyszczania. Tematyka badawcza podejmowana przez Kandydata ma istotne znaczenie dla praktyki remediacji osadów dennych i stanowi cenny wkład w rozwój metod ograniczania ryzyka środowiskowego związanego z zanieczyszczeniem metalami ciężkimi.

3.3. Ocena końcowa

Zaprezentowane osiągnięcie – cykle publikacji „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych” oraz „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych” - spełnia w mojej ocenie warunki stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego. Uważam, że osiągnięcie przedstawione przez Kandydata stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

4. OCENA AKTYWNOŚCI NAUKOWĄ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ LUB INSTYTUCJI KULTURY, W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ

Zainteresowania naukowe i badawcze dr Jana Bogackiego koncentrują się na wykorzystaniu procesów pogłębionego utleniania (AOP) do oczyszczania ścieków przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem procesów katalitycznych z udziałem katalizatorów żelazowych. Równocześnie Kandydat zajmuje się problematyką zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi obejmującą zarówno analizy specyjalne i ocenę stanu środowiska, jak i badania nad efektywnymi metodami usuwania metali ciężkich, zwłaszcza z wód i osadów dennych. Kandydat prowadzi również badania nad zastosowaniem nadsiarczanu amonu jako alternatywnego aktywatora reakcji rodnikowych, w połączeniu z żelazem metalicznym, hematytem lub magnetytem. Bierze



też udział w pracach nad wytwarzaniem biowęgla z materiałów odpadowych (np. łupiny orzechów, fusy kawowe, szyszki), modyfikowanych metalami i stosowanych do oczyszczania ścieków.

W realizowanych zakresach tematycznych badań Kandydat współpracował z innymi uczelniami, czy też instytucjami naukowymi. Dla przykładu, w ramach współpracy z prof. Jarosławem Zawadzkim, w projekcie EMPROP (*Electromagnetic method to estimate penetration of proppant in the fracturing process*, realizowanego w ramach programu Blue Gas II, kierownik projektu prof. dr hab. inż. Jarosław Arabas / dr hab. inż. Jerzy Weremczuk) prowadził badania nad doborem optymalnego markera magnetycznego do zdalnego wykrywania proppantu kompozytowego stosowanego w szczelinowaniu hydraulicznym. Wspólnie z zespołem dr hab. inż. Cecylii Dziubak, prof. ICIMB (Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych) opracował proppanty magnetyczne zawierające wytypowane materiały. Prowadził również koordynację badań ich właściwości magnetycznych prowadzonych przez dr Tomasza Wernera (Instytut Geofizyki, Polska Akademia Nauk). Kandydat współpracował również z grupą badawczą kierowaną przez prof. dr hab. inż. Agnieszką Jastrzębską (początkowo Wydział Inżynierii Materiałowej, obecnie Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej). Rezultatem prac mających na celu efektywne wprowadzenie i rozprowadzenie katalizatora kompozytowego w fazie wodnej jest wniosek o udzielenie patentu na wynalazek zgłoszony 08.08.24 r. do Urzędu Patentowego RP: *Hydrożelowe kulki alginianowe o właściwościach magnetycznych, sposób ich wytwarzania oraz ich zastosowanie do fotokatalitycznej degradacji związków organicznych* WIPO ST 10/C PL449479. Dodatkowo w ramach współpracy z Rajiv Kumar (University of Delhi, New Delhi, Indie; NIET, National Institute of Medical Science, New Delhi, Indie) Kandydat uczestniczył w badaniach dotyczących możliwości stosowania nowoczesnych dwuwymiarowych nanokatalizatorów MXene do oczyszczania ścieków przemysłowych i usuwania z nich mikrozanieczyszczeń. Kandydat brał również udział w projekcie NCBiR „*Multifunkcjonalne fotokatalityczne prefabrykaty nawierzchniowe z betonu porowatego poprawiające warunki wodne i jakość powietrza*”, kierowanym przez dr inż. Wiolettę Jackiewicz-Rek (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska), gdzie realizował badania dotyczące oczyszczania symulowanych wód deszczowych przepływających przez porowaty beton. Prace kontynuował w kolejnych projektach kierowanych przez dr inż. Karola Chilmon i dr inż. Macieja Kalinowskiego (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska), skupiających się na modyfikacji struktury betonu i ocenie jego właściwości sorpcyjnych i fotokatalitycznych. Powyższe współprace potwierdzają opublikowane artykuły naukowe.

Kandydat prowadził aktywną działalność badawczą poza macierzystą uczelnią również poprzez realizację zagranicznego stażu naukowego. Kandydat odbył naukowy



staż zagraniczny w Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department Technical Biogeochemistry, Advanced Adsorption and Oxidation Group w terminie 09 września - 11 października 2024, pod opieką dr Anett Georgi. Podczas stażu naukowego prowadził badania dotyczące możliwości usuwania zanieczyszczeń PFAS (substancje per- i polifluoroalkylowe, ang. Per- and PolyfluoroAlkyl Substances) z fazy wodnej z zastosowaniem elektrosorpcji i sorpcji na piankach węglowych.

W trakcie dotychczasowej pracy naukowej Kandydat był autorem lub współautorem 61 prac naukowych (z czego 51 prac jest z okresu po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych):

- 30 publikacji w czasopismach z bazy JCR o Σ IF 62,413 (29 po doktoracie o Σ IF 61,607),
- 1 monografii naukowej,
- 1 artykułu w formie materiału pokonferencyjnego indeksowanego w Web of Science,
- 20 artykułów nie indeksowanych w bazie Web of Science
- 2 skryptów w języku angielskim,
- 7 opracowań na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

Prace autorstwa Kandydata były cytowane odpowiednio według bazy Web of Science oraz według Scopus 387 i 396 razy, w tym 318 i 328 razy bez autocytowań, a indeks Hirscha wynosi odpowiednio 11 i 12. Kandydat brał aktywny udział (wystąpienie) w 12 konferencjach naukowych, z czego 3 to wydarzenia międzynarodowe.

Uwzględniając specyfikę realizowanych badań, stwierdzam, że zarówno liczba, jak i tematyczne zróżnicowanie prac naukowych Kandydata świadczą o ich wystarczającej wartości, co uzasadnia pozytywną ocenę jego dorobku.

W ramach swojej działalności naukowej, po uzyskaniu stopnia doktora, w latach 2014-2024, Kandydat wykonał około 400 recenzji artykułów naukowych, w tym łącznie 366 recenzji w 65 czasopismach naukowych posiadających współczynnik IF. Pozostałe recenzje wykonał dla czasopism bez IF. W roku 2022 był również redaktorem wydania specjalnego czasopisma *Oxygen* (Water and Wastewater Treatment by Dissolved Ozone Flotation) oraz współredaktorem wydania specjalnego czasopisma *Catalysts* (Catalytical Processes in Presence of 2D Nanomaterials).

Po doktoracie Kandydat kierował 7 projektami badawczymi finansowanymi przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na łączną kwotę 39200 zł oraz grantem dziekańskim na kwotę 15000 zł. Brał również udział jako wykonawca w 3 krajowych projektach uzyskanych w drodze konkursu oraz w 8 projektach naukowych uzyskanych w drodze konkursu wewnątrz Politechniki



Warszawskiej. W 2016 roku brał udział w organizacji międzynarodowej konferencji w Gdańsku *8th Eastern European Young Water Professionals Conference* (członek komitetu organizacyjnego) oraz pełnił funkcję prowadzącego sesje na konferencji *10th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology"*, Warszawa 2015. Od 2019 roku jest członkiem kolegium redakcyjnego czasopisma *Polish Journal of Environmental Studies*.

Za osiągnięcia naukowe Habilitant został uhonorowany następującymi nagrodami:

- Nagroda Best Paper na najlepsze artykuły naukowe opublikowane w danym roku przez autorów z afiliacją Politechniki Warszawskiej, I edycja, Warszawa 2020
- Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w latach 2018 - 2019, zespołowa – II stopnia, Warszawa 2020.
- Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w 2017 roku, zespołowa – III stopnia, Warszawa 2018.
- Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w 2013 roku, indywidualna – III stopnia, Warszawa 2014.

Przedmiotem nagród były wyróżniona rozprawa doktorska i wybrane publikacje naukowe opublikowane w latach 2017-2020.

Podsumowując osiągnięcia naukowe należy podkreślić aktywność badawczą Kandydata polegającą na prowadzeniu trudnych i pracochłonnych prac eksperymentalnych umożliwiających uzyskanie oryginalnych i wartościowych wyników. Dorobek naukowy przedstawiony we wniosku należy uznać za adekwatny i wystarczający do nadania stopnia doktora habilitowanego. Osiągnięcia zrealizowane po uzyskaniu stopnia doktora wyraźnie przewyższają wcześniejsze dokonania, zarówno pod względem merytorycznym, jak i liczbowym. Tym samym stwierdzam, że Kandydat spełnia wymagane kryterium istotnej aktywności naukowej prowadzonej w więcej niż jednej instytucji, w tym zagranicznej.

5. OCENA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO, ORGANIZACYJNEGO ORAZ POPULARYZATORSKIEGO

Dr Jan Bogacki jest aktywnym nauczycielem akademickim. Od 2009 roku prowadzi wykłady, ćwiczenia audytoryjne oraz zajęcia laboratoryjne na studiach I i II stopnia oraz podyplomowych, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, realizowanych na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Zajęcia te obejmują kierunki: *Ochrona Środowiska, Inżynieria Środowiska, Environmental Engineering, Environment Protection*



Engineering oraz studia podyplomowe *Uzdatnianie wody, oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów*. Kandydat prowadzi również zajęcia z przedmiotu „Chemistry” w programie Foundation Year dla studentów zagranicznych planujących studiować w Politechnice Warszawskiej. Główna tematyka dydaktyczna Kandydata dotyczy chemii środowiska, metod chemicznego oczyszczania ścieków oraz chemii ogólnej. Łącznie prowadził zajęcia z 15 przedmiotów. Jest autorem lub współautorem materiałów dydaktycznych do wszystkich tych przedmiotów, a w przypadku 5 z nich odpowiada bezpośrednio za ich stronę merytoryczną i formalną (sylabusy, preskrypty, koordynacja zespołu). Treści kształcenia są przez Kandydata na bieżąco aktualizowane i dostosowywane do współczesnych potrzeb. Kandydat systematycznie podnosi kompetencje dydaktyczne, uczestnicząc w kursach i seminariach z zakresu dydaktyki i zarządzania. W czasie pandemii wdrożył zdalne formy zajęć laboratoryjnych. Działalność dydaktyczna Kandydata jest wysoko oceniana przez studentów – średnia ocen z ankiet wynosi 5,0. W latach 2017–2024 był promotorem 29 prac dyplomowych, z czego znaczna część miała charakter badawczy i została opublikowana. Średnia ocena recenzentów tych prac wynosi 4,96. Kandydat pełnił także rolę recenzenta 9 prac dyplomowych oraz aktualnie sprawuje funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim. W 2024 roku uzyskał finansowanie w ramach IV edycji Konkursu na Granty Dydaktyczne PW programu IDUB (projekt pt. „Wdrożenie nowoczesnych metod dydaktycznych na WIBHIIŚ: Hybrydowe zajęcia z analizy instrumentalnej, współpraca międzywydziałowa i umiędzynarodowienie”) oraz został odznaczony Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

Kandydat ma również osiągnięcia organizacyjne. W latach 2016–2020 był członkiem Komisji Dyscyplinarnej ds. Studentów i Doktorantów, a od 2020 roku jest członkiem Rady Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW. W latach 2020–2023 zasiadał w Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Od 2020 roku odpowiada za organizację praktyk zawodowych dla studentów kierunków anglojęzycznych *Environmental Engineering* i *Environmental Protection Engineering*. Od 2021 roku Kandydat pełni funkcję Sekretarza Komisji Oceny Śródkresowej Szkoły Doktorskiej PW. W 2022 roku został członkiem komisji ds. zmian na kierunku Ochrona Środowiska, której prace doprowadziły do wdrożenia nowego programu studiów. Od 2024 roku jest członkiem komisji kształcenia oraz Pełnomocnikiem Dziekana ds. kierunku Inżynieria Środowiska. Kandydat brał również udział w urządzaniu pracowni i doposażaniu laboratoriów Wydziału w aparaturę naukową, a także w pozyskiwaniu wyposażenia dydaktyczno-administracyjnego. Współuczestniczył we wdrożeniu tej aparatury do badań naukowych i dydaktyki. Za działalność organizacyjną Kandydat został w 2023 roku wyróżniony zespołową Nagrodą I stopnia Rektora PW.



Aktywność popularyzatorska Kandydata związana jest z udziałem w wydarzeniach mających na celu podnoszenie świadomości na temat wpływu substancji toksycznych na środowisko oraz promowanie wiedzy z zakresu chemii środowiska. Organizował wykłady i pokazowe zajęcia laboratoryjne dla uczniów liceów i techników w laboratoriach Zakładu Informatyki i Badań Jakości Środowiska WIBHiŚ PW.

Poziom i jakość działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej Kandydata pozostają w pełni zgodne ze standardami akademickimi i zasługują na pozytywną ocenę.

6. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie analizy dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego dr Jana Bogackiego, a także oceny przedłożonej dokumentacji, stwierdzam, że Kandydat spełnia wymagania określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024, poz. 1571) dla osób ubiegających się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Osiągnięcie naukowe Kandydata, obejmujące cykle publikacji zatytułowane „Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych” oraz „Mobilność metali ciężkich w osadach dennych” stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny, a pozostały dorobek świadczy o jego dojrzałości badawczej. Działalność dydaktyczna, organizacyjna i związana z upowszechnianiem wiedzy prowadzona przez Kandydata realizowana jest na wysokim poziomie merytorycznym i z dużym zaangażowaniem. Od czasu uzyskania stopnia doktora dorobek Kandydata uległ znacznemu rozszerzeniu, zarówno pod względem liczby, jak i jakości publikacji oraz zakresu aktywności zawodowej.

Biorąc pod uwagę całokształt przedstawionych osiągnięć, wyrażam pozytywną opinię i popieram wniosek o nadanie dr Janowi Bogackiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Wniosuję również o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Zamiennik
Duma