

**Politechnika Warszawska**  
pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa  
za pośrednictwem:  
**Rady Doskonałości Naukowej**  
pl. Defilad 1  
00-901 Warszawa  
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

**Jan Bogacki**

**Politechnika Warszawska,**  
**Wydział Instalacji Budowlanych,**  
**Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska**  
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

## **Wniosek**

z dnia 17 lutego 2025 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie<sup>1</sup> **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**.

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego:

**Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych , zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy pt.:**

***Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych.***

Wniosuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym**\*<sup>2</sup>

*Zostałem poinformowany, że:*

*Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).*

*Kontakt za pośrednictwem e-mail: [kancelaria@rdn.gov.pl](mailto:kancelaria@rdn.gov.pl) , tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.*

*Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie [www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html](http://www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html)*

<sup>1</sup> Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

<sup>2</sup> \* Niepotrzebne skreślić.

.....  
(podpis wnioskodawcy)

Załączniki:

1. Kopia dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora
2. Dane wnioskodawcy
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych
5. Publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe
6. Oświadczenia współautorów publikacji określające indywidualny wkład w ich powstanie
7. Dokumenty potwierdzające odbyte staże i szkolenia
8. Analiza danych naukometrycznych opracowana przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej

**Załącznik nr 3** do wniosku z dnia 17.02.2025 r. o wszczęcie postępowania  
w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego Janowi Bogackiemu



# **Politechnika Warszawska**

## **Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska**

### **Autoreferat**

**dr Jan Paweł Bogacki**

Warszawa, 17.02.2024

## Spis treści

1. Imię i nazwisko.....	4
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.....	4
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.....	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) .....	5
4.1. Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych .....	5
4.1.1. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego .....	5
4.1.2. Wprowadzenie do tematyki badań.....	9
4.1.3. Cel naukowy badań.....	16
4.1.4. Metody badawcze .....	17
4.1.5. Uzyskane wyniki i ich znaczenie.....	19
4.1.6. Kierunki dalszych badań.....	31
4.2. Mobilność metali ciężkich w osadach dennych.....	32
4.2.1. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego .....	32
4.1.2. Wprowadzenie do tematyki badań.....	33
4.2.3. Cel naukowy badań.....	34
4.2.4. Metody badawcze .....	35
4.2.5. Uzyskane wyniki i ich znaczenie.....	36
4.2.6. Kierunki dalszych badań.....	39
4.3. Pozostałe osiągnięcia .....	41
4.3.1. Publikacje indeksowane w bazie Web of Science opublikowane po doktoracie .....	41

---

4.3.2. Publikacje nie indeksowane w bazie Web of Science opublikowane po doktoracie .....	42
4.3.3. Publikacje opublikowane przed obroną doktoratu .....	44
4.4. Podsumowanie dotychczasowej działalności naukowej .....	46
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej .....	53
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę. ....	57
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	57
6.2. Osiągnięcia organizacyjne .....	60
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę .....	62
7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej .....	62
7.1. Finansowanie uzyskane na badania .....	62
7.2. Zestawienie liczbowe dorobku naukowego .....	64
7.2. Nagrody i wyróżnienia .....	65

### 1. Imię i nazwisko

Jan Paweł Bogacki

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

**2007 - 2013** studia doktoranckie, w zakresie inżynierii środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Rozprawa doktorska pt.: „*Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego*”, obroniona z wyróżnieniem w Politechnice Warszawskiej. Data nadania stopnia doktora i wyróżnienia 09.07.2013. Dyscyplina: Inżynieria Środowiska. Specjalność: Chemia Środowiska. promotor: dr hab. inż. Jeremi Naumczyk, prof. PW, recenzenci: prof. dr hab. inż. Anna M. Anielak, prof. dr hab. Bronisław Bartkiewicz

**2007 - 2008** studia podyplomowe, Informatyka i Zarządzanie w Ochronie Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Tytuł pracy dyplomowej: *Farma wiatrowa – analiza możliwości inwestycyjnych*, opiekun naukowy: mgr inż. Aleksander Warchałowski

**2005 - 2007** studia magisterskie, kierunek Ochrona Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Tytuł pracy magisterskiej: *Ocena jakości osadów dennych zbiornika Korytów*, opiekun naukowy: dr Małgorzata Wojtkowska, współautor: Maciej Graczykowski.

**2002 - 2005** studia licencjackie, kierunek Ochrona Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, Tytuł pracy licencjackiej: *Stan zanieczyszczenia zbiorników wód powierzchniowych w środowisku zurbanizowanym*, opiekun naukowy: dr Małgorzata Wojtkowska.

### 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

**01.01.2016 – do teraz:** adiunkt, Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska

**01.12.2013 – 31.12.2015:** adiunkt, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska

**15.10.2009 – 30.11.2013:** asystent, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska

#### 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

Jako osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka przedkładam:

1) cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych i 1 książki, pod wspólnym tytułem:

*Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych*

2) cykl 3 powiązanych tematycznie artykułów naukowych wspólnym tytułem:

*Mobilność metali ciężkich w osadach dennych.*

#### 4.1. Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych

##### 4.1.1. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

☒ autor korespondencyjny

**I.1. Bogacki J.**<sup>☒</sup>, Al-Hazmi H., 2017. Automotive fleet repair facility wastewater treatment using air/ZVI and air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes, *Archives of Environmental Protection*, 43, (3), 24-31, DOI:10.1515/aep-2017-0024.

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.120; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą)<sup>1</sup> = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 14**

---

**I.2. Bogacki J.**<sup>☒</sup>, Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., 2017. Cosmetic wastewater treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Environmental Technology*, 38 (20), 2589-2600, DOI:10.1080/09593330.2016.1271020.

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.666; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 25; Liczba cytowań (wg WoS) = 18**

---

<sup>1</sup> „przed reformą” oznacza punktację osiągnięcia zgodnie z zasadami obowiązującymi do 2018 r., natomiast „po reformie” oznacza punktację osiągnięcia zgodnie z zasadami określonymi w aktach wykonawczych do ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (DZ. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

**I.3. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Zawadzki J., Majewski M., Sivakumar S., **2017**. Oczyszczanie ścieków z instalacji odsiarczania spalin z wykorzystaniem procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ , *Przemysł Chemiczny*, 96 (12), 2486 – 2490, DOI:10.15199/62.2017.12.17.

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.399; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

**I.4. Maksymiec J., Marcinowski P.**<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Zapałowska E., Dzieńko K., **2017**, Wstępne wyniki zastosowania magnetytu w oczyszczaniu ścieków z przemysłu kosmetycznego, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (8), 336-339, <https://doi.org/10.15199/17.2017.8.4>.

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**I.5. Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2018**. Hydraulic fracturing flow back fluid treatment by ZVI/ $\text{H}_2\text{O}_2$  process, *Desalination and Water Treatment*, 129, 177-184, DOI:10.5004/dwt.2018.23086.

---

**IF<sub>2018</sub> = 1.383; Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (przed reformą) = 20; Liczba cytowań (wg WoS) = 6**

---

**I.6. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Majewski M., Zawadzki J., Sivakumar S., **2018**. Alternative approach to current EU BAT recommendation for coal fired power plant flue gas desulfurization wastewater treatment, *Processes*, 6 (11), 1-11, DOI:10.3390/pr6110229.

---

**IF<sub>2018</sub> = 1.963; Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 28**

---

**I.7. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., El-Khozondar B., **2019**. Treatment of landfill leachates with combined acidification/coagulation and the  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  process, *Water*, 11, 194, DOI:10.3390/w11020194.

---

**IF<sub>2019</sub> = 2.544; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**I.8. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Zawadzki J., **2019**. Multipurpose usage of magnetic proppants during shale gas exploitation, *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (1), 37-44, DOI:10.1515/eces-2019-0017.



---

**IF<sub>2019</sub> = 1.488; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 5**

---

**I.9.** Muszyński A., Marcinowski P., Maksymiec J., Beskowska K., Kalwarczyk E., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2019.** Cosmetic wastewater treatment with combined light/Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process coupled with activated sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 378, article ID 120732, DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.06.009.

---

**IF<sub>2019</sub> = 9.038; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 18**

---

**I.10** Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P, **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2020.** Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Processes*, 8 (11), 1343, DOI:10.3390/pr8111343.

---

**IF<sub>2020</sub> = 2.847; Pkt. MNiSW<sub>2020</sub> (po reformie) = 70; Liczba cytowań (wg WoS) = 15**

---

**I.11** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P., **2021.** Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Catalysts*, 11 (1), 9. DOI:10.3390/catal11010009.

---

**IF<sub>2021</sub> = 4.501; Pkt. MNiSW<sub>2021</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 8**

---

**I.12.** Ścieżyńska D., Bury D., Marcinowski P., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jakubczak M., Jastrzębska A., **2022.** Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes. *Catalysts*, 12, 358. DOI:10.3390/catal12040358, IF 4,146.

---

**IF<sub>2022</sub> = 3.9; Pkt. MNiSW<sub>2022</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 12**

---

**I.13** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., **2023.** Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amaranth Dyes, *Materials*, 16(4), 1523; DOI:10.3390/ma16041523.

---

**IF<sub>2023</sub> = 3.1; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**I.14** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., **2023**. Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI:10.1007/s11356-023-27124-9.

---

**IF<sub>2023</sub> = N/A; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 1**

---

**I.15.** Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.<sup>✉</sup>, **2023**. Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination, *Diamond & Related Materials*, 136, 109966, DOI:10.1016/j.diamond.2023.109966.

---

**IF<sub>2023</sub> = 4.3; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**I.16** Bury D.<sup>✉</sup>, Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A., **2023**, Wastewater Treatment with the Fenton Process Principles and Applications, *CRC Press*, ISBN 9781003364085.

---

**IF<sub>2023</sub> = N/A; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

Na osiągnięcie naukowe składają się publikacje o sumarycznym **IF** wynoszącym **38,249** (zgodnie z rokiem publikacji), sumie **punktów MEiN (MNiSW)** równej **1251** oraz łącznej liczbie cytowani:

Web of Science: **150**, z wykluczeniem autocytowań: **118** (stan na 05.02.2025r.)

Scopus: **163**, z wykluczeniem autocytowań: **124** (stan na 05.02.2025r.)

Google Scholar: **196**, z wykluczeniem autocytowań: **150** (stan na 05.02.2025r.)

*Dane naukometryczne (stan na 05.02.2025r.) opracowane przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej na podstawie opcji rozszerzonego wyszukiwania w bazach Web of Science (Researchers i Cited Reference Search) oraz Scopus (Basic Search i Secondary Documents) zostały przedstawione w Załączniku nr 8.*

#### 4.1.2. Wprowadzenie do tematyki badań

Moja praca dotyczy zastosowania katalitycznych metod pogłębionego utleniania i stanowi rozwinięcie tematyki podjętej podczas doktoratu. W tamtym okresie koncentrowałem się na problematyce oczyszczania ścieków przemysłowych, kosmetycznych, obejmującą szerokie spektrum metod, w tym koagulację, elektrokoagulację, flotację ciśnieniową i proces Fentona, mających na celu skuteczną eliminację zanieczyszczeń organicznych ze ścieków oczyszczonych. Ścieki przemysłowe są jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń organicznych, dlatego konieczne jest opracowywanie nowych, efektywnych procesów i technologii, które będą w stanie skutecznie usunąć substancje organiczne, w tym mikrozanieczyszczenia odporne na rozkład biochemiczny.

Jednym z procesów, który szczególnie przyciągnął moją uwagę, podczas przygotowania rozprawy doktorskiej był proces Fentona, zaliczany do tzw. procesów pogłębionego utleniania (ang. Advanced Oxidation Processes, AOP) [1,2]. Jest to technologia, która opiera się na wykorzystaniu reakcji chemicznej zachodzącej pomiędzy jonami żelaza (II) a nadtlakiem wodoru, co prowadzi do powstania wysoko reaktywnych rodników hydroksylowych ( $\cdot\text{OH}$ ) (reakcja 1) [3-5]. Rodniki te są w stanie skutecznie utleniać związki organiczne obecne w ściekach, nawet te najbardziej odporne na rozkład biochemiczny [6]. W trakcie doktoratu miałem okazję szeroko zapoznać się z tym procesem, przeprowadzając liczne badania nad jego skutecznością w różnych warunkach i dla różnych typów zanieczyszczeń.



Reakcja Fentona jest jedną z wielu reakcji, zachodzących w trakcie procesu, podczas którego generowane są również rodniki i dodatkowo następuje regeneracja, redukcja Fe (III) do Fe (II) [7-16]

Z czasem jednak zauważyłem, że choć proces Fentona ma wiele zalet, to również ma pewne ograniczenia. Główną wadą jest konieczność zapewnienia kwaśnego środowiska w celu efektywnego wytwarzania rodników hydroksylowych. Według danych literaturowych, za optymalne pH zwykle przyjmowane jest 3,0, co może być problematyczne w wielu aplikacjach przemysłowych. Kolejnym problemem jest konieczność usunięcia reagentów, jonów Fe (II) i nadtlenu wodoru, realizowana zwykle przez podniesienie pH do około 8.0 – 9.0. W wyniku alkalizacji dochodzi do rozkładu nadtlenu wodoru z uwolnieniem tlenu. Tlen utlenia jony żelaza (II) do jonów żelaza (III). Dodatkowo w środowisku alkalicznym dochodzi do wtórnej koagulacji, zwiększającej efektywność procesu. Jednakże efektem

koagulacji jest pojawienie się osadów, które wymagają późniejszej obróbki i utylizacji [17-19]. Mimo tych ograniczeń uznałem, że proces Fentona jest technologią perspektywiczną, która może zostać ulepszona poprzez wprowadzenie odpowiednich modyfikacji.

Proces Fentona składa się z dwóch osobnych procesów oczyszczania, wykorzystujących odmienne mechanizmy usuwania zanieczyszczeń. Początkowo, zachodzi utlenianie rodnikowe w środowisku kwaśnym, następnie zachodzi wymuszona koagulacja i strącanie w warunkach alkalicznych. Teoretycznie, utlenianie rodnikowe może zapewnić całkowite utlenianie, ale w praktyce, ze względu na reakcje częściowego utleniania, powstaje wiele związków organicznych o mniejszej masie cząsteczkowej niż związki macierzyste. Co więcej, produkty reakcji, ze względu na obecność grup funkcyjnych zawierających tlen, są zwykle bardziej polarne i posiadają większą rozpuszczalność w wodzie oraz mogą mieć mniejszą toksyczność niż związki macierzyste [20]. Etap koagulacji/wytrącania zwiększa wydajność oczyszczania ze względu na adsorpcję zanieczyszczeń organicznych na powierzchni powstającego osadu wodorotlenków żelaza.

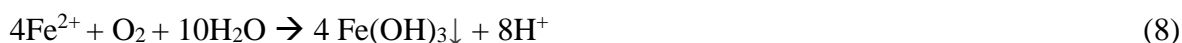
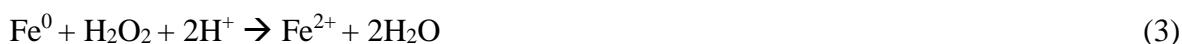
W momencie, w którym zdałem sobie w pełni sprawę z licznych wad klasycznego procesu Fentona, zdecydowałem, że moje przyszłe badania będą miały na celu usprawnienie sposobu prowadzenia procesu, poprzez próbę eliminacji lub ograniczenia istotności jego mankamentów. Od tego momentu moje zainteresowania naukowe zwrócone były w kierunku rozwijania modyfikacji procesu Fentona, aby zwiększyć jego efektywność oraz ograniczyć wspomniane wcześniej wady. Pierwsze prace rozpocząłem już w 2013r. Początkowo, skupiłem się na zastosowaniu żelaza metalicznego, później rozszerzyłem swoje zainteresowania także na inne katalizatory na bazie żelaza, przede wszystkim tlenki żelaza, takie jak magnetyt czy hematyt, oraz na poszukiwaniu nowych sposobów wytwarzania rodników. Jednym z obszarów mojej pracy jest również optymalizacja parametrów procesu, aby zmniejszyć ilość generowanych osadów oraz umożliwić efektywne prowadzenie procesu w szerszym zakresie pH. Wyniki zrealizowanych przeze mnie badań nad modyfikacjami procesu Fentona powodują, że staje się on bardziej wszechstronny i ekonomiczny, co otwiera drogę do jego szerszego zastosowania w przemyśle.

W zmodyfikowanym przeze mnie heterogenicznym procesie Fentona (ang. heterogeneous Fenton proces, HFP) żelazo potrzebne do rozpoczęcia procesu nie jest wprowadzane w postaci roztworu zawierającego rozpuszczone jony, ale jako ciało stałe. Modyfikacja polega na zastosowaniu żelaza metalicznego ( $\text{Fe}^0$ , żelazo zerowartościowe, ang. zero-valent iron, ZVI). ZVI ulega łatwo różnym reakcjom redoks, ponieważ jego potencjał standardowy wyznaczony w  $25^\circ\text{C}$ ,  $E_0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^0)$  wynosi  $-0,44\text{V}$ . W związku z tym, w odpowiednich

warunkach żelazo metaliczne można łatwo przeprowadzić z formy metalicznej do jonowej. W HFP jony  $\text{Fe}^{2+}$  generowane są na zewnętrznej powierzchni katalizatora.

Utlenianie  $\text{Fe}^0$  przez  $\text{H}^+$  przy braku  $\text{O}_2$  zachodzi zgodnie z reakcją (2), w wyniku czego powstaje  $\text{Fe}^{2+}$ . W trakcie HFP, jedną z najważniejszych reakcji (3) jest utlenianie ZVI z nadtlenkiem wodoru ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), produktem której jest woda [21]. Układ  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}/\text{O}_2$  w środowisku kwaśnym generuje  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\cdot\text{OH}$  i inne reaktywne formy tlenu (ang. Reactive Oxygen Species, ROS) (reakcje 4-6). Reakcje zachodzą poprzez dwuelektronowe utlenianie  $\text{Fe}^0$ . Następnym etapem jest proces Fentona, zachodzący w sposób klasyczny, zgodnie z reakcją (1).

Utlenianie  $\text{Fe}^{2+}$  przez  $\text{O}_2$  jest stosunkowo szybkie. Generowanie  $\text{Fe}^{3+}$  powoduje hydrolizę i wytrącanie tlenków żelaza. W następnym etapie reakcji  $\text{Fe}^{3+}$  przekształca się w tlenki i wodorotlenki, takie jak  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{FeOOH}$ , zgodnie z reakcjami (7-9). Obecność w roztworze  $\text{Fe}(\text{III})$ , sprzyja dalszej produkcji  $\text{Fe}(\text{II})$ , zgodnie z reakcją (10).



Koncepcja działania heterogenicznego katalizatora jest pokazana na Fig. 1.

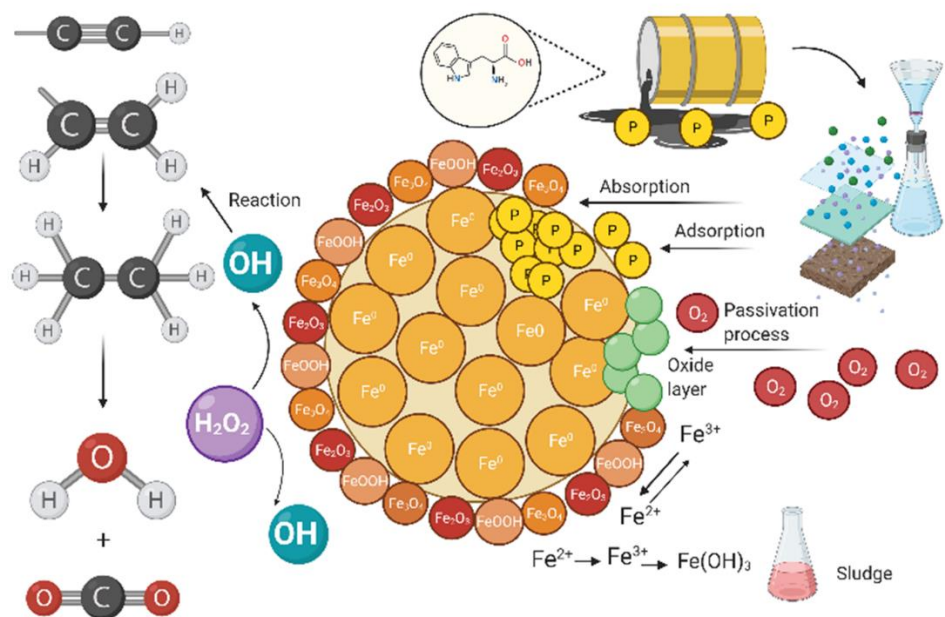
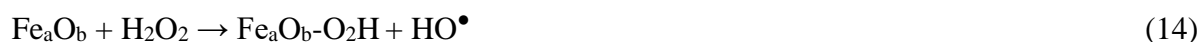


Fig. 1. Koncepcja działania heterogenicznego katalizatora na bazie żelaza. Źródło: publikacja I.16.

W zmodyfikowanym procesie HFP zachodzące przemiany nie ograniczają się do początkowego utleniania i końcowej koagulacji. Zachodzi wiele procesów związanych z powierzchnią katalizatora. Należą do nich reakcje utleniania i redukcji, wymiana jonowa, sorpcja i pasywacja [22]. HFP może być aktywowany także przez inne materiały, będące źródłem żelaza innymi np. tlenki żelaza i oksywodorotlenki. W HFP głównym utleniaczem w reakcji jest nadtlenek wodoru, lecz jego efekt może być wzmacniany stosując dodatkowe aktywatory i „wzmacniacze” utleniania, np. nadsiarczan, promieniowanie mikrofalowe lub ich kombinacja [23]. W wyniku reakcji z nadtlenkiem wodoru reakcja generowania rodników zachodzi w centrach aktywnych dostępnych na powierzchni katalizatora. Jeśli reakcja się nie zajdzie, nadtlenek wodoru tworzy kompleks z żelazem na powierzchni katalizatora [24]. W HFP reakcja zachodzi w całej fazie ciekłej i na powierzchni katalizatora podczas mieszania reagentów w reaktorze [23]. Główną zaletą HFP jest niskie ługowanie jonów żelaza z katalizatora, co zmniejsza straty masy katalizatora. Zaoszczędzony katalizator można ponownie wykorzystać w kolejnych cyklach, dlatego warto oddzielić katalizator po zakończeniu procesu i poddać go recyklingowi [25, 26]. Ponadto, adsorpcja zanieczyszczeń na katalizatorze, ze względu na porowatą strukturę jego powierzchni, pozytywnie wpływa na skuteczność reakcji. Kolejną zaletą HFP jest szerszy zakres pH, w którym usuwanie zanieczyszczeń jest skuteczne [27-29]. Natomiast, jedną z wad HFP jest trudność w stosowaniu

katalizatora w przemyśle ze względu na krótki cykl życia i niską wydajność [30]. Co więcej, ograniczona powierzchnia, na której mogłaby zachodzić reakcja, może skutkować niską szybkością transferu masy i spowalniać cały proces. Dobór parametrów, takich jak pH, ilości stosowanych odczynników, metody generowania rodników, czas trwania, rodzaj utlenianej substancji i dodatkowa energia do procesu katalitycznego, to jedne z najważniejszych elementów, od których zależy wydajność procesu [2, 23, 31].

Jak wspomniano wcześniej, wśród heterogenicznych katalizatorów bardzo ważne są nie tylko ZVI, ale także minerały na bazie żelaza, takie jak magnetyt, hematyt, goethyt, schorl i piryt [32, 33]. W przypadku niektórych z nich niezwykle ważne są właściwości półprzewodnikowe i fotochemiczne [32], (reakcje 11-19).



Mechanizm zachodzenia heterogenicznego procesu Fentona jest złożony i wciąż nie w pełni poznany, co wskazuje na potrzebę dalszych badań w celu jego pełniejszego zrozumienia oraz optymalizacji pod kątem praktycznych zastosowań.

### Bibliografia

[1] Y. Zhang, M. Zhou, A critical review of the application of chelating agents to enable Fenton and Fenton-like reactions at high pH values, *Journal of Hazardous Materials*, 362 (2019) 436-450.

- [2] E.E. Ebrahiem, M.N. Al-Maghrabi, A.R. Mobarki, Removal of organic pollutants from industrial wastewater by applying photo-Fenton oxidation technology, *Arabian Journal of Chemistry*, 10 (2017) S1674-S1679.
- [3] M. Munoz, Z.M. de Pedro, J.A. Casas, J.J. Rodriguez, Preparation of magnetite-based catalysts and their application in heterogeneous Fenton oxidation – A review, *Applied Catalysis B: Environmental*, 176-177 (2015) 249-265.
- [4] S.-F. Kang, C.-H. Liao, M.-C. Chen, Pre-oxidation and coagulation of textile wastewater by the Fenton process, *Chemosphere*, 46 (2002) 923-928.
- [5] T.-H. Kim, C. Park, J. Yang, S. Kim, Comparison of disperse and reactive dye removals by chemical coagulation and Fenton oxidation, *Journal of Hazardous Materials*, 112 (2004) 95-103.
- [6] K. Barbusiński, Intensyfikacja procesu oczyszczania ścieków i stabilizacji osadów nadmiernych z wykorzystaniem odczynnika Fentona, in Polish, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2004.
- [7] A. Babuponnusami, K. Muthukumar, A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2 (2014) 557-572.
- [8] S.-S. Lin, M.D. Gurol, Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide on Iron Oxide: Kinetics, Mechanism, and Implications, *Environmental Science & Technology*, 32 (1998) 1417-1423.
- [9] J. He, X. Yang, B. Men, D. Wang, Interfacial mechanisms of heterogeneous Fenton reactions catalyzed by iron-based materials: A review, *Journal of Environmental Sciences*, 39 (2016) 97-109.
- [10] W.C. Bray, M.H. Gorin, Ferryl ion, a compound of tetravalent iron, *Journal of the American Chemical Society*, 54 (1932) 2124-2125.
- [11] J. De Laat, H. Gallard, Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide by Fe(III) in Homogeneous Aqueous Solution: Mechanism and Kinetic Modeling, *Environmental Science & Technology*, 33 (1999) 2726-2732.
- [12] E. Brillas, I. Sirés, M.A. Oturan, Electro-Fenton Process and Related Electrochemical Technologies Based on Fenton's Reaction Chemistry, *Chemical Reviews*, 109 (2009) 6570-6631.
- [13] Y. Wu, H. Yao, S. Khan, S. Hu, L. Wang, Characteristics and Mechanisms of Kaolinite-Supported Zero-Valent Iron/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> System for Nitrobenzene Degradation, *CLEAN – Soil, Air, Water*, 45 (2017) 1600826.



[14] X. Xu, G. Pliego, A.L. Garcia-Costa, J.A. Zazo, S. Liu, J.A. Casas, J.J. Rodriguez, Cyclohexanoic acid breakdown by two-step persulfate and heterogeneous Fenton-like oxidation, *Applied Catalysis B: Environmental*, 232 (2018) 429-435.

[15] A.Y. Sychev, V.G. Isak, Iron compounds and the mechanisms of the homogeneous catalysis of the activation of O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and of the oxidation of organic substrates, *Russian Chemical Reviews*, 64 (1995) 1105-1129.

[16] D.U. Basheer Hasan, A.A. Abdul Raman, W.M.A. Wan Daud, Kinetic Modeling of a Heterogeneous Fenton Oxidative Treatment of Petroleum Refining Wastewater, *The Scientific World Journal*, 2014 (2014) 252491.

[17] G.B. Ortiz de la Plata, O.M. Alfano, A.E. Cassano, Decomposition of 2-chlorophenol employing goethite as Fenton catalyst. I. Proposal of a feasible, combined reaction scheme of heterogeneous and homogeneous reactions, *Applied Catalysis B: Environmental*, 95 (2010) 1-13.

[18] X. Yang, W. Chen, J. Huang, Y. Zhou, Y. Zhu, C. Li, Rapid degradation of methylene blue in a novel heterogeneous Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@rGO@TiO<sub>2</sub>-catalyzed photo-Fenton system, *Sci Rep*, 5 (2015) 10632.

[19] C.A. Martinez-Huitle, S. Ferro, Electrochemical Oxidation of Organic Pollutants for the Wastewater Treatment: Direct and Indirect Processes, *Chemical Society reviews*, 35 (2006) 1324-1340.

[20] J. Bogacki, P. Marcinowski, E. Zapałowska, J. Maksymiec, J. Naumczyk, Cosmetic wastewater treatment by the ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Environmental Technology*, 38 (2017) 2589-2600.

[21] M.I. Litter, M. Slodowicz, An overview on heterogeneous Fenton and photoFenton reactions using zerovalent iron materials, *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 20 (2017).

[22] S. Campos, R. Salazar, N. Arancibia-Miranda, M.A. Rubio, M. Aranda, A. García, P. Sepúlveda, L.C. Espinoza, Nafcillin degradation by heterogeneous electro-Fenton process using Fe, Cu and Fe/Cu nanoparticles, *Chemosphere*, 247 (2020) 125813.

[23] F. da Fonseca, L. Yokoyama, L. Teixeira, J. Campos, Heterogeneous Fenton process using the mineral hematite for the discolouration of a reactive dye solution, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28 (2011) 605-616.

[24] X. Xue, K. Hanna, M. Abdelmoula, N. Deng, Adsorption and oxidation of PCP on the surface of magnetite: Kinetic experiments and spectroscopic investigations, *Applied Catalysis B: Environmental*, 89 (2009) 432-440.

[25] Y. Nie, L. Zhang, Y.-Y. Li, C. Hu, Enhanced Fenton-like degradation of refractory organic compounds by surface complex formation of  $\text{LaFeO}_3$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$ , *Journal of Hazardous Materials*, 294 (2015) 195-200.

[26] S. Guo, G. Zhang, J. Wang, Photo-Fenton degradation of rhodamine B using  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Kaolin as heterogeneous catalyst: Characterization, process optimization and mechanism, *Journal of Colloid and Interface Science*, 433 (2014) 1-8.

[27] H. Kušić, N. Koprivanac, I. Selanec, Fe-exchanged zeolite as the effective heterogeneous Fenton-type catalyst for the organic pollutant minimization: UV irradiation assistance, *Chemosphere*, 65 (2006) 65-73.

[28] M.B. Kasiri, H. Aleboye, A. Aleboye, Degradation of Acid Blue 74 using Fe-ZSM5 zeolite as a heterogeneous photo-Fenton catalyst, *Applied Catalysis B: Environmental*, 84 (2008) 9-15.

[29] H. Kusic, N. Koprivanac, A. Loncaric Bozic, Degradation of organic pollutants by zeolite assisted AOPs in aqueous phase: heterogeneous Fenton type processes, in: *13th International Conference on Advanced Oxidation Technologies for Treatment of Water, Air and Soil*, Niagara Falls, NY, USA, 2007.

[30] G. Zhang, S. Wang, F. Yang, Efficient Adsorption and Combined Heterogeneous/Homogeneous Fenton Oxidation of Amaranth Using Supported Nano- $\text{FeOOH}$  As Cathodic Catalysts, *The Journal of Physical Chemistry C*, 116 (2012) 3623-3634.

[31] A.R. Ribeiro, O.C. Nunes, M.F.R. Pereira, A.M.T. Silva, An overview on the advanced oxidation processes applied for the treatment of water pollutants defined in the recently launched Directive 2013/39/EU, *Environment International*, 75 (2015) 33-51.

[32] N. Thomas, D.D. Dionysiou, S.C. Pillai, Heterogeneous Fenton catalysts: A review of recent advances, *Journal of Hazardous Materials*, 404 (2021) Part B, 124082.

[33] P.V. Nidheesh, Heterogeneous Fenton catalysts for the abatement of organic pollutants from aqueous solution: a review, *RSC Advances*, 5 (2015) 40552-40577.

#### 4.1.3. Cel naukowy badań

Celem naukowym moich badań nad zastosowaniem heterogenicznych katalizatorów żelazowych w oczyszczaniu ścieków przemysłowych jest opracowanie wydajniejszych, bardziej ekonomicznych i przyjaznych środowisku metod usuwania opornych na rozkład biochemiczny zanieczyszczeń organicznych oraz innych toksycznych substancji chemicznych. Badania te mają na celu:

1. Zwiększenie efektywności procesów oczyszczania – badania nad katalizatorami żelazowymi mają na celu przyspieszenie i zwiększenie wydajności procesów pogłębionego utleniania (AOP), poprzez optymalizację struktury katalizatora i warunków reakcji (publikacje **I.1 - I.16**).
2. Rozwój zrównoważonych technologii oczyszczania – celem jest opracowanie procesów, które będą bardziej przyjazne dla środowiska i ograniczały negatywny wpływ przemysłowych ścieków na ekosystemy wodne. Obejmuje to także zmniejszenie zużycia chemikaliów i energii oraz minimalizowanie ilości generowanych odpadów (publikacje **I.1 - I.16**).
3. Uzyskanie stabilności i możliwości regeneracji katalizatorów – zrozumienie mechanizmów dezaktywacji katalizatorów oraz opracowanie metod ich regeneracji w celu zmniejszenia kosztów operacyjnych oraz zwiększenia trwałości i efektywności katalizatorów (**I.12 - I.16**).
4. Dostosowanie stosowanych katalizatorów do specyficznych rodzajów ścieków – badania mają na celu dopasowanie katalizatorów do oczyszczania ścieków o różnym składzie chemicznym, w tym ścieków zawierających substancje odporne na rozkład biochemiczny, takie jak barwniki, składniki kosmetyków, związki ropopochodne, i związki organiczne (publikacje **I.1 - I.16**).
5. Wykorzystanie materiałów odpadowych – opracowanie rozwiązań pozwalających na wykorzystanie materiałów dotychczas uznawanych za odpady jako cennych reagentów w efektywnych procesach oczyszczania ścieków (**I.13 - I.16**).
6. Rozszerzenie zastosowania heterogenicznego procesu Fentona do skali przemysłowej – opracowanie rozwiązań, które mogą być skalowane i wdrażane w przemyśle, co obejmuje badania na rzeczywistych ściekach przemysłowych (publikacje **I.1 - I.11**).

#### 4.1.4. Metody badawcze

##### **Eksperymenty dotyczące oczyszczania ścieków**

Badania dotyczące oczyszczania ścieków przemysłowych prowadzono w warunkach laboratoryjnych, co pozwalała na dokładną kontrolę warunków reakcji. Proces prowadzono w reaktorach o określonej objętości, do których dozowano odpowiednie ilości ścieków oraz reagentów, takich jak katalizatory na bazie żelaza i utleniacze. Reakcje prowadzono w kontrolowanym pH, w temperaturze pokojowej i przy stałym mieszaniu, co umożliwiało

monitorowanie procesu oraz ocenę efektywności usuwania zanieczyszczeń w różnych warunkach. W wybranych wariantach stosowano dodatkowo naświetlanie światłem widzialnym lub UV. Metoda ta pozwalała również na precyzyjne dozowanie reagentów oraz prowadzenie reakcji w sposób ciągły lub okresowy, w zależności od wymagań badawczych.

### **Kontrola właściwości ścieków przed i po procesie oczyszczania**

Do określania charakterystyki ścieków stosowano różnorodne metody badawcze, które pozwalają na ocenę ich właściwości fizykochemicznych. Głównymi parametrami, za pomocą których kontrolowano jakość ścieków były typowe, oznaczane zgodnie z normami (PN-EN-ISO), parametry fizykochemiczne takie jak pH, przewodność, zawartość zawiesin, ChZT, OWO, BZT<sub>5</sub>, zawartość form azotu i fosforu, zawartość poszczególnych jonów i metali ciężkich. Do oznaczenia parametrów stosowano typowe metody miareczkowe, potencjometryczne, spektrometryczne i chromatograficzne.

### **Charakterystyka powierzchni katalizatora**

Do określenia parametrów i właściwości stałych katalizatorów stosowano wiele metod analitycznych, które pozwalają na zbadanie ich struktury, składu chemicznego, powierzchni aktywnej oraz właściwości fizykochemicznych, w tym m. in. dyfrakcję rentgenowską (XRD), mikroskopię elektronową (SEM/TEM), charakterystykę powierzchniową przez adsorpcję azotu, (BET), charakterystykę chemiczną przez spektroskopię fotoelektronów z promieniowania rentgenowskiego (XPS) i spektroskopię w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR).

### **Kontrola mikrobiologiczna**

Regularne monitorowanie liczebności mikroorganizmów, zarówno heterotroficznych, jak i autotroficznych oraz ich różnorodności ma kluczowe znaczenie dla efektywności oczyszczania. Analiza mikrobiologiczna pozwala zidentyfikować gatunki i szczepy obecne w reaktorze biologicznym, co umożliwia zrozumienie ich roli w procesie oczyszczania.

Określono także wpływ katalizatora na mikroorganizmy poprzez zmierzenie strefy zahamowania wzrostu wokół badanych próbek. Jako mikroorganizmy modelowe wybrano bakterie Gram-ujemne *Escherichia coli*, Gram-dodatnie *Staphylococcus aureus* i *Bacillus subtilis* oraz drożdże *Candida albicans*.

### **Analizy statystyczne i obliczenia kinetyczne**

W metodyce badawczej zastosowano obliczenia statystyczne, w tym analizę wariancji (ANOVA), w celu oceny istotności wyników oraz identyfikacji zmiennych wpływających na przebieg badanych procesów. Dodatkowo przeprowadzono szczegółowe obliczenia kinetyczne, które umożliwiły modelowanie i analizę szybkości zachodzenia procesów, co pozwoliło na lepsze zrozumienie mechanizmów i optymalizację warunków prowadzenia badań. Obliczenia stosowane były m. in. do potwierdzenia poprawności uzyskanych wyników i wniosków oraz do identyfikacji kluczowych czynników wpływających na skuteczność prowadzenia procesów oczyszczania.

#### 4.1.5. Uzyskane wyniki i ich znaczenie

##### **Publikacja I.1.**

**Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Al-Hazmi H., 2017. Automotive fleet repair facility wastewater treatment using air/ZVI and air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes, *Archives of Environmental Protection*, 43, (3), 24-31, DOI:10.1515/aep-2017-0024.

Celem badań było określenie możliwości zastosowania procesów air/ZVI i air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> do oczyszczenia ścieków przemysłowych. Celami pobocznymi pracy było opisanie kinetyki procesu oczyszczania oraz zidentyfikowanie czynników mających wpływ na skuteczność zachodzenia procesu.

Było to pierwsze w moich badaniach zastosowanie heterogenicznego, katalitycznego procesu pogłębionego utleniania, będącego modyfikacją klasycznego procesu Fentona. Istotą modyfikacji było zastąpienie jonów żelaza (II) żelazem metalicznym. Jednocześnie było to zapoczątkowanie badań dotyczących procesów heterogenicznych w mojej jednostce, nikt wcześniej nie podejmował się eksploracji tego zagadnienia.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Zastosowanie skutecznej metody przy użyciu ZVI i nadtlenu wodoru do oczyszczania ścieków pochodzących z warsztatów naprawczych pojazdów.
2. Wykazanie, że optymalne warunki procesu (stężenia ZVI i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oraz pH) pozwalają na uzyskanie 76% zmniejszenia ChZT.
3. Zidentyfikowanie znaczenia kontrolowania wartości pH w procesach oczyszczania, co pozwala na maksymalizację efektywności usuwania zanieczyszczeń organicznych.

4. Wykazanie, że procesy air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mogą być z powodzeniem stosowane do oczyszczania ścieków przemysłowych, zmniejszając produkcję osadów i zwiększając tempo reakcji.

### Publikacja I.2.

**Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., **2017**. Cosmetic wastewater treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Environmental Technology*, 38 (20), 2589-2600, DOI:10.1080/09593330.2016.1271020.

Celem badań było określenie wpływu parametrów żelaza metalicznego (granulacja) na skuteczność prowadzenia procesu oczyszczania. Celami pobocznymi było określenie optymalnych warunków prowadzenia procesu, rozumianych jako osiągnięcie największego stopnia usunięcia zanieczyszczeń, wyrażonych jako ubytek ChZT oraz usunięcie mikrozanieczyszczeń, których zawartość oznaczano z wykorzystaniem metody HS-SPME-GC-MS.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Skuteczne zastosowanie procesu ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> do usuwania zanieczyszczeń organicznych ze ścieków kosmetycznych.
2. Potwierdzenie skuteczności usuwania mikrozanieczyszczeń organicznych poprzez zastosowanie analizy chromatograficznej HS-SPME-GC-MS.
3. Opracowanie optymalnych warunków reakcji, które obejmują stosunek H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/ChZT wynoszący 2:1, pH 3.0 oraz drobnoziarniste ZVI.
4. Wykazanie, że podczas procesu ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> powstaje mniejsza ilość osadów w porównaniu z koagulacją.
5. Zidentyfikowanie kluczowych parametrów wpływających na skuteczność procesów oczyszczania poprzez analizę statystyczną.

### Publikacja I.3.

**Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Zawadzki J., Majewski M., Sivakumar S., **2017**. Oczyszczanie ścieków z instalacji odsiarczania spalin z wykorzystaniem procesu Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Przemysł Chemiczny*, 96 (12), 2486 – 2490, DOI:10.15199/62.2017.12.17.

Celem badań było określenie czy proces Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> może być stosowany do usuwania ze ścieków przemysłowych zanieczyszczeń innych niż związki organiczne. Docelowymi

mikrozanieczyszczeniami usuwanymi podczas procesu oczyszczania były metale ciężkie i bor. Porównywano skuteczność usuwania zanieczyszczeń w procesie  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  z klasycznym procesem Fentona i koagulacją z wykorzystaniem związków żelaza (III).

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Skuteczne zastosowanie procesów oczyszczania do ścieków z Instalacji Odsiarczania Spalin (IOS), szczególnie w zakresie usuwania boru i metali ciężkich.

2. Wykazanie, że proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  jest mniej podatny na zmiany pH w porównaniu do procesu  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ .

3. Potwierdzenie, że skuteczne usuwanie metali ciężkich stwarza możliwość rezygnacji ze stosowania tradycyjnie stosowanego do oczyszczania ścieków z IOS toksycznego związku chelatującego TMT-15..

4. Wykazanie, że ilość osadów powstających podczas procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  jest mniejsza od ilości osadów powstających podczas procesu  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$  oraz podczas koagulacji.

#### Publikacja I.4.

Maksymiec J., Marcinowski P.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Zapałowska E., Dzieńko K., **2017**, Wstępne wyniki zastosowania magnetytu w oczyszczaniu ścieków z przemysłu kosmetycznego, Gaz Woda i Technika Sanitarna, 91 (8), 336-339, <https://doi.org/10.15199/17.2017.8.4>.

Celem pracy było określenie, czy magnetyt ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) może być stosowany jako zastępcze źródło żelaza podczas oczyszczania ścieków. Istotą modyfikacji procesu oczyszczania było zastąpienie jonów żelaza (II) stałym tlenkiem żelaza – magnetytem.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Stwierdzono, że efektywność oczyszczania ścieków kosmetycznych przy użyciu procesu  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  jest wynikiem zachodzenia heterogenicznej katalizy, a nie koagulacji czy klasycznego procesu Fentona.

2. Niska rozpuszczalność magnetytu sprawia, że generowane rodniki hydroksylowe utleniają zanieczyszczenia bez znaczącego wpływu jonów żelaza w fazie homogenicznej. Magnetyt nie zwiększa zasolenia ścieków, co czyni go atrakcyjną alternatywą dla tradycyjnych źródeł żelaza stosowanych w procesie Fentona.

3. Wykazanie, że proces  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  generuje niewielką ilość osadów poprocesowych.

4. Optymalizacja warunków procesu  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  w celu usunięcia jak największej ilości zanieczyszczeń organicznych.

### Publikacja I.5.

**I.5.** Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2018. Hydraulic fracturing flow back fluid treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Desalination and Water Treatment*, 129, 177-184, DOI:10.5004/dwt.2018.23086.

Celem badań było określenie, czy zastosowanie procesu ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wpływa na podatność ścieków oczyszczonych na biodegradację, rozumianą jako zwiększenie stosunku BZT<sub>5</sub>/ChZT. Celem pobocznym było optymalizacja sposobu prowadzenia procesu, w celu osiągnięcia maksymalnego efektu oczyszczania, wyrażonego jako największy stopień zmniejszenia ChZT w ściekach oczyszczonych. Porównano skuteczność procesu ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ze skutecznością procesu koagulacji.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Zwiększenie podatności wód powracających po szczelinowaniu hydraulicznym poddanych procesowi ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na biodegradację, dzięki częściowemu utlenieniu związków maciejzystych.
2. Potwierdzenie, że proces ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jest bardziej skuteczny w eliminowaniu zanieczyszczeń organicznych niż proces koagulacji.
3. Potwierdzenie, że proces ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pozwala na skuteczne usunięcie związków organicznych ze ścieków.

### Publikacja I.6.

**I.6.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Majewski M., Zawadzki J., Sivakumar S., 2018. Alternative approach to current EU BAT recommendation for coal fired power plant flue gas desulfurization wastewater treatment, *Processes*, 6 (11), 1-11, DOI:10.3390/pr6110229.

Celem badań było określenie, czy proces Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> może być skuteczniejszą alternatywą dla zaleceń BAT (Best Available Techniques), w szczególności w kontekście usuwania toksycznych związków zanieczyszczających ścieki FGD. Porównano proces Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> procesem Fe<sup>2+</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i koagulacją.

Zgodnie z wytycznymi BAT, najczęściej stosowaną metodą oczyszczania ścieków z IOS jest wstępne chlorowanie, a następnie jest koagulacja z wykorzystaniem soli żelaza (Fe<sup>3+</sup>) i dodatkiem TMT-15 w celu usunięcia metali ciężkich.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:



1. Wykazanie, że zaawansowane procesy utleniania mogą stanowić skuteczniejszą alternatywę dla zaleceń BAT, oferując wyższą efektywność oczyszczania oraz mniejszą produkcję osadów.
2. Skuteczne zastosowanie procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  do oczyszczania ścieków z IOS, szczególnie w zakresie usuwania zanieczyszczeń, takich jak bor i metale ciężkie.
3. Potwierdzenie, że proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  jest mniej podatny na wpływ zmiany stężeń reagentów w porównaniu do klasycznego procesu  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ .

### Publikacja I.7.

**I.7. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., El-Khozondar B., **2019**. Treatment of landfill leachates with combined acidification/coagulation and the  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  process, *Water*, 11, 194, DOI:10.3390/w11020194.

Celem badań było określenie, czy proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  może być stosowany do oczyszczania ścieków w układach hybrydowych. Jako procesy wstępne poprzedzające proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  stosowano zakwaszenie do pH 3.0 w celu stracenia związków humusowych, lub alternatywnie koagulację przy pH 6.0. Celem pobocznym było określenie, czy zastosowanie procesu hybrydowego oczyszczania ścieków zwiększa podatność ścieków oczyszczonych na biodegradację, rozumianą jako zwiększenie stosunku  $\text{BZT}_5/\text{ChZT}$ .

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Opracowanie skutecznej kombinacji procesów koagulacji/zakwaszania i  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  do oczyszczania odcieków z wysypisk śmieci.
2. Wykazanie, że koagulacja przy pH 6,0 jest bardziej efektywna niż zakwaszenie do pH 3,0 i strącanie, w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych.
3. Uzyskanie znaczącego zmniejszenia TOC (75%) oraz poprawa stosunku  $\text{BZT}_5/\text{ChZT}$  ścieków oczyszczonych, wskazuje na poprawę biodegradowalności odcieków.
4. Potwierdzenie, że proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  jest obiecującą technologią oczyszczania odcieków, szczególnie w kontekście przygotowania odcieków do dalszego biologicznego oczyszczania.
5. Analiza statystyczna pozwoliła zidentyfikować kluczowe parametry wpływające na skuteczność procesu oczyszczania.

### Publikacja I.8.

**Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Zawadzki J., 2019. Multipurpose usage of magnetic proppants during shale gas exploitation, *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (1), 37-44, DOI:10.1515/eces-2019-0017.

Celem artykułu było przedstawienie możliwości alternatywnego zastosowania opracowanych magnetycznych proppantów do stosowania w procesie szczelinowania hydraulicznego, wykorzystywanych podczas wydobycia gazu łupkowego. W artykule omówiono różnorodne funkcje magnetycznych proppantów, w tym: zastosowanie jako markery magnetyczne, magnetyczny katalizator możliwy do zastosowania podczas oczyszczania wód powrotnych po szczelinowaniu hydraulicznym, czynnik umożliwiający monitorowanie stanu jakości środowiska.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia badania obejmują:

1. Opracowanie nowatorskiego zastosowania magnetycznych proppantów jako markerów magnetycznych do monitorowania efektywności szczelinowania hydraulicznego.
2. Określenie możliwości zastosowania magnetycznych proppantów jako katalizatorów w procesach oczyszczania wód powracających, co przyspiesza rozkład zanieczyszczeń organicznych.
3. Przedstawienie możliwości wykrywania i monitorowania zanieczyszczeń środowiskowych za pomocą proppantów magnetycznych, co pozwala na kontrolowanie ewentualnych wycieków płynów szczelinujących.
4. Wykazanie potencjału magnetycznych proppantów do poprawy efektywności procesów wydobycia gazu łupkowego oraz do ochrony środowiska.

### Publikacja I.9.

**I.9.** Muszyński A., Marcinowski P., Maksymiec J., Beskowska K., Kalwarczyk E., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2019. Cosmetic wastewater treatment with combined light/Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process coupled with activated sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 378, article ID 120732, DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.06.009.


Celem badań było określenie możliwości zastosowania procesu hybrydowego Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> wspomaganego promieniowaniem UV, a następnie osadu czynnego w sekwencyjnym reaktorze porcjowym (ang. Sequencing Batch Reactor, SBR). Celem pobocznym była ocena wpływu

ścieków kosmetycznych wstępnie oczyszczonych z wykorzystaniem procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  oraz surowych ścieków kosmetycznych na biocenozę osadu czynnego w SBR.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Skuteczne zastosowanie procesu  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  wspomaganego promieniowaniem UV do wstępnego oczyszczania ścieków kosmetycznych, uzyskując 70% zmniejszenia ChZT.
2. Zastosowanie SBR po chemicznym oczyszczeniu pozwoliło na uzyskanie 97,7% całkowitego zmniejszenia ChZT.
3. Na podstawie testów biologicznych wykazano, że chemicznie oczyszczone ścieki nie miały istotnego wpływu na efektywność usuwania azotu i fosforu w procesie SBR. Niewielki wpływ na bakterie akumulujące polifosforany (PAOs) oraz bakterie nitryfikujące sugeruje, że proces  $\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  może być stosowany jako etap wstępny przed biologicznym oczyszczaniem, bez znaczącego pogorszenia efektywności procesów biologicznych.
4. Wprowadzenie do SBR nieoczyszczonych ścieków kosmetycznych, nawet w minimalnej ilości spowodowało gwałtowne obniżenie skuteczności oczyszczania i znaczące, niekorzystne zmiany w biocenozie osadu czynnego.
5. Chemicznie oczyszczone ścieki miały minimalny wpływ na mikroflorę bakteryjną w SBR, co potwierdza możliwość ich zastosowania w praktyce.

### Publikacja I.10.

**I.10** Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P, **Bogacki J.** , 2020. Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Processes*, 8 (11), 1343, DOI:10.3390/pr8111343.

Celem badań było określenie możliwości jednoczesnego stosowania dwóch katalizatorów na bazie żelaza (magnetytu lub hematytu oraz żelaza metalicznego) do oczyszczania ścieków. W pracy zastosowano kilka wariantów, w tym procesy  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  oraz ich modyfikacje polegające na wspomaganie procesu promieniowaniem UV. Celem pobocznym było określenie kinetyki prowadzenia procesu. Skuteczność procesu określano jako zmniejszenie TOC i usunięcie mikrozanieczyszczeń organicznych oznaczanych metodą HS-SPME-GC-MS.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Wykazanie, że zastosowanie kombinacji dwóch katalizatorów na bazie żelaza umożliwia skuteczne prowadzenie procesu oczyszczania ścieków umożliwiających

wyraźne zmniejszenie zawartości TOC i eliminację mikrozanieczyszczeń organicznych.

2. Wykazanie, że procesy  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  wspomagane światłem są bardziej efektywne procesy bez wspomagania promieniowaniem UV.
3. Opracowanie optymalnych warunków procesu, które minimalizują produkcję osadów, co jest istotne z punktu widzenia praktycznego wdrożenia technologii.
4. Potwierdzenie skuteczności procesów  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}^0/\text{H}_2\text{O}_2$  jako środków do przygotowania ścieków do dalszych etapów biologicznego oczyszczania.

### Publikacja I.11.

**I.11 Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P., 2021. Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Catalysts*, 11 (1), 9. DOI:10.3390/catal11010009.

Celem badań było określenie możliwości jednoczesnego stosowania trzech katalizatorów na bazie żelaza (magnetytu, hematytu oraz żelaza metalicznego) do oczyszczania ścieków. Procesy oczyszczania prowadzono bez wspomagania promieniowaniem UV oraz przy wspomaganiu procesu promieniowaniem UV. Celem pobocznym było określenie kinetyki prowadzenia procesu. Skuteczność procesu określano jako zmniejszenie TOC i usunięcie mikrozanieczyszczeń organicznych oznaczanych metodą HS-SPME-GC-MS.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Wykazanie, że zastosowanie kombinacji trzech katalizatorów na bazie żelaza umożliwia skuteczne prowadzenie procesu oczyszczania ścieków umożliwiając wyraźne zmniejszenie zawartości TOC i eliminację mikrozanieczyszczeń organicznych.
2. Opracowanie optymalnych warunków procesu, które maksymalizują usunięcie TOC i minimalizują produkcję osadów poprocesowych.

### Publikacja I.12.

**I.12. Ścieżyńska D., Bury D., Marcinowski P., Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jakubczak M., Jastrzębska A., 2022. Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes. *Catalysts*, 12, 358. DOI:10.3390/catal12040358, IF 4,146.

Celem artykułu było wykazanie, na podstawie dokonanego przeglądu literatury, możliwości zastosowania nanostruktur dwuwymiarowych (2D), takich jak MXeny,  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  oraz struktury metaliczno-organiczne (MOF), w procesach pogłębionego utleniania wykorzystujących heterogeniczny katalityczny mechanizm Fentona.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Potwierdzenie możliwości zastosowania MXenów jako katalizatorów heterogenicznych w procesach pogłębionego utleniania, zgodnych z mechanizmem Fentona, które pozwalają na usuwanie zanieczyszczeń organicznych.

2. Określenie możliwości zastosowania  $\text{Bi}_2\text{WO}_6$  jako fotokatalizatora, w procesach pogłębionego utleniania.

3. Wykazanie, że struktury MOF mogą być skutecznie modyfikowane w celu poprawy ich zdolności adsorpcji zanieczyszczeń oraz katalizowania procesów utleniania.

### Publikacja I.13.

**I.13** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., 2023. Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amarant Dyes, *Materials*, 16(4), 1523; DOI:10.3390/ma16041523.

Celem badań było określenie możliwości zastosowania procesu UV/ZVI/ $\text{H}_2\text{O}_2$  do usuwania modelowych zanieczyszczeń organicznych. Jako modelowe zanieczyszczenie wybrano przemysłowe barwniki amarantowe (AM E123 i AM ACID). Celem pobocznym było określenie, z wykorzystaniem oznaczeń właściwości materiałowych żelaza jak zmieniają się właściwości powierzchniowe stosowanego katalizatora oraz określenie możliwości jego wielokrotnego użycia.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Potwierdzenie, że proces UV/ZVI/ $\text{H}_2\text{O}_2$  jest skutecznym narzędziem do usuwania barwników przemysłowych, AM E123 i AM ACID, z wysoką skutecznością (powyżej 80%).

2. Zastosowanie mikronowego żelaza zero wartościowego jako katalizatora umożliwia efektywną degradację zanieczyszczeń przy minimalnej produkcji osadów i niskim zużyciu reagentów.

3. Katalizator wykazuje wysoką stabilność i może być wielokrotnie wykorzystywany bez konieczności regeneracji, co obniża koszty operacyjne i czyni proces bardziej przyjaznym dla środowiska.

### Publikacja I.14.

**I.14** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., **2023**. Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI:10.1007/s11356-023-27124-9.

Celem pracy było wykorzystanie materiału odpadowego na bazie żelaza do usuwania modelowych zanieczyszczeń organicznych. Jako modelowe zanieczyszczenie wybrano przemysłowe barwniki amarantowe (AM E123 i AM ACID). Celem pobocznym było określenie, z wykorzystaniem oznaczeń właściwości materiałowych żelaza jak zmieniają się właściwości powierzchniowe stosowanego katalizatora oraz określenie możliwości jego wielokrotnego użycia.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Potwierdzenie, że proces UV/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jest skutecznym narzędziem do usuwania barwników przemysłowych, AM E123 i AM ACID, z wysoką skutecznością. Osiągnięto 99% zmniejszenia absorbancji po 15 minutach procesu.
2. Skuteczność usuwania TOC wynosiła 86,6%-89,8%.
3. Wysoka stabilność katalizatora, żelaza odpadowego, umożliwia jego wielokrotne użycie.

### Publikacja I.15.

**I.15**. Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.<sup>✉</sup>, **2023**. Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination, *Diamond & Related Materials*, 136, 109966, DOI:10.1016/j.diamond.2023.109966

Celem badań było opracowanie nowatorskiego katalizatora nanokompozytowego opartego na nośniku z żelaza odpadowego (WI) i naniesionego na jego powierzchnię dwuwymiarowego nanomateriału materiału MXene (Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub>) stabilizowanego witaminą C, stosowanego do usuwania modelowego zanieczyszczenia organicznego z wody. Jako modelowe zanieczyszczenie wybrano błękit metylenowy.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Proces UV/WI-MXene/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> może być stosowany jako skuteczne narzędzie do usuwania barwników, takich jak błękit metylenowy, z wysoką skutecznością (powyżej 95%).
2. Zastosowanie kompozytowego katalizatora WI-MXene umożliwia efektywną degradację zanieczyszczeń przy niskim zużyciu reagentów i w warunkach znacznie bliższych obojętnym (pH 5) niż w przypadku klasycznego procesu Fentona i większości jego modyfikacji.
3. Katalizator wykazuje wysoką stabilność ze względu na stabilizację MXene witaminą C co obniża koszty operacyjne i czyni proces bardziej przyjaznym dla środowiska.

### Publikacja I.16.

**I.16** Bury D.<sup>✉</sup>, Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A., **2023**, Wastewater Treatment with the Fenton Process Principles and Applications, *CRC Press*, ISBN 9781003364085.

Współautorska książka stanowi podsumowanie moich wieloletnich badań dotyczących zastosowania heterogenicznego procesu Fentona do oczyszczania ścieków przemysłowych. Książka składa się z 11 rozdziałów, każdy poświęcony innemu zagadnieniu. Pierwszy rozdział jest wprowadzeniem do zagadnienia oczyszczania ścieków. Następnie, w kolejnym rozdziale, szczegółowo opisany zostaje chemizm procesu Fentona, warunki prowadzenia procesu, w tym ograniczenia stosowalności, jego wady i zalety a także możliwe modyfikacje. Rozdział trzeci poświęcony jest rozważaniom dotyczącym możliwości stosowania różnych stałych katalizatorów w procesie prowadzonym na sposób heterogeniczny, ze szczególnym uwzględnieniem opisanych w rozdziale czwartym nanomateriałów katalitycznych. Rozdział piąty dotyczy praktycznych zastosowań i skuteczności procesu Fentona w usuwaniu zanieczyszczeń. W rozdziale 6 analizowany jest wpływ poszczególnych czynników na skuteczność usuwania zanieczyszczeń w procesie. W rozdziale 7 omówiono rodzaje reaktorów, w których prowadzi się proces heterogeniczny. W kolejnym rozdziale (8) poruszane są zagadnienia związane z kinetyką i termodynamiką, natomiast w rozdziale 9 omawiane są efekty związane z toksycznością zarówno katalizatora jak i związków – produktów pojawiających się jako konsekwencja rodnikowego utleniania związków zawartych w ściekach. Rozdział 10 opisuje możliwości odzysku katalizatora po procesie i jego powtórne zastosowanie, natomiast ostatni rozdział dotyczy aspektów ekonomicznych możliwości stosowania procesu.

Do moich najważniejszych oryginalnych osiągnięć zaliczam:

1. **Zastosowanie modyfikowanego procesu Fentona w oczyszczaniu ścieków przemysłowych** – Wprowadzenie innowacyjnych modyfikacji klasycznego procesu Fentona, co przyczyniło się do zwiększenia skuteczności rozkładu zanieczyszczeń oraz zmniejszenia niektórych ograniczeń związanych z prowadzeniem procesu Fentona w tradycyjny sposób.
2. **Rozwój heterogenicznych procesów utleniania** – Wprowadzenie nowatorskiej analizy heterogenicznych układów w procesach oczyszczania ścieków było pierwszym takim podejściem realizowanym w Zakładzie Informatyki i Badań Jakości Środowiska, (ZliBJŚ). To pozwoliło na badanie procesów zachodzących według innych mechanizmów reakcji oraz potencjalne nowe rozwiązania technologiczne.
3. **Innowacyjne zastosowanie katalizatorów na bazie żelaza** – Opracowanie efektywnych metod stosowania katalizatorów na bazie żelaza, które wykazały wyższą skuteczność w procesach pogłębionego utleniania (AOP) w porównaniu do tradycyjnych katalizatorów homogenicznych.
4. **Modelowanie kinetyki procesu oczyszczania ścieków** – Przeprowadzenie badań nad modelowaniem kinetyki usuwania ChZT i TOC, które wykazały, że sposób zachodzenia procesu jest ściśle uzależniony od początkowego stężenia zanieczyszczeń i ilości stosowanych reagentów. Dodatkowo, istotnym było przyjęcie założenia, że zmodyfikowany model kinetyki drugiego rzędu najlepiej opisuje przebieg procesu. Kluczowe było wprowadzenie założenia o minimalnej zawartości zanieczyszczeń, których nie można usunąć w wyniku procesu, co stanowi istotną modyfikację w stosunku do klasycznej kinetyki drugorzędowej.
5. **Określenie właściwości materiałowych katalizatora przed i po procesie oczyszczania** - Szczegółowa analiza zmian strukturalnych i chemicznych, które zachodzą w trakcie reakcji, umożliwiła ocenę jego stabilności i trwałości. Uzyskane wyniki stanowią istotny wkład w optymalizację procesów katalitycznych, poprzez lepsze zrozumienie mechanizmów degradacji i regeneracji materiału katalitycznego.

Przedstawione powyżej osiągnięcia ukazują istotne postępy w obszarze oczyszczania ścieków, przyczyniając się do zwiększenia efektywności i możliwości zastosowania technologii AOP w przemyśle.



#### 4.1.6. Kierunki dalszych badań

Moje dalsze plany badawcze obejmują kontynuowanie badań nad zastosowaniem katalizatorów na bazie żelaza w procesach pogłębionego utleniania do oczyszczania ścieków przemysłowych. W trakcie analizy literatury oraz przeprowadzonych badań dostrzegłem liczne luki w dotychczasowej wiedzy, które wymagają dalszych badań i uzupełnienia. Wskazuje to na potrzebę pogłębionych badań w celu pełniejszego zrozumienia mechanizmów zachodzących w badanych procesach oraz ich optymalizacji. Te obszary, w których wiedza jest niewystarczająca, stanowią dla mnie istotne wyzwania badawcze, mogą przyczynić się do dalszego rozwoju naukowego mojej dyscypliny oraz do opracowania skuteczniejszych rozwiązań technologicznych. Za najważniejsze kierunki planowanych dalszych badań uznaję:

##### 1. Optymalizacja i modyfikacja katalizatorów żelazowych

- Modyfikacja struktury i składu katalizatorów: Dodanie innych metali lub modyfikację powierzchni katalizatora, co mogłoby poprawić szybkość i efektywność degradacji zanieczyszczeń.
- Zastosowanie nanomateriałów: Wprowadzenie nanocząstek żelaza lub ich tlenków może zwiększyć powierzchnię aktywną katalizatora, a tym samym jego efektywność. Badania mogą określić stabilność tych nanomateriałów, ich wpływ na mechanizmy reakcji oraz możliwość ich regeneracji.

##### 2. Zastosowanie katalizatorów w nowych konfiguracjach

- Reaktory o zoptymalizowanej konstrukcji: Optymalizacja reaktorów, w których wykorzystuje się katalizatory żelazowe by poprawić transport masy oraz zapewnić lepsze warunki kontaktu między katalizatorem a zanieczyszczeniami.
- Zastosowanie różnych rodzajów reaktorów: Testowanie katalizatorów żelazowych w różnych konfiguracjach reaktorów, takich jak reaktory membranowe, fluidalne czy hybrydowe.

##### 3. Badania nad stabilnością i regeneracją katalizatorów

- Poprawa trwałości katalizatorów: Katalizatory te mogą ulegać dezaktywacji przez zanieczyszczenia, osady czy produkty uboczne reakcji, co wpływa na ich wydajność.
- Opracowanie metod regeneracji: Pozwala znacząco zmniejszyć koszty procesu i zwiększyć jego opłacalność.

#### 4. Rozwój systemów hybrydowych

- Kombinacja procesów AOP z innymi metodami oczyszczania: Hybrydowe systemy oczyszczania, które łączą procesy AOP z innymi technologiami, mogą prowadzić do bardziej kompleksowego usuwania zanieczyszczeń.
- Integracja alternatywnych dla nadtlenu wodoru utleniaczy: Tego typu rozwiązania mogłyby znacznie zwiększyć efektywność degradacji trudnych zanieczyszczeń organicznych poprzez generację większej ilości reaktywnych rodników.

#### 5. Analiza kosztów i zastosowania na skalę przemysłową

- Badania nad ekonomiką procesu: Analiza kosztów związanych z wykorzystaniem katalizatorów żelazowych na skalę przemysłową, z uwzględnieniem kosztów surowców, energii oraz regeneracji katalizatorów.
- Demonstracje w skali pilotażowej: Demonstracje w skali pilotażowej mogą dostarczyć wartościowych danych do późniejszego wdrożenia procesów na szeroką skalę.

### 4.2. Mobilność metali ciężkich w osadach dennych.

#### 4.2.1. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

**II.1.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Witeska A., **2016**, Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments, *Science of the Total Environment*, 2016, 551–552, 387–392, DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.01.073

---

**IF<sub>2016</sub> = 4.9; Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 51**

---

**II.2.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2022**, Assessment of Trace Metals Contamination, Species Distribution and Mobility in River Sediments Using EDTA Extraction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(12):6978. DOI:10.3390/ijerph19126978

---

**IF<sub>2022</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2022</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 7**

---

**II.3.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2023**, Effect of natural sorbents on the stabilization of trace metals in bottom sediments, *Desalination and Water Treatment*, 311, 92-99, <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.30055>

---

**IF<sub>2022</sub> = 1.0; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

Na osiągnięcie naukowe składają się publikacje o sumarycznym **IF** wynoszącym **5,9** (zgodnie z rokiem publikacji), sumie **punktów MEiN (MNiSW)** równej **280** oraz łącznej liczbie cytowani:

Web of Science: **58**, z wykluczeniem autocytowań: **57** (stan na 05.02.2025r.)

Scopus: **66**, z wykluczeniem autocytowań: **65** (stan na 05.02.2025r.)

Google Scholar: **91**, z wykluczeniem autocytowań: **90** (stan na 05.02.2025r.)

*Dane naukometryczne (stan na 05.02.2025r.) opracowane przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej na podstawie opcji rozszerzonego wyszukiwania w bazach Web of Science (Researchers i Cited Reference Search) oraz Scopus (Basic Search i Secondary Documents) zostały przedstawione w Załączniku nr 8.*

#### 4.1.2. Wprowadzenie do tematyki badań

Postępująca industrializacja i urbanizacja, doprowadziły do wzrostu zanieczyszczenia ekosystemów wodnych. Wśród różnych grup zanieczyszczeń metale ciężkie stanowią szczególne zagrożenie ze względu na ich toksyczność, trwałość w środowisku oraz zdolność do bioakumulacji. W systemach wodnych osady dennie pełnią funkcję zarówno magazynu, jak i wtórnego źródła tych zanieczyszczeń, odgrywając kluczową rolę w biogeochemicznym obiegu metali ciężkich. Zrozumienie mobilności i specjacji tych pierwiastków jest niezbędne do oceny ich wpływu na środowisko oraz skuteczności strategii remediacyjnych.

Metale ciężkie, takie jak kadm (Cd), ołów (Pb), miedź (Cu), cynk (Zn), mogą pochodzić zarówno ze źródeł naturalnych (erozja skał, aktywność wulkaniczna), jak i antropogenicznych, (działalność przemysłowa, rolnictwo czy transport). W systemach wodnych mogą one występować w różnych formach, w tym jako jony rozpuszczone w wodzie, kompleksy związków organicznych i nieorganicznych, cząstki zawieszane oraz związki wbudowane w strukturę osadów dennych.

Osady dennie, będące mieszaniną cząstek mineralnych, materii organicznej oraz organizmów żywych, akumulują metale ciężkie, zatrzymując je poprzez procesy takie jak adsorpcja, kompleksowanie czy współosadzanie z minerałami. Niemniej jednak, metale ciężkie mogą zostać uwolnione z osadów w wyniku zmian warunków środowiskowych, takich jak zmiany pH, potencjału redoks, temperatury czy obecności substancji kompleksujących.

Mobilność metali ciężkich w osadach dennych odnosi się do ich zdolności do przemieszczania się pomiędzy fazami osadowymi, wodnymi i biologicznymi, co zależy od form chemicznych, w jakich występują. Specjacja chemiczna, czyli podział metali na różne frakcje chemiczne, jest kluczowym czynnikiem determinującym ich toksyczność, biodostępność oraz potencjał do migracji.

Metale ciężkie w osadach mogą występować różnych formach, określanych zgodnie ze schematem sekwencyjnej ekstrakcji wg Tessiera.

Mobilność metali ciężkich w osadach zależy od szeregu czynników środowiskowych:

- warunki redoks: W warunkach tlenowych metale mogą być immobilizowane poprzez współosadzanie z tlenkami żelaza i manganu, podczas gdy w warunkach beztlenowych mogą być uwalniane w wyniku redukcji tych tlenków;
- pH: Niskie pH zwiększa rozpuszczalność metali związanych z frakcją węglanową, co prowadzi do ich mobilizacji;
- materia organiczna: Rozkład materii organicznej może powodować uwalnianie metali z kompleksów organicznych;
- zanieczyszczenia wtórne: Obecność związków chemicznych, takich jak sole czy substancje kompleksujące, może wpływać na mobilizację metali poprzez konkurencję o miejsca sorpcyjne.

#### 4.2.3. Cel naukowy badań

Celem naukowym badań jest zrozumienie mechanizmów regulujących mobilność i specjację metali ciężkich w osadach dennych oraz ocena ich wpływu na ekosystemy wodne i potencjalne ryzyko środowiskowe. Realizacja tego celu pozwala na wyjaśnienie, w jakich warunkach metale mogą być uwalniane z osadów, stając się dostępne dla organizmów żywych, oraz jakie są ich długoterminowe losy w środowisku. Do szczegółowych celów naukowych należą:

1. Charakterystyka specjacji metali ciężkich: Identyfikacja form chemicznych, w jakich występują metale w osadach dennych (**II.1., II.2.**).
2. Ocena biodostępności metali: Określenie, w jakim stopniu metale obecne w osadach są dostępne dla organizmów wodnych i roślin, co pozwala na oszacowanie ich toksyczności i potencjalnego wpływu na sieci troficzne (**II.1., II.2.**).

3. Opracowanie strategii remediacji: Na podstawie uzyskanych wyników – wskazanie skutecznych metod ograniczania mobilności metali w osadach, np. poprzez stabilizację chemiczną, zastosowanie sorbentów organicznych (II.3.)

#### 4.2.4. Metody badawcze

##### **Analiza specjacyjna wg Tessiera**

Metoda sekwencyjnej ekstrakcji, która pozwala na podział metali na pięć frakcji, różniących się mobilnością i biodostępnością. Celem analizy jest określenie, w jakiej formie występują metale w osadach, co ma kluczowe znaczenie dla oceny ich toksyczności i potencjału migracyjnego. Wyróżnia się 5 frakcji:

- Frakcja wymienna: Metale związane z powierzchnią cząstek osadów, łatwo wymieniane na jony w roztworze wodnym.
- Frakcja węglanowa: Metale związane z węglanami, które są mobilizowane w warunkach kwaśnych.
- Frakcja związana z tlenkami żelaza i manganu: Metale współosadzone z tlenkami, uwalniane w warunkach redukcyjnych.
- Frakcja związana z materią organiczną: Metale związane z substancjami humusowymi, uwalniane podczas rozkładu materii organicznej.
- Frakcja rezydualna: Metale trwale związane z minerałami, uwalniane dopiero w silnych warunkach trawiących.

Metoda Tessiera dostarcza cennych danych o mobilności i dostępności metali, wspierając ocenę ryzyka środowiskowego i projektowanie strategii remediacji.

##### **Ekstrakcja metali ciężkich z EDTA**

Ekstrakcja z EDTA pozwala na ocenę potencjalnie biodostępnych metali w osadach, czyli tych, które mogą przejść do roztworu w warunkach naturalnych lub pod wpływem zmian środowiskowych. Metoda jest szybka, powtarzalna i minimalnie ingeruje w strukturę osadów, dzięki czemu znajduje szerokie zastosowanie w badaniach środowiskowych i remediacyjnych.

##### **Sorpcja metali ciężkich z wykorzystaniem sorbentów: bentonitu i chitozanu**

Sorpcja metali ciężkich z wykorzystaniem bentonitu i chitozanu to proces polegający na usuwaniu jonów metali z roztworu wodnego lub osadów przez ich wiązanie na powierzchni tych materiałów sorpcyjnych. Bentonit i chitozan są popularnymi sorbentami ze względu

na swoje właściwości chemiczne, łatwą dostępność oraz niskie koszty. Bentonit to naturalna glina składająca się głównie z montmorylonitu, charakteryzująca się wysoką pojemnością wymiany kationowej i dużą powierzchnią właściwą. Mechanizm sorpcji obejmuje wymianę kationową i adsorpcję na powierzchni. Chitozan to biopolimer otrzymywany przez deacetylację chityny, naturalnie występującej w pancerzach skorupiaków. Jego struktura zawiera grupy aminowe (-NH<sub>2</sub>), które są kluczowe dla wiązania metali. Mechanizm sorpcji obejmuje kompleksowanie chemiczne i oddziaływania elektrostatyczne z naładowaną powierzchnią.

### **Analizy statystyczne**

W metodyce badawczej zastosowano obliczenia statystyczne, w celu oceny istotności wyników oraz identyfikacji zmiennych wpływających na przebieg badanych procesów.

#### 4.2.5. Uzyskane wyniki i ich znaczenie

**II.1.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Witeska A., **2016**, Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments, *Science of the Total Environment*, 2016, 551–552, 387–392, DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.01.073

Celem badań było przeanalizowanie zagrożenia związanego z obecnością metali ciężkich (cynku, miedzi, ołowiu i kadmu) w wodzie i osadach dennych rzeki Utraty. Badania te miały na celu określenie form mobilnych i biodostępnych tych metali, które mogą wpływać na ekosystemy wodne. Zastosowano model matematyczny, PHREEQC2 oraz analizę specjacyjną według metody Tessiera, do określenia form występowania metali ciężkich w osadach.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Analizy wykazały, że metale ciężkie są nie tylko obecne w wodzie, ale także podlegają ciągłym wymianom między fazami wodną a osadową, co wpływa na ich biodostępność i migrację.
2. Wykazanie, że metale w formach mobilnych, takich jak wymienne czy związane z węglanami, stanowiły istotną część całkowitej zawartości metali, co wskazuje na ich potencjalną dostępność biologiczną i toksyczność.
3. Wyniki wskazują na znaczną heterogeniczność rozmieszczenia metali w wodach i osadach, co jest efektem zarówno czynników naturalnych, jak i działalności człowieka, w tym odprowadzania ścieków i zanieczyszczeń przemysłowych.

4. Osady denne Utraty, zanieczyszczone są głównie kadmem i cynkiem, różniły się pod względem sposobu wiązania metali w zależności od lokalizacji. W przypadku ołowiu i miedzi ich udział w frakcjach mobilnych był znacznie mniejszy, co sugeruje ich bardziej trwałe wiązanie w osadach.
5. W osadach dennych analiza specjacyjna wykazała dominację metali w formach związanych z substancją organiczną, szczególnie dla miedzi i ołowiu. Kadm również wykazywał silną tendencję do wiązania się z tą frakcją. Z kolei cynk był najczęściej wiązany z uwodnionymi tlenkami żelaza i manganu oraz z frakcją pozostałościową.

**II.2.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2022, Assessment of Trace Metals Contamination, Species Distribution and Mobility in River Sediments Using EDTA Extraction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(12):6978. DOI:10.3390/ijerph19126978

Celem badań było określenie wpływu kwasu etylenodiaminotetraoctowego (EDTA) na specjację wybranych metali śladowych (Zn, Cd, Cu, Pb) w osadach dennych oraz ich mobilność. Kluczowym celem pracy było określenie, jak zmienne takie jak stężenie EDTA, czas ekstrakcji oraz wielokrotność tego procesu wpływają na skuteczność usuwania metali.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Wykazano, że EDTA może być skutecznym środkiem do usuwania metali ciężkich z osadów, ale zmienia specjację pozostałych metali i skład matrycy osadowej.
2. Wyniki wskazują, że EDTA skutecznie usuwa metale zarówno z frakcji biodostępnych (wymienialnych, związanych z węglanami czy tlenkami Fe/Mn), jak i biologicznie niedostępnych (związanych z materią organiczną i frakcjami resztkowymi). Najwyższą efektywność usuwania uzyskano dla kadmu, a najniższą dla cynku.
3. Badania ujawniły, że EDTA, poza usuwaniem metali, powoduje migrację metali między frakcjami, co zmienia ich specjację. Na przykład miedź, silnie wiązana przez materię organiczną, po ekstrakcji częściowo przechodziła do frakcji resztkowej.
4. Wykorzystanie EDTA ujawniło różnice w kinetyce ekstrakcji metali. Proces desorpcji przebiegał dwuetapowo: najpierw szybko, a następnie wolniej, co wskazuje na obecność dwóch różnych puli metali o różnej mobilności. Kinetyczne modelowanie pozwoliło na podział metali na frakcje: „labilne”, „umiarkowanie labilne” oraz „niewyciągalne”. Największą biodostępność stwierdzono dla kadmu, najmniejszą dla miedzi i ołowiu.

5. Wykazano, że zanieczyszczone osady dennych, mimo obniżenia zawartości metali, mogą zwiększać toksyczność pozostałych substancji w wyniku zmiany składu matrycy osadowej. EDTA, poza metalami, usuwa inne składniki, takie jak węglany czy związki organiczne, co może prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia.

**II.3.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2023, Effect of natural sorbents on the stabilization of trace metals in bottom sediments, *Desalination and Water Treatment*, 311, 92-99, <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.30055>

Celem pracy było określenie wpływu naturalnych sorbentów, takich jak bentonit i chitozan, na immobilizację metali ciężkich (Cd, Zn, Cu, Pb) w osadach dennych jezior. Celem pobocznym było zbadanie skuteczności tych sorbentów w stabilizacji metali, ograniczając ich mobilność i biodostępność, a tym samym ograniczając ryzyko dla ekosystemów wodnych.

Najważniejsze wnioski i osiągnięcia:

1. Potwierdzono, że dodatek sorbentów zmienia rozmieszczenie metali pomiędzy różnymi frakcjami wiązania w osadach. Zarówno bentonit, jak i chitozan zmniejszyły biodostępność metali poprzez ich immobilizację w stabilnych frakcjach. Jednak różnice w efektywności wskazują na potrzebę dostosowania rodzaju sorbentu do specyficznych warunków środowiskowych i właściwości metali.
2. Określono, że chitozan efektywniej niż bentonit stabilizował metale, szczególnie poprzez zwiększenie ich udziału w frakcjach nierozpuszczalnych i biologicznie niedostępnych (organicznych i resztkowych). Miedź była silnie wiązana przez chitozan w frakcji organicznej. Podobny efekt zaobserwowano dla bentonitu, choć w mniejszym stopniu.
3. W przypadku cynku i ołowiu oba sorbenty skutecznie zmniejszyły udział tych metali w frakcjach mobilnych, jednocześnie zwiększając ich wiązanie w stabilnych frakcjach Fe/Mn oraz resztkowych.
4. Kadm, mimo że był jednym z najłatwiej immobilizowanych metali, w obecności bentonitu zwiększał swój udział w frakcji wymiennej, co potencjalnie zwiększa jego biodostępność. Natomiast chitozan znacząco ograniczał jego udział w frakcjach mobilnych, przenosząc większą część kadmu do frakcji stabilnych. Stwierdzono, że bentonit, mimo swojej efektywności, w niektórych przypadkach zwiększał mobilność metali, szczególnie kadmu i cynku, co może być niekorzystne w kontekście długoterminowej stabilizacji.



5. Specyficzne właściwości sorbentów miały decydujące znaczenie dla ich skuteczności. Bentonit, jako minerał gliniasty o wysokiej zdolności pęcznienia, skutecznie wiązał metale poprzez procesy wymiany jonowej i adsorpcji powierzchniowej. Chitozan, będący biopolimerem o właściwościach chelatujących, wykazywał zdolność do tworzenia trwałych kompleksów z metalami, co czyniło go bardziej efektywnym w stabilizacji metali o wyższej reaktywności chemicznej, takich jak miedź i ołów.

Do moich najważniejszych oryginalnych osiągnięć zaliczam:

1. **Zastosowanie EDTA do usuwania metali ciężkich z osadów dennych** – Udowodnienie skuteczności tego czynnika chelatującego w usuwaniu metali ciężkich i wskazanie, że dodatkowym efektem zastosowania EDTA jest zmiana obrazu specjacji metali ciężkich w osadach dennych.
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.

#### 4.2.6. Kierunki dalszych badań

Moje dalsze plany badawcze obejmują kontynuowanie badań nad zastosowaniem sorbentów do usuwania metali ciężkich z osadów dennych. W trakcie analizy literatury oraz przeprowadzonych badań dostrzegłem liczne luki w dotychczasowej wiedzy, które wymagają dalszych badań i uzupełnienia. Te obszary, w których wiedza jest niewystarczająca, stanowią dla mnie istotne wyzwania badawcze. Za najważniejsze kierunki planowanych dalszych badań uznaję:

1. Optymalizacja właściwości sorbentów
  - Modyfikacja sorbentów: Analiza możliwości chemicznej lub fizycznej modyfikacji sorbentów (aktywacja chemiczna, domieszki funkcjonalne) w celu zwiększenia ich pojemności sorpcyjnej.

- Badanie różnych materiałów: Stosowanie różnych rodzajów biomasy lub odpadów organicznych jako surowców do produkcji sorbentów, np. łuski ryżowe, resztki kawy czy trociny.
- Charakterystyka materiałów: Wykorzystanie zaawansowanych technik analitycznych (np. XRD, XPS, SEM/EDS) do szczegółowego badania struktury, morfologii i mechanizmów wiązania metali.

## 2. Zrozumienie mechanizmów sorpcji

- Identyfikacja mechanizmów odpowiedzialnych za wiązanie metali przez sorbent (adsorpcja fizyczna, chemisorpcja, wymiana jonowa, kompleksowanie).
- Modelowanie procesu sorpcji, stosując izotermy adsorpcji (Langmuira, Freundlicha) i kinetykę reakcji (np. pierwszego rzędu).

## 3. Badania aplikacyjne

- Warunki rzeczywiste: Zbadanie skuteczności sorbentów w warunkach naturalnych (np. w osadach dennych o różnym składzie chemicznym i strukturze).
- Wpływ warunków środowiskowych: Ocena wpływu pH, potencjału redoks, temperatury oraz obecności konkurencyjnych jonów na efektywność procesu.
- Skala pilotowa: Badania na większą skalę w warunkach polowych, aby sprawdzić praktyczną efektywność opracowanego rozwiązania.

## 4. Połączenie stosowania sorbentów z bioremediacją

- Połączenie zastosowania sorbentów z fitoremediacją, wykorzystując rośliny zdolne do akumulacji metali. Sprawdzenie, czy sorbenty mogą dodatkowo wspierać wzrost roślin.
- Ocena możliwości immobilizacji metali w formach bezpiecznych dla ekosystemu.

## 5. Wpływ na ekosystem i regeneracja sorbentów

- Sprawdzenie, czy zastosowanie sorbentów ma długoterminowy wpływ na właściwości osadów dennych i organizmy wodne.
- Analiza możliwości regeneracji użytych sorbentów (np. desorpcja metali) i ich ponownego wykorzystania, co zwiększy opłacalność procesu.

### 4.3. Pozostałe osiągnięcia

#### 4.3.1. Publikacje indeksowane w bazie Web of Science opublikowane po doktoracie

**III.1.** Marcinowski P., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., **2014**, Cosmetic wastewater treatment using the Fenton, Photo-Fenton and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV processes, Journal of Environmental Science and Health, Part A, 49 (13), 1531-1541, DOI:10.1080/10934529.2014.938530

---

**IF<sub>2014</sub> = 1.164; Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 20; Liczba cytowań (wg WoS) = 24**

---

**III.2.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Marcinowski P., Kowalik P., Cosmetic wastewater treatment by coagulation and advanced oxidation processes, Environmental Technology, **2014**, 35 (5), 541-548, DOI:10.1080/09593330.2013.808245

---

**IF<sub>2014</sub> = 1.56; Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 25; Liczba cytowań (wg WoS) = 49**

---

**III.3.** Zawadzki J., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2016**, Smart magnetic markers use in hydraulic fracturing, Chemosphere, 162, 23-30, DOI:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.07.058

---

**IF<sub>2016</sub> = 4.208; Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 35; Liczba cytowań (wg WoS) = 17**

---

**III.4.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., Wiliński P., **2017**, Cosmetic wastewater treatment using dissolved air flotation, Archives of Environmental Protection, 2017, 43 (2), 65–73, DOI:10.1515/aep-2017-0018

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.12; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 10**

---

**III.5** Wiliński P.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., **Bogacki J.**, **2017**, Pretreatment of cosmetic wastewater by dissolved ozone flotation (DOF), Desalination and Water Treatment, 71, 95-106, DOI:10.5004/dwt.2017.20552

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.383; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 11**

---

**III.6.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., **Bogacki J.**, **2017**, Highly polluted cosmetic wastewater treatment, Environment Protection Engineering, 44 (2), 25 – 40, DOI:10.5277/epe170203

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.486; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 5**

---

**III.7.** Marcinowski P., **Bogacki J.**, Majewski M.<sup>✉</sup>, Zawadzki J., Sivakumar S., **2019**, Application of aluminum-based coagulants for improving efficiency of flue gas desulfurization wastewater treatment in coal – fired power plant, E3S conferences, 108, 02006, Energy and Fuels 2018, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910802006>

---

**IF<sub>2019</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 5; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**III.8.** Bury D., Jakubczak M., Kumar R., Ścieżyńska D., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.M.<sup>✉</sup>, **2023**, Cleaning the environment with MXenes, MRS Bulletin, 271–282, (48). DOI:10.1557/s43577-023-00507-6

---

**IF<sub>2022</sub> = 4.1; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 11**

---

**III.9.** Kalinowski M., Chilmon K., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Woyciechowski P., **2024**, Organic and Inorganic Modifications to Increase the Efficiency in Immobilization of Heavy Metal (Zn) in Cementitious Composites—The Impact of Cement Matrix Pore Network Characteristics, Materials, 17(21), 5281, <https://doi.org/10.3390/ma17215281>

---

**IF<sub>2023</sub> = 3.1; Pkt. MNiSW<sub>2024</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

#### 4.3.2. Publikacje nie indeksowane w bazie Web of Science opublikowane po doktoracie

**IV.1.** Marcinowski P., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2014**, Oczyszczanie ścieków kosmetycznych z wykorzystaniem procesów koagulacji i Fentona, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 10, 386 – 389

---

**Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.2.** Smogarzewski M., Marcinowski P., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2015**, Zastosowanie procesów koagulacji i flotacji ciśnieniowej do oczyszczania ścieków z produkcji kosmetyków, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury / Journal Of Civil Engineering, Environment and Architecture, 1 (62), 369 – 381

---

**Pkt. MNiSW<sub>2015</sub> (przed reformą) = 9**

---

**IV.3. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., **2015**, Cosmetic Wastewater Treatment Using Coagulation and Fenton Processes, Challenges of Modern Technology, 6(4), 36-42

---

**Pkt. MNiSW<sub>2015</sub> (przed reformą) = 8**

---

**IV.4. Zawadzki J.**<sup>✉</sup>, **Bogacki J., 2016**, On the possibility of magnetic nano-markers use for hydraulic fracturing in shale gas mining, Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU2016-6749-1

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 0**

---

**IV.5. Bogacki J.,** Marcinowski P., Wiliński P., Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2016**, Charakterystyka ścieków kosmetycznych, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1(90), 29-34

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.6. Dziubak C.**<sup>✉</sup>, Taźbierski P., Zawadzki J., **Bogacki J., 2016**, Wstępne wyniki wytwarzania proppantów o właściwościach magnetycznych, Szkło i ceramika, 6, 6-10

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 7**

---

**IV.7. Zawadzki J.**<sup>✉</sup>, **Bogacki J., 2016**, Rozwój technologii magnetycznych w wydobywaniu gazu łupkowego, Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji. Górnictwo – perspektywy i zagrożenia, 1 (13), 25 - 37

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 6**

---

**IV.8. Bogacki J.,** Zawadzki J.<sup>✉</sup>, **2016**, The influence of ferrite particle size on the quality of the magnetic marker in shale gas hydraulic fracturing, Systemy Wspomaganie W Inżynierii Produkcji. Review Of Problems And Solutions, 2016, 3 (15), 25 – 33

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 6**

---

**IV.9. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Zawadzki J., **2017**, Magnetic markers use for monitoring of environmental pollution caused by fracturing fluids during shale gas exploitation, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury / Journal Of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 64 (2), 59-70, <https://doi.org/10.7862/rb.2017.52>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 9**

---

**IV.10. Kowalik P., Naumczyk J., Bogacki J., Marcinowski P.**<sup>✉</sup>, **2017**, Oczyszczanie ścieków przemysłowych zawierających formaldehyd z wykorzystaniem procesu Fentona, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (5), 234-237, <https://doi.org/10.15199/17.2017.5.5>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.11. Marcinowski P.**<sup>✉</sup>, **Bogacki J., 2017**, Możliwości zwiększenia skuteczności oczyszczania ścieków przemysłowych na przykładzie technologii oczyszczania ścieków kosmetycznych, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (10), 420-422, <https://doi.org/10.15199/17.2017.10.9>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.12. Zawadzki J.**<sup>✉</sup>, **Bogacki J., 2018**, Czy markery magnetyczne mogą być przydatne do przedeksploatacyjnego odmetanowania złóż węgla kamiennego – wybrane wnioski z badań nad łupkami gazonośnymi, *Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji*, 7, 1, 40 - 51

---

**Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (po reformie) = 6**

---

**IV.13. Falaciński P., Szarek Ł., Wojtkowska M., Bogacki J., Drużyński P., Dudzik M., 2023**, Zawiesziny twardniejące na bazie odpadów poprocesowych jako materiały uszczelniające obiekty hydrotechniczne, *Gospodarka Wodna*, 9, 2-6. DOI:10.15199/22.2023.9.1

---

**Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 40**

---

#### 4.3.3. Publikacje opublikowane przed obroną doktoratu

**V.1. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., **2009**, Fizykochemiczne metody ex – situ oczyszczania osadów dennych z metali ciężkich, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 11, 36 – 42.

---

**IF<sub>2009</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2009</sub> (przed reformą) = 9; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**V.2.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Kucharska M., Krzysztozek A., **Bogacki J., 2010**, Oczyszczanie ścieków powstających podczas powierzchniowej obróbki aluminium, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Inżynieria Środowiska, Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska, 2010, 58, 5 – 16.

---

**IF<sub>2010</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2010</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**V.3.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Marcinowski P., **2011**, Oznaczanie policyklicznych pizm w próbkach środowiskowych, Laboratorium - Przegląd Ogólnopolski, 9-10, 76 – 78.

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**V.4.** Krzysztozek A., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2011**, Badania nad usuwaniem metali ciężkich z odcieków ze składowisk odpadów w procesie Fentona oraz zastosowanie jego modyfikacji, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 51, 36–42

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 5; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

**V.5.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., Marcinowski P., Kucharska M., **2011**, Oczyszczanie ścieków kosmetycznych metodami fizykochemicznymi i chemicznymi, Chemik. Nauka – Technika – Rynek, 2 (65), 94 – 97.

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**V.6.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2012**, Wykorzystanie analizy specjacyjnej w monitoringu metali ciężkich w osadach dennych na przykładzie rzeki Utraty, Ochrona środowiska, 34, 43 – 46.

---

**IF<sub>2012</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2012</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 7**

---

**V.7.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2012**, Heavy metals in bottom sediments of „Korytów” reservoir / Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika „Korytów”, Ecological Chemistry and Engineering A, 19(11), 1429 – 1436.

---

**IF<sub>2012</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2012</sub> (przed reformą) = 7; Liczba cytowań (wg WoS) = 1**

---

*Czasopismo znajduje się na liście czasopism z IF, w 2012r. IF nie został opublikowany. IF<sub>2011</sub> wynosił 1.633 manuskrypt został wysłany do recenzji w 2011r.*

**V.8.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., **Bogacki J.**, Wiliński P., **2013**, Oczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego za pomocą procesu koagulacji, *Annual Set The Environment Protection* 2013, 15, 875-891.

---

**IF<sub>2013</sub> = 0.806; Pkt. MNiSW<sub>2013</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 10**

---

#### **4.4. Podsumowanie dotychczasowej działalności naukowej**

Moim podstawowym miejscem prowadzenia badań jest Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Zakład Informatyki i Badań Jakości Środowiska, gdzie jestem aktywnym członkiem dwóch zespołów badawczych **Zespół Oczyszczania Ścieków Przemysłowych** i **Zespołu Chemii Środowiska**. Moja działalność naukowa skupia się wokół dwóch głównych obszarów badawczych. Pierwszym z nich, są badania prowadzone w ramach **Zespołu Oczyszczania Ścieków Przemysłowych** dotyczące stosowania procesów pogłębioego utleniania (ang. Advanced Oxidation Processes, AOP) do oczyszczania ścieków przemysłowych. Szczególnie interesują mnie procesy katalityczne, z wykorzystaniem katalizatorów na bazie żelaza. Drugim obszarem badawczym, realizowanym w ramach pracy w **Zespole Chemii Środowiska**, jest zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi. W tym zakresie moja działalność badawcza obejmuje analizę stanu środowiska, w tym między innymi analizę specjacyjną, a także możliwości efektywnego usuwania metali ciężkich z różnych komponentów środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem wód i osadów dennych.

Informacje na temat mojej aktywności naukowej przed i po doktoracie przedstawię według mojego zaangażowania w poszczególne projekty lub inicjatywy naukowe, z odwołaniem do wymiernych efektów publikacyjnych (wg numeracji moich prac w Wykazie osiągnięć naukowych).

Po rozpoczęciu studiów doktoranckich w Politechnice Warszawskiej, w okresie przed uzyskaniem stopnia doktora, brałem czynny udział w grantie promotorskim, pt. *Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego*, jako główny wykonawca, kierownikiem grantu mój promotor, dr hab. inż. Jeremi Naumczyk. Uczestniczyłem w pracach zespołu



projektowego od momentu pisania wniosku aplikacyjnego. Po uzyskaniu finansowania byłem odpowiedzialny za zaprojektowanie i przeprowadzenie badań dotyczących oczyszczania ścieków kosmetycznych, z wykorzystaniem procesów koagulacji, elektrokoagulacji, flotacji ciśnieniowej i Fentona. Wykonałem testy podatności ścieków oczyszczonych na biodegradację, z wykorzystaniem testu Zahn-Wellens. W ramach grantu zaprojektowałem i wyposażyłem stanowisko do przeprowadzenia procesu flotacji ciśnieniowej. Przeprowadzone eksperymenty były podstawą mojej rozprawy doktorskiej, a następnie publikacji serii artykułów naukowych (**III.1., III.2., III.4., III.6., IV.1., IV.3.**).

Równolegle, kontynuowałem współpracę z dr Małgorzatą Wojtkowską (obecnie prof. dr hab. Małgorzata Wojtkowska). W ramach współpracy prowadziłem badania dotyczące możliwości zastosowania analizy specjacyjnej do oceny stanu zanieczyszczenia osadów dennych zbiorników wodnych metalami ciężkimi. Przeprowadzone eksperymenty były podstawą publikacji serii artykułów naukowych (**V.6., V.7.**).

Po obronie pracy doktorskiej kontynuowałem i rozwijałem swoje zainteresowania badawcze.

Kontynuacją problematyki badawczej dotyczącej oczyszczania ścieków przemysłowych, będące moim głównym obszarem zainteresowania badawczego, były badania nad zastosowaniem procesów heterokatalitycznego utleniania z wykorzystaniem katalizatorów na bazie żelaza. Byłem odpowiedzialny za wprowadzenie tej tematyki badawczej i z mojej inicjatywy Zespołu Oczyszczania Ścieków Przemysłowych zajął się tematyką katalizy heterogenicznej zastosowanej do oczyszczania ścieków przemysłowych. Pierwsze badania obejmowały zastosowanie żelaza metalicznego jako katalizatora, jako modyfikacja klasycznego procesu Fentona. Następnie, prace były rozszerzane o stosowanie tlenków żelaza, takich jak magnetyt i hematyt, stosowanie materiałów odpadowych, np. z obróbki skrawaniem czy wreszcie tworzeniem nowoczesnych kompozytowych materiałów katalitycznych będących połączeniem nośnika z metalicznego żelaza lub magnetytu z  $Ti_3C_2T_x$  MXene, dwuwymiarowym nanomateriałem katalitycznym. Badania te zaowocowały one kolejnymi publikacjami (**I.1. – I.16.**) oraz włączeniem do programu studiów na kierunku Environmental Engineering nowego przedmiotu *Advanced Chemical Wastewater Treatment Methods*, w którym podczas ćwiczeń laboratoryjnych studenci poddają oczyszczaniu rzeczywiste ścieki przemysłowe z wykorzystaniem różnych procesów pogłębionego utleniania i tym samym zaznajamiają się z problematyką zastosowania nowoczesnych metod oczyszczania ścieków, pozwalających na skuteczne niszczenie szczególnie niebezpiecznych związków organicznych.

Badania dotyczące oczyszczania ścieków przemysłowych były realizowane między innymi w ramach prac statutowych, których byłem uczestnikiem oraz zostały zaprezentowane na licznych konferencjach naukowych.

Badania realizowałem kierując 7 projektami finansowanymi przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na łączną kwotę 39200 zł oraz kierując grantem dziekańskim na kwotę 15000 zł.

Badania prowadziłem na ściekach z przemysłu kosmetycznego, z instalacji odsiarczania gazów spalinowych w elektrowni zawodowej, z zakładów naprawczych floty samochodowej, płynu powrotnego po szczelinowaniu hydraulicznym, ściekach z produkcji organicznych nadtlenków. W publikacjach (**I.1. - I.7.** i **I.9. - I.15.**) wykazano, że możliwe jest stosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków. Każdorazowo, uzyskano wysoką skuteczność procesu, wyrażaną jako zmniejszenie zawartości Chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) lub ogólnego węgla organicznego (OWO). Stwierdzono, że dawka katalizatora jest uzależniona od rodzaju ścieków i aktualnego ładunku zanieczyszczeń, w związku z tym każdorazowo należy prowadzić optymalizację procesu dawkowania reagentów. Dodatkowo, określono, że niezwykle istotna jest dostępność katalizatora. Ze względu na generowanie rodników na powierzchni katalizatora, należy stosować katalizator o możliwie jak największym stopniu rozdrobnienia, najmniejszej średnicy ziarna. W przypadku stosowania żelaza metalicznego, dodatkowo na skutek rozpuszczania żelaza w warunkach niskiego pH, pojawia się możliwość zachodzenia katalizy homogenicznej w wyniku uruchomienia reakcji Fentona i pseudo-Fentona.

Jednakże, samodzielne stosowanie procesów pogłębionego utleniania nie pozwala na spełnienie wymagań prawnych stawianych ściekom oczyszczonym, pozwalających na odprowadzenie ich do odbiornika. Konieczne jest więc dalsze oczyszczanie biologiczne. Ważnym czynnikiem w tym przypadku jest zwiększanie podatności na oczyszczanie biologiczne ścieków podczyszczonych w porównaniu do ścieków surowych. Podatność na oczyszczanie biologiczne wyznaczana była jako stosunek pięciodniowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT<sub>5</sub>) do chemicznego zapotrzebowania tlenu (ChZT) lub ogólnego węgla organicznego (OWO). Wykazano, że po zastosowaniu procesów katalitycznego utleniania podatność ścieków oczyszczonych na oczyszczanie biologiczne jest większa w porównaniu do ścieków surowych.

Stwierdzono, że operowanie kolektywnymi parametrami, takimi jak ChZT, OWO czy BZT<sub>5</sub> nie jest wystarczające, ważne jest monitorowanie zawartości poszczególnych związków występujących w ściekach, ze szczególnym uwzględnieniem związków

o charakterze toksycznym czy zaburzających równowagę hormonalną (ang. Endocrine Disrupting Compounds, EDC). Kontrolę skuteczności usuwania mikrozanieczyszczeń prowadzono z wykorzystaniem chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS), próbkę izolowano z matrycy, z wykorzystaniem mikroekstrakcji do fazy stałej z fazy nadpowierzchniowej (ang. Head Space Solid-Phase Micro Extraction, HS-SPME). W ramach prac badawczych kontynuowałem współpracę z dr inż. Piotrem Marcinowskim (obecnie dr hab. inż. Piotr Marcinowski), który odpowiedzialny był za przeprowadzenie analiz HS-SPME-GC-MS. Stwierdzono, że np. w przypadku ścieków kosmetycznych, głównymi składnikami próbki są bazy kosmetyczne, filtry UV, piżma policykliczne, i inne substancje zapachowe. Zastosowanie procesów katalitycznego utleniania pozwala na znaczącą eliminację zanieczyszczeń aż do ich całkowitego wyeliminowania ze ścieków oczyszczonych (obniżenie stężenia do poniżej granicy wykrywalności). Stwierdzono również pojawienie się nowych związków, nieobecnych w ściekach surowych. Pojawiające się nowe związki są produktami zachodzących reakcji utleniania podczas oczyszczania ścieków. Nowe związki są strukturami mniejszymi i bardziej polarnymi niż związki macierzyste, z których powstały.

Dzięki nawiązaniu współpracy naukowo badawczej z operatorem Elektrowni Kozienice, firmą Enea Wytwarzanie sp. z o.o., we współpracy z prof. dr hab. inż. Jarosławem Zawadzkim i mgr inż. Maciejem Majewskim prowadzono badania nad możliwością zastosowania procesów katalitycznego utleniania jako metody oczyszczania ścieków z instalacji odsiarczania spalin (IOS) zgodnej z Najlepszą Dostępną Techniką (BAT) dla dużych źródeł spalania. Ścieki te charakteryzują się dużym zasoleniem, a w związku z tym dużą obecnością zmiataczy rodniczków, utrudniających zachodzenie procesów rodniczkowych. Dodatkowo, związki organiczne zawarte w ściekach charakteryzują się dużą trwałością i szkodliwością. W trakcie badań potwierdzono, że ścieki z instalacji IOS mogą być skutecznie oczyszczane, usuwane są zarówno związki organiczne jak również metale ciężkie.

Ważnym problemem związanym ze ściekami, jest ich toksyczność a w związku z tym oddziaływanie na środowisko, a w trakcie oczyszczania biologicznego także np. na biocenozę osadu czynnego. W tym celu nawiązałem współpracę z dr hab. inż. Adamem Muszyńskim (Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska), który był odpowiedzialny za przeprowadzenie analiz biologicznych. W dokonano oceny wpływu ścieków przemysłowych, na przykładzie ścieków kosmetycznych, na biocenozę osadu czynnego. Analizę porównawczą wykonano dla nieoczyszczonych ścieków kosmetycznych i tych samych ścieków, poddanych procesowi katalitycznego utleniania. Potwierdzono, że nawet najmniejszy dodatek surowych ścieków kosmetycznych

do symulowanych ścieków miejskich powodował znaczące zmniejszenie skuteczności oczyszczania i wywoływał szkodliwe zmiany zachodzące w biocenozie osadu czynnego. Natomiast ścieki podczyszczone z procesie katalitycznego oczyszczania, nie wywoływały podobnych efektów i mogą być bez szkody dla skuteczności usuwania zanieczyszczeń i składu biocenozy osadu czynnego wprowadzane do strumienia ścieków oczyszczanych.

Podjęto się próby opisanie matematycznego zachodzących procesów utleniania katalitycznego. Określona została kinetyka procesów katalitycznego oczyszczania. Stwierdzono, że proces można opisać z wykorzystaniem modyfikowanych równań kinetyki 2 rzędu, przy czym modyfikacja obejmuje przyjęcie założenia, że w odróżnieniu od klasycznej kinetyki 2 rzędu zakładającej zachodzenie reakcji utleniania do końca, tj. rozłożenia wszystkich substratów, istnieje pewna ilość związków trwałych i opornych na utlenianie katalityczne. Określono również statystycznie, z wykorzystaniem analizy wariancji (ANOVA), które czynniki mają największy wpływ na skuteczność zachodzenia procesu. Wśród nich określono czas prowadzenia procesu, dawki poszczególnych reagentów ich wzajemne proporcje i pH.

Ze względu na konieczność określenia parametrów materiałowych stosowanych katalizatorów, rozpocząłem współpracę z grupą badawczą kierowaną przez prof. dr hab. inż. Agnieszką Jastrzębską (początkowo Wydział Inżynierii Materiałowej, obecnie Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej).

W celu dokładnego określenia mechanizmu procesu katalitycznego utleniania wybrano modelowe związki, barwniki, błękit metylenowy i kwaśny amarant. Badano proces degradacji tych związków z wykorzystaniem żelaza metalicznego i  $Ti_3C_2T_x$  MXene naniesionego na metaliczne żelazo odpadowe. Potwierdzono skuteczność usunięcia barwników, uzyskując całkowite odbarwienie roztworów i znaczące usunięcie zawartości związków organicznych, wyrażone jako OWO, nie osiągnięto jednak kompletnej mineralizacji związków organicznych. W ramach badań materiałowych określono właściwości materiałowe katalizatorów, skład chemiczny, fazowy, wielkość ziaren, porów, powierzchnię właściwą. Określono, że materiały są stabilne w trakcie procesu, nie ulegają znaczącej degradacji i nadają się do wielokrotnego wykorzystania, co potwierdzono stosując ten sam materiał do kilkukrotnego oczyszczania nowych porcji roztworu barwnika.

Następnie, kontynuowano prace mające na celu efektywne wprowadzenie i rozprowadzenie katalizatora kompozytowego w fazie wodnej. Jako nośnik wybrano hydrożelowe kulki alginianowe enkapsulujące kompozyt składający się z  $Ti_3C_2T_x$  MXene naniesionego na magnetyt, które dzięki obecności magnetytu mają właściwości magnetyczne. Po zakończonych sukcesem testach prototypu zgłoszono 08.08.24r. do Urzędu Patentowego RP

wniosek o udzielenie patentu na wynalazek: *Hydrożelowe kulki alginianowe o właściwościach magnetycznych, sposób ich wytwarzania oraz ich zastosowanie do fotokatalitycznej degradacji związków organicznych* WIPO ST 10/C PL449479.

Równocześnie prowadzone są wstępne prace mające na celu określenie możliwości stosowania innych niż nadtlenek wodoru aktywatorów reakcji rodnikowych. Jako alternatywny utleniacz wybrany został nadsiarczan amonu, stosowany z żelazem metalicznym, hematytem bądź magnetytem. Pierwsze, niepublikowane jeszcze wyniki pozwalają stwierdzić, że stosowanie nadsiarczanów jest obiecującym kierunkiem prowadzenia badań.

Kolejnym rozwijanym aktualnie polem badawczym jest wytwarzanie z materiałów odpadowych (łupiny orzechów, fusy z kawy, odpady z prażenia kawy, szyszki, wióry z piłowania drewna) biowęgla, dekorowanych metalami i stosowaniem ich do usuwania zanieczyszczeń ze ścieków i modelowych roztworów zanieczyszczeń. Pierwsze, niepublikowane jeszcze wyniki pozwalają stwierdzić, że materiały mogą być skutecznie stosowane do usuwania mikrozanieczyszczeń, lecz ilość zanieczyszczeń zawarta w surowych ściekach przemysłowych jest zbyt duża, by można było efektywnie stosować tę metodę.

W ramach współpracy z prof. dr hab. inż. Jarosławem Zawadzkiem, w ramach projektu 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, prowadzono analizy mające na celu określenie optymalnego markera magnetycznego umożliwiającego zdalne wykrycie proppantu kompozytowego stosowanego podczas szczelinowania hydraulicznego. W ramach grantu, współpracowaliśmy z zespołem dr hab. inż. Cecylii Dziubak, prof. ICIMB (Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), który zajmował się wytworzeniem proppantów magnetycznych zawierających wskazane przez nas materiały do zastosowania jako marker magnetyczny. Koordynowaliśmy badania potwierdzające właściwości magnetyczne wytworzonych proppantów i markerów magnetycznych realizowane przez dr Tomasza Wernera (Instytut Geofizyki, Polska Akademia Nauk). Wobec zaniechania w Polsce prac związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym związanym z wydobyciem gazu łupkowego, opracowano także alternatywne koncepcje zastosowania proppantów magnetycznych, m. in. do szczelinowania hydraulicznego złóż węgla czy remediacji terenów zanieczyszczonych związkami organicznymi.

Kontynuowałem i rozwijałem współpracę z prof. dr hab. Małgorzatą Wojtkowską. W ramach realizowanych badań skupiano się na możliwościach usuwania metali ciężkich z osadów dennych, specjacji i transporcie metali w układzie woda-osad denny. Na podstawie

modelowania matematycznego i analiz statystycznych potwierdzono, że metale znajdujące się w fazie wodnej skutecznie przedostają się do osadów dennych, w których podlegają akumulacji. Prace kontynuowane były m. in. w ramach kierowanego przez prof. dr hab. Małgorzatę Wojtkowską grantu w ramach projektu Beyond POB II: *Wpływ naturalnych substancji o właściwościach sorpcyjnych na stabilizację metali śladowych w zanieczyszczonych osadach dennych zbiorników słodkowodnych*. Stwierdzono, że zanieczyszczone metalami ciężkimi osady denne zbiorników wodnych wymagają remediacji. Jako proponowaną metodę zaproponowano ługowanie roztworem związku chelatującego, EDTA. Stwierdzono, że ługowanie pozwala na skuteczne usuwanie metali ciężkich z oczyszczanego osadu dennego, przy czym skuteczność zależy od stężenia EDTA i krotności ekstrakcji. Zaobserwowano również zmiany w obrazie specjacyjnym. Specjację prowadzono zgodnie ze schematem wg Tessiera. Udowodniono, że ługowanie pozwala usunąć nie tylko metale z frakcji słabo wiązanych, lecz także z frakcji trwale wiążących metale ciężkie, np. organicznej czy siarczkowej. Następnie prowadzone były badania dotyczące możliwości zastosowania naturalnych sorbentów, bentonitu i chitosanu do usuwania metali z fazy wodnej. Potwierdzono skuteczność sorbentów, przy czym stwierdzono, że ich efektywność jest uzależniona od usuwanego metalu, dawki sorbentu i warunków prowadzenia procesu. Efekty projektów, badań i współpracy zostały przedstawione w artykułach naukowych oraz na wystąpieniach konferencyjnych (II.1, II.2., II.3.).

Dalsze rozszerzenie współpracy było związane z uczestnictwem w grantie NCBiR *Multifunkcjonalne fotokatalityczne prefabrykaty nawierzchniowe z betonu porowatego poprawiające warunki wodne i jakość powietrza*, kierowanym przez Dr inż. Wioletę Jackiewicz-Rek (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska). W ramach projektu przygotowywano symulowane wody deszczowe i spływy powierzchniowe i poddawano je oczyszczaniu podczas przepływu przez betony porowate o różnych składach i strukturach. W optymalnych warunkach, uzyskano całkowite usunięcie zawiesin i substancji ropopochodnych, a także obu analizowanych metali ciężkich Zn i Pb. Prace były kontynuowane w grantach wspierających prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport: *Określenie możliwych kierunków modyfikacji materiałowej betonu wodoprzepuszczalnego w celu poprawy jakości odprowadzanej wody oraz opracowanie koncepcji technologii pozwalających na jej ponowne wykorzystanie*, kierownik dr inż. Karol Chilmon i *Ocena wpływu charakterystyki struktury sieci porowej kompozytów cementowych w strefie przypowierzchniowej na efektywność fotokatalityczną i skuteczność w immobilizacji zanieczyszczeń nieorganicznych ze spływów powierzchniowych*, kierownik: dr inż. Maciej

Kalinowski. Dr inż. Karol Chilmon i dr inż. Maciej Kalinowski (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska), odpowiedzialni byli za przygotowanie betonów porowatych. Pierwsze wyniki badań zostały opublikowane (II.12), pozostałe wyniki będą stanowiły podstawę do dalszych publikacji.

Podsumowując, efekty projektów, badań i współpracy zostały przedstawione w 49 artykułach naukowych oraz w 15 wystąpieniach konferencyjnych i nadzorowanych przez mnie 29 pracach dyplomowych (7 inżynierskich i 22 magisterskich).

Chciałbym podkreślić, że jako członek **Zespołów Oczyszczania Ścieków Przemysłowych i Chemii Środowiska** jestem zaangażowany w prace badawcze prowadzone w Zakładzie Informatyki i Badań Jakości Środowiska dotyczące oczyszczania ścieków i szkodliwości mikrozanieczyszczeń w środowisku. Uczestniczę w zdobywaniu finansowania, jestem wykonawcą badań i współautorem artykułów i wystąpień konferencyjnych z tego zakresu

Za osiągnięcia naukowe zostałem uhonorowany 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 osiągnięć były wyróżniona rozprawa doktorska i wybrane publikacje naukowe opublikowane w latach 2017-2020.

#### **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej**

W ciągu całej dotychczasowej kariery naukowej wykazywałem się **istotną aktywnością naukową poza macierzystą uczelnią** w ramach (I) zagranicznego stażu naukowego, (II) współpracy z wiodącymi międzynarodowymi i krajowymi uczelniami i instytucjami naukowymi, (III) udziału w grantach (potwierdzenia znajdują się w Załączniku nr 7).

**I. Zagraniczny staż naukowy:**

Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department Technical Biogeochemistry, Advanced Adsorption and Oxidation Group

Okres: 09 września - 11 października 2024

Opiekun: Dr. Anett Georgi

Zakres: Podczas stażu naukowego prowadziłem badania dotyczące możliwości usuwania zanieczyszczeń PFAS (substancje per- i polifluoroalkylowe, ang. Per- and PolyfluoroAlkyl Substances) z fazy wodnej. W badaniach zastosowano głównie metody elektrochemiczne: elektrosorpcję i desorpcję, w celu zateżnienia koncentratu PFAS, a także sorpcję na piankach węglowych. W ramach stażu przygotowano artykuł naukowy oraz ustalono szczegóły wspólnego wystąpienia grantowego.

**II. Współpraca z instytutami naukowymi i wydawcami czasopism naukowych:**

Po uzyskaniu stopnia doktora, w latach 2014-2024 (stan na 31.12.2024) wykonałem około 400 recenzji artykułów naukowych, w tym łącznie 366 recenzji w 65 czasopismach naukowych, posiadających współczynnik IF (Tab. 5.1). Pozostałe recenzje wykonałem dla czasopism bez IF.

**Tab. 5.1.** Zestawienie wykonanych recenzji publikacji w czasopismach naukowych w czasopismach z IF.

Czasopismo	Ilość recenzji w roku 20XX											Razem
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Adsorption Science & Technology							1	1				2
Applied Sciences					1		4		1	2		8
Arabian Journal of Chemistry										1		1
Archives of Environmental Protection				1		1		1		1		4
Biomolecules										1		1
Catalysts				1	2	3	1	3	2			12
Catalysis Letters									1			1
Chemical Engineering Journal	1	1		1		2		3	1	1		10
Chemical Papers	1											1
Chemosphere						1		1	3			5
Coatings										1		1
Desalination and Water Treatment		2	2	5	6	8	7	8	4	1		43
Discover Water									1			1
Energies						1						1
Energy Reports							1					1
Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects								1				1
Environmental Pollution									1			1
Environmental Science and Pollution Research	1	2	7	2	3	2	2	4	6	5		34
Environmental Technology		1				1	1			1		4
Environmental Research					1							1
Environments									1	4		5
Fermentation								2				2
Fresenius Environmental Bulletin					1							1
Frontiers in Environmental Engineering										1		1



Green Chemistry Letters and Reviews									1		1
Hydrology								2			1
International Journal of Chemical Reactor Engineering		1								1	2
Inorganics								1		1	2
International Journal of Dairy Technology										1	1
International Journal of Environmental Research and Public Health					2	3	4	2	4		15
International Journal of Molecular Sciences									2		2
Irrigation and Drainage								1			1
Journal of Chemical Technology & Biotechnology			1								1
Journal of Chemistry							1				2
Journal of Chromatography A	1			1							2
Journal of Cleaner Production						3	13	15	3	2	36
Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substance & Environmental Engineering	1										1
Journal of Hazardous Materials					1		1				2
Journal of the Indian Chemical Society										1	1
Journal of Marine Science and Engineering										1	1
Journal of Science and Technology										1	1
Journal of Water Process Engineering					1			5	2		8
Marine Pollution Bulletin								1		1	2
Materials					1	1	2		2	1	7
Materials Today Communications									1		1
Membranes						1					1
Microorganisms									1		1
Minerals								1			1
Molecules					1		3		2	1	7
Nanomaterials										1	1
Petroleum Science and Technology								1			1
Polish Journal of Environmental Studies		2	2	1	4	3	4	1	3	2	22
Polymers									4		4
Processes					1		2	3	1	1	8
RSC Advances			1								1
Science of the Total Environment						1	2		5		8
Separation and Purification Technology										1	1
Separation Science and Technology				1							1
Separations							1	1	2		4
Sustainability					2	2	4	4	1	1	14
Toxics									1	3	4
Vietnam Journal of Chemistry							1				1
Water			1	11	6	3	3	4	3	4	35
Water Environment Research							1				1
Water Science and Technology				5	8	4	1				18
Suma	5	9	14	29	41	40	61	65	59	42	366

Byłem edytorem dwóch wydań specjalnych czasopism międzynarodowych:

- Oxygen (SI: Water and Wastewater Treatment by Dissolved Ozone Flotation), 2022, [https://www.mdpi.com/journal/oxygen/special\\_issues/Water\\_Wastewater\\_Ozone\\_Flotation](https://www.mdpi.com/journal/oxygen/special_issues/Water_Wastewater_Ozone_Flotation)

- Catalysts (SI: Catalytical Processes in Presence of 2D Nanomaterials), 2022, wraz z prof. dr hab. inż. A. Jastrzębską i dr hab. inż. P. Marcinowskim, [https://www.mdpi.com/journal/catalysts/special\\_issues/2D\\_cataly\\_material](https://www.mdpi.com/journal/catalysts/special_issues/2D_cataly_material)

Jestem od 2019 roku członkiem kolegium redakcyjnego czasopisma Polish Journal of Environmental Studies, ISSN 1230-1485, e-ISSN 2083-5906, <https://www.pjoes.com/Editorial-Board,818.html>

### **III. Współpraca w ramach grantów:**

W ramach współpracy z prof. dr hab. inż. Jarosławem Zawadzkiem, w ramach projektu 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, prowadzono analizy mające na celu określenie optymalnego markera magnetycznego umożliwiającego zdalne wykrycie proppantu kompozytowego stosowanego podczas szczelinowania hydraulicznego. W ramach grantu, współpracowaliśmy z zespołem dr hab. inż. Cecylii Dziubak, prof. ICIMB (Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych), który zajmował się wytworzeniem proppantów magnetycznych zawierających wskazane przez nas materiały do zastosowania jako marker magnetyczny. Koordynowaliśmy badania potwierdzające właściwości magnetyczne wytworzonych proppantów i markerów magnetycznych realizowane przez dr Tomasza Wernera (Instytut Geofizyki, Polska Akademia Nauk). Rezultaty tych badań zostały opublikowane w publikacji **IV.6.** Dziubak C., Taźbierski P., Zawadzki J., Bogacki J., Wstępne wyniki wytwarzania proppantów o właściwościach magnetycznych, Szkło i ceramika, 2016, 6, 6-10.

Rozpocząłem współpracę z grupą badawczą kierowaną przez prof. dr hab. inż. Agnieszką Jastrzębską (początkowo Wydział Inżynierii Materiałowej, obecnie Wydział Mechatroniki Politechniki Warszawskiej), dotyczącą możliwości stosowania nowoczesnych dwuwymiarowych nanokatalizatorów MXene do oczyszczania ścieków przemysłowych i usuwania z nich mikrozanieczyszczeń. W ramach współpracy z Rajiv Kumar (University of Delhi, New Delhi, Indie; NIET, National Institute of Medical Science, New Delhi, Indie) opublikowaliśmy publikację dotyczącą możliwości stosowania MXene do usuwania zanieczyszczeń ze środowiska **III.8.** Bury D., Jakubczak M., Kumar R., Ścieżyńska D., Bogacki J., Marcinowski P., Jastrzębska A.M., Cleaning the environment with MXenes, MRS Bulletin 2023, 271–282, (48). <https://doi.org/10.1557/s43577-023-00507-6>.

W grancie NCBiR *Multifunkcjonalne fotokatalityczne prefabrykaty nawierzchniowe z betonu porowatego poprawiające warunki wodne i jakość powietrza*, kierowanym przez dr inż. Wioletę Jackiewicz-Rek (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska) odpowiedzialny byłem za wykonywanie analiz fizykochemicznych parametrów oznaczanych w spływach powierzchniowych. W ramach projektu przygotowywano symulowane wody deszczowe i spływy powierzchniowe i poddawano je oczyszczaniu podczas przepływu przez betony porowate o różnych składach i strukturach. Prace były kontynuowane w grantach wspierających prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport: *Określenie możliwych kierunków modyfikacji materiałowej betonu wodoprzepuszczalnego w celu poprawy jakości odprowadzanej wody oraz opracowanie koncepcji technologii pozwalających na jej ponowne wykorzystanie*, kierownik dr inż. Karol Chilmon i *Ocena wpływu charakterystyki struktury sieci porowej kompozytów cementowych w strefie przypowierzchniowej na efektywność fotokatalityczną i skuteczność w immobilizacji zanieczyszczeń nieorganicznych ze spływów powierzchniowych*, kierownik: dr inż. Maciej Kalinowski. Dr inż. Karol Chilmon i dr inż. Maciej Kalinowski (Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska), odpowiedzialni byli za przygotowanie betonów porowatych. Pierwsze wyniki badań zostały opublikowane (II.9 Kalinowski M., Chilmon K., Bogacki J., Woyciechowski P., 2024, Organic and Inorganic Modifications to Increase the Efficiency in Immobilization of Heavy Metal (Zn) in Cementitious Composites—The Impact of Cement Matrix Pore Network Characteristics, *Materials*, 17(21), 5281, <https://doi.org/10.3390/ma17215281>), pozostałe wyniki będą stanowiły podstawę do dalszych publikacji.

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.**

### **6.1. Osiągnięcia dydaktyczne**

Ważnym elementem mojej pracy zawodowej jest działalność dydaktyczna. W ramach tej działalności od 2009 r. prowadziłem i prowadzę wykłady, ćwiczenia audytoryjne i zajęcia laboratoryjne na 3 kierunkach studiów I i II stopnia oraz studiach podyplomowych realizowanych na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej Politechniki Warszawskiej, stacjonarnych i niestacjonarnych, polskojęzycznych i anglojęzycznych: *Ochrona Środowiska* (studia I i II stopnia), *Inżynieria Środowiska* (studia I i II stopnia oraz II stopnia niestacjonarne), *Environmental Engineering*

(studia I stopnia w języku angielskim) oraz *Environment Protection Engineering* (studia II stopnia w języku angielskim) oraz na *Uzdatnianie wody, oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów* (studia podyplomowe). Prowadzę dodatkowo zajęcia anglojęzyczne z przedmiotu Chemisty, realizowanego w ramach *Foundation Year*, programu przygotowawczego dla studentów zagranicznych planujących studiować w Politechnice Warszawskiej.

Główny obszar realizowanej tematyki zajęć dotyczy zagadnień związanych z chemią środowiska, zastosowaniem metod chemicznego i fizykochemicznego oczyszczania ścieków oraz chemią ogólną. Prowadziłem zajęcia dydaktyczne łącznie z 15 następujących przedmiotów:

Studia I stopnia, stacjonarne:

- Kierunek: Ochrona Środowiska
  - Chemia – zajęcia laboratoryjne
  - Chemia Środowiska – zajęcia laboratoryjne
- Kierunek: Inżynieria Środowiska
  - Chemia – ćwiczenia audytoryjne i zajęcia laboratoryjne
  - Podstawy informatyki – zajęcia komputerowe
- Kierunek: Environmental Engineering
  - Chemisty – wykłady i zajęcia laboratoryjne
  - Environmental Chemistry – wykłady i zajęcia laboratoryjne

Studia II stopnia, stacjonarne:

- Kierunek: Ochrona Środowiska
  - Chemia środowiska – zajęcia laboratoryjne
- Kierunek: Inżynieria Środowiska
  - Elementy Termodynamiki i Chemii Środowiska – zajęcia laboratoryjne
  - Procesy Chemiczne w Oczyszczaniu Ścieków – zajęcia laboratoryjne
- Kierunek: Environment Protection Engineering
  - Environmental Chemistry II – wykłady i zajęcia laboratoryjne
  - Advanced Chemical Wastewater Treatment Methods – wykład i zajęcia laboratoryjne

- Elements of Circular Economy in Environmental Engineering – wykład i zajęcia projektowe

Studia II stopnia, niestacjonarne:

- Kierunek: Inżynieria Komunalna
  - Chemia środowiska – wykłady i zajęcia laboratoryjne

Studia podyplomowe Uzdatnianie wody, oczyszczanie ścieków i unieszkodliwianie odpadów:

- Wybrane zagadnienia z chemii wody – wykłady i zajęcia laboratoryjne

Program przygotowawczy Foundation Year:

- Chemistry – wykłady

Jestem autorem lub współautorem materiałów dydaktycznych zarówno w języku polskim, jak i angielskim, do wszystkich powyższych przedmiotów, w tym jestem bezpośrednio odpowiedzialny za merytoryczny i formalny kształt (sylabusy, preskrypty, karty przedmiotów, koordynację działań nauczycieli akademickich i personelu technicznego) 5 przedmiotów: *Chemistry* (zarówno dla studentów Environmental Engineering jak i Foundation Year), *Environmental Chemistry II*, *Advanced Chemical Wastewater Treatment Methods*, *Wybrane zagadnienia z chemii wody*.

Dodatkowo, uczestniczyłem w uruchamianiu przedmiotu (byłem współautorem instrukcji do ćwiczeń i skryptu) *Environmental Chemistry* w 2009 roku. Przejściowo, w latach 2017 – 2019 objąłem również kierownictwo i opracowałem karty zmodyfikowanego przedmiotu: *Chemia Środowiska* (dla studentów studiów zaocznych Inżynieria Komunalna).

Treści kształcenia wszystkich przedmiotów są na bieżąco aktualizowane i dostosowywane do zmieniających się potrzeb i stanu wiedzy, pozwalając studentom na zrozumienie podstaw chemii, przemian związków chemicznych i procesów fizycznych zachodzących w środowisku oraz możliwości stosowania metod chemicznego oczyszczania ścieków.

Od początku pracy w Politechnice Warszawskiej systematycznie podnoszę kompetencje zawodowe z zakresu dydaktyki wprowadzając nowo poznane metody i techniki kształcenia do codziennej praktyki, a także dzieląc się wiedzą i umiejętnościami ze współpracownikami. Uczestniczyłem w następujących kursach organizowanych przez jednostki PW

- seminarium pedagogiczne dla doktorantów i asystentów Politechniki Warszawskiej

- kurs pt. „Zarządzanie projektami”
- kurs pt. “Zarządzanie zasobami ludzkimi”

Podczas trwania pandemii Covid-19 wprowadziłem nowe formy zajęć laboratoryjnych w postaci filmów nagrywanych w laboratorium, montowanych i udostępnianych studentom (rok akademicki 2019/2020 i 2020/2021).

Moja działalność dydaktyczna jest wysoko oceniana przez studentów – średnia z wyników anonimowych ankiet studenckich przeprowadzonych w ostatnich latach dla większości prowadzonych przez mnie przedmiotów wynosi 5 (skala 2 – 5).

W latach 2017-2024 byłem promotorem 29 prac dyplomowych – 7 prac inżynierskich (w tym 5 prac na kierunku anglojęzycznym *Environmental Engineering*) oraz 22 prac magisterskich (w tym 19 prac na kierunku anglojęzycznym *Environmental Protection Engineering*). Spośród promowanych przeze mnie prac dyplomowych istotną część stanowiły prace typowo badawcze, których wyniki zostały opublikowane jako współautorskie artykuły naukowe. Średnia ocena recenzentów z wypromowanych przeze mnie prac dyplomowych wynosi 4,96. W latach 2016-2024 pełniłem również rolę recenzenta 9 prac dyplomowych.

Pełnię funkcję promotora pomocniczego w trwającym przewodzie doktorskim mgr inż. Dominiki Bury – *Zastosowanie nanostruktur 2D faz MXene w katalitycznym oczyszczaniu ścieków*. (promotor: prof. dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska).

W ramach IV edycji "Konkursu na Granty Dydaktyczne PW" programu IDUB uzyskałem w listopadzie 2024r. finansowanie na realizację projektu pt. "Wdrożenie nowoczesnych metod dydaktycznych na WIBHIIS: Hybrydowe zajęcia z analizy instrumentalnej, współpraca międzywydziałowa i umiędzynarodowienie". Czas realizacji projektu obejmuje lata 2024-2025, przy budżecie 97900,00PLN.

08.07.2024 zostałem nagrodzony Medalem Komisji Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania (nr legitymacji 187503).

## **6.2. Osiągnięcia organizacyjne**

W latach 2016-2020 byłem członkiem Komisji Dyscyplinarnej ds. Studentów i Doktorantów (w 2020r. zmiana nazwy na Komisję Dyscyplinarną ds. Studentów).

Od 2020r. jestem członkiem Rady Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska.

W latach 2020 – 2023 byłem członkiem Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Od 2020r. jestem odpowiedzialny za realizację praktyk studenckich dla studentów studiów anglojęzycznych na kierunkach Environmental Engineering (*Internship* i *Professional Internship*) i Environmental Protection Engineering (*Internship*).

Od 2021r. jestem Sekretarzem Komisji Oceny Śródkresowej Szkoły Doktorskiej nr 4 Politechniki Warszawskiej, (od 2023r. zmiana nazwy na Komisję Oceny Śródkresowej Szkoły Doktorskiej Politechniki Warszawskiej), odpowiedzialnej za realizację Oceny Śródkresowej doktorantów Politechniki Warszawskiej.

Od 2022r. jestem członkiem Komisji ds. zmian na kierunku Ochrona Środowiska. Efektem prac komisji jest wdrożony od roku akademickiego 2023/24 nowy program studiów na kierunku *Ochrona Środowiska*.

Od 2024r. jestem członkiem wydziałowej komisji kształcenia WIBHiŚ.

Od 2024r jestem Pełnomocnikiem Dziekana ds. kierunku studiów Inżynieria Środowiska.

Uczestniczyłem w urządzaniu laboratorium fotochemii, chromatografii gazowej, atomowej absorpcji, stanowisk badawczych oznaczania Ogólnego Węgla Organicznego, prowadzenia procesów oczyszczania ścieków w tym procesów pogłębianego utleniania i ozonowania.

Wraz z dr hab. inż. Piotrem Marcinowskim uczestniczyłem w pozyskaniu na rzecz Wydziału analizatora Ogólnego Węgla Organicznego (TOC-L a autosamplerem OCT-L8-port, Shimadzu), Chromatografu Gazowego (GC 7890A, Agilent) sprzężonego ze Spektrometrem Mas (MS TruTOF Leco), analizatora wielkości cząstek (Mastersizer 2000 with Hydro 2000MU, Malvern) i wdrożeniu tych urządzeń do badań naukowych i realizacji procesu dydaktycznego.

Wraz z dr hab. inż. Piotrem Marcinowskim i mgr inż. Dominiką Ścieżyńską uczestniczyłem w pozyskaniu na rzecz Wydziału licznych drobnych urządzeń laboratoryjnych, w tym spektrofotometrów, pH-metrów, konduktometru, wiskozymetru, pieca, mikroskopów optycznych, bomby kalorymetrycznej (w porozumieniu z prof. dr hab. inż. Arturem Badydą), szkła laboratoryjnego, odczynników chemicznych, gazów zasilających analizator Ogólnego Węgla Organicznego i ozonator.

Wraz z dr hab. inż. Piotrem Marcinowskim i mgr inż. Dominiką Ścieżyńską uczestniczyłem w pozyskaniu na rzecz Wydziału licznych mebli i wyposażenia administracyjnego, w tym biurek, stołów, krzeseł, szaf, wieszaków, itp.

Wraz z prof. dr hab. Małgorzatą Wojtkowską uczestniczyłem w rozruchu spektrometru absorbcji atomowej (FAAS PinAAcle 900F, Perkin Elmer) i mineralizatora próbek (Titan MPS,

Perkin Elmer) i wdrożeniu tych urządzeń do badań naukowych i realizacji procesu dydaktycznego.

Za osiągnięcia organizacyjne zostałem uhonorowany Nagrodą JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Organizacyjną, zespołowa – I stopnia, Warszawa 2023.

### 6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę

Moje działania popularyzujące naukę miały na celu podnoszenie świadomości w zakresie wpływu substancji toksycznych na środowisko oraz w zakresie chemii środowiska. Organizowałem wykłady dla licealistów oraz pokazowe zajęcia laboratoryjne dla uczniów liceów i techników w laboratoriach Zakładu Informatyki i Badań Jakości Środowiska WIBHIŚ PW.

## 7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej

### 7.1. Finansowanie uzyskane na badania

Podsumowanie finansowania uzyskanego na badania przedstawiłem w poniższej tabeli (Tab. 7.1.)

**Tabela 7.1.** Zestawienie finansowania uzyskanego na badania.

L.p.	Tytuł grantu, źródło finansowania, numer umowy i czas realizacji	Kwota finansowania (PLN)
1	Cleaning the environment with MXenes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, porozumienie nr 39 z 12 grudnia 2023, grudzień 2023 – marzec 2024	5000,00
2	Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amarant Dyes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, porozumienie nr 38 z 12 grudnia 2023, grudzień 2023 – marzec 2024	7000,00



3	Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, porozumienie nr 37 z 12 grudnia 2023, grudzień 2023 – marzec 2024	6000,00
4	Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, porozumienie nr 41 z 12 grudnia 2023, grudzień 2023 – marzec 2024	6000,00
5	Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, porozumienie nr 40 z 12 grudnia 2023, grudzień 2023 – marzec 2024,	5000,00
6	Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, luty – kwiecień 2021, porozumienie nr 4/I/2021	6000,00
7	Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, luty – kwiecień 2021, porozumienie nr 5/I/2021	4200,00
8	Zastosowanie katalizy heterogenicznej do oczyszczania ścieków przemysłowych, grant dziekański habilitacyjny, czerwiec - grudzień 2017	15000,00

Sumaryczna kwota uzyskanego finansowania wynosi 54 200,00 PLN.

## 7.2. Zestawienie liczbowe dorobku naukowego

Podsumowanie dorobku naukowego przedstawiłem w poniższych tabelach.

**Tabela 7.2.** Zestawienie dorobku naukowego.

L.p.	Rodzaj aktywności	Liczba
1	Publikacje w czasopismach ujętych w Journal Citation Reports	30
2	Publikacje artykułów w formie materiałów pokonferencyjnych indeksowanych w Web of Science	1
3	Monografie naukowe	1
4	Skrypty w języku angielskim	2
5	Rozdziały w monografiach naukowych	0
6	Wystąpienia na konferencjach międzynarodowych	3
7	Wystąpienia na ogólnopolskich konferencjach cyklicznych	9
8	Recenzje wydawnicze artykułów naukowych	366
9	Opracowania na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców	7
10	Udział w krajowych projektach uzyskanych w drodze konkursu	3
11	Udział w międzynarodowych projektach uzyskanych w drodze konkursu	0
12	Kierowanie projektami naukowymi uzyskanymi w drodze konkursu wewnątrz PW	8
13	Udział w projektach naukowych uzyskanych w drodze konkursu wewnątrz PW	4

**Tabela 7.3.** Wskaźniki naukometryczne (stan na 05.02.2025) opracowane przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej na podstawie opcji rozszerzonego wyszukiwania w bazach Web of Science (Researchers i Cited Reference Search) oraz Scopus (Basic Search i Secondary Documents) zostały przedstawione w Załączniku nr 8.

L.p.	Rodzaj aktywności	Web of Science	Scopus	Google Scholar
1	Liczba publikacji w bazie	30	31	88
2	Sumaryczna liczba cytowań	387	396	571
3	Liczba cytowań bez autocytowań	318	328	462

4	Indeks Hirscha	11	12	15
---	----------------	----	----	----

## 7.2. Nagrody i wyróżnienia

W trakcie pełnienia obowiązków służbowych otrzymałem liczne nagrody a także inne wyróżnienia (potwierdzenia znajdują się w Załączniku nr 7).

### **Nagrody Rektora Politechniki Warszawskiej:**

W latach 2014-2024 otrzymałam łącznie 4 nagród Rektora Politechniki Warszawskiej:

1. Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Organizacyjną, zespołowa – I stopnia, Warszawa 2023.
2. Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w latach 2018 - 2019, zespołowa – II stopnia, Warszawa 2020.
3. Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w 2017 roku, zespołowa – III stopnia, Warszawa 2018.
4. Nagroda JM Rektora Politechniki Warszawskiej za Działalność Naukową w 2013 roku, indywidualna – III stopnia, Warszawa 2014.

### **Inne nagrody:**

1. Medal Komisji Edukacji Narodowej za szczególne zasługi dla oświaty i wychowania, Warszawa, 2024
2. Nagroda Best Paper na najlepsze artykuły naukowe opublikowane w danym roku przez autorów z afiliacją Politechniki Warszawskiej I edycja, Warszawa 2020
3. Nagroda za najlepszą prezentację w sesji na 9th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology", Warszawa 2014

### **Współpraca naukowa:**

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ekspert przy ocenie wniosków o grant, umowa ramowa o współpracy nr 514/2024 z dnia 29.10.2024. Do tej pory, nie uczestniczyłem jeszcze w ocenie merytorycznej żadnego wniosku.

.....  
(podpis wnioskodawcy)

**Załącznik nr 4** do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego



**Politechnika Warszawska**

**Wydział Instalacji Budowlanych,  
Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska**

**Wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących  
znaczny wkład w rozwój dyscypliny  
inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**

**dr Jan Paweł Bogacki**

Warszawa, 17.02.2025

## Spis treści

<b>I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY</b> .....	4
<b>II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ</b> .....	8
1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych .....	8
2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych .....	8
3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii .....	8
4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (niewymienionych w pkt I).....	8
5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych .....	13
6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych.....	13
7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych ....	13
8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.....	17
9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.....	17
10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach .....	18
11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru .....	18
12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach .....	18
13. Wykaz recenzowanych prac naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.....	19
14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.....	21
15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9 .....	21
16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny .....	25
Współpraca naukowa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, umowa ramowa o współpracy jako ekspert oceniający wnioski o finansowanie nr 514/2024 z dnia 29.10.2024. ....	25
<b>III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM</b> .....	26
1. Wykaz dorobku technologicznego .....	26
2. Współpraca z sektorem gospodarczym.....	26

---

3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych.....	26
4. Wykaz wdrożonych technologii.....	26
5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców .....	26
6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych.....	26
7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi .....	27
IV. DANE NAUKOMETRYCZNE .....	28
1. Impact Factor .....	28
2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań ....	28
3. Indeks Hirscha .....	28

## I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

### Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 15 powiązanych tematycznie artykułów naukowych i książka pod wspólnym tytułem:

#### *Zastosowanie katalizatorów heterogenicznych na bazie żelaza do oczyszczania ścieków przemysłowych.*

☒ autor korespondencyjny

Indywidualny wkład w powstanie publikacji został opisany w Załączniku nr 3 (Autoreferat), oświadczenia współautorów stanowią Załącznik nr 6.

**I.1. Bogacki J.**<sup>☒</sup>, Al-Hazmi H., 2017. Automotive fleet repair facility wastewater treatment using air/ZVI and air/ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes, *Archives of Environmental Protection*, 43, (3), 24-31, DOI:10.1515/aep-2017-0024.

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.120; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą)<sup>1</sup> = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 14**

---

**I.2. Bogacki J.**<sup>☒</sup>, Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., 2017. Cosmetic wastewater treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Environmental Technology*, 38 (20), 2589-2600, DOI:10.1080/09593330.2016.1271020.

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.666; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 25; Liczba cytowań (wg WoS) = 18**

---

**I.3. Bogacki J.**<sup>☒</sup>, Marcinowski P., Zawadzki J., Majewski M., Sivakumar S., 2017. Oczyszczanie ścieków z instalacji odsiarczania spalin z wykorzystaniem procesu Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Przemysł Chemiczny*, 96 (12), 2486 – 2490, DOI:10.15199/62.2017.12.17.

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.399; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

**I.4. Maksymiec J., Marcinowski P.**<sup>☒</sup>, **Bogacki J.**, Zapałowska E., Dzieńko K., 2017, Wstępne wyniki zastosowania magnetytu w oczyszczaniu ścieków z przemysłu kosmetycznego, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (8), 336-339, <https://doi.org/10.15199/17.2017.8.4>.

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

---

<sup>1</sup> „przed reformą” oznacza punktację osiągnięcia zgodnie z zasadami obowiązującymi do 2018 r., natomiast „po reformie” oznacza punktację osiągnięcia zgodnie z zasadami określonymi w aktach wykonawczych do ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (DZ. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.).

**I.5.** Marcinowski P., Zapałowska E., Maksymiec J., Naumczyk J., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2018. Hydraulic fracturing flow back fluid treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Desalination and Water Treatment*, 129, 177-184, DOI:10.5004/dwt.2018.23086.

---

**IF<sub>2018</sub> = 1.383; Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (przed reformą) = 20; Liczba cytowań (wg WoS) = 6**

---

**I.6.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Majewski M., Zawadzki J., Sivakumar S., 2018. Alternative approach to current EU BAT recommendation for coal fired power plant flue gas desulfurization wastewater treatment, *Processes*, 6 (11), 1-11, DOI:10.3390/pr6110229.

---

**IF<sub>2018</sub> = 1.963; Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 28**

---

**I.7.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., El-Khozondar B., 2019. Treatment of landfill leachates with combined acidification/coagulation and the Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process, *Water*, 11, 194, DOI:10.3390/w11020194.

---

**IF<sub>2019</sub> = 2.544; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**I.8.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Zawadzki J., 2019. Multipurpose usage of magnetic proppants during shale gas exploitation, *Ecological Chemistry and Engineering S*, 26 (1), 37-44, DOI:10.1515/eces-2019-0017.

---

**IF<sub>2019</sub> = 1.488; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 5**

---

**I.9.** Muszyński A., Marcinowski P., Maksymiec J., Beskowska K., Kalwarczyk E., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2019. Cosmetic wastewater treatment with combined light/Fe<sup>0</sup>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process coupled with activated sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 378, article ID 120732, DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.06.009.

---

**IF<sub>2019</sub> = 9.038; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 18**

---

**I.10** Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P, **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, 2020. Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Processes*, 8 (11), 1343, DOI:10.3390/pr8111343.

---

**IF<sub>2020</sub> = 2.847; Pkt. MNiSW<sub>2020</sub> (po reformie) = 70; Liczba cytowań (wg WoS) = 15**

---

**I.11** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Bury D., Krupa M., Ścieżyńska D., Prabhu P., 2021. Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes



---

Application for Cosmetic Wastewater Treatment, *Catalysts*, 11 (1), 9. DOI:10.3390/catal11010009.

---

**IF<sub>2021</sub> = 4.501; Pkt. MNiSW<sub>2021</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 8**

---

**I.12.** Ścieżyńska D., Bury D., Marcinowski P., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jakubczak M., Jastrzębska A., **2022.** Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes. *Catalysts*, 12, 358. DOI:10.3390/catal12040358, IF 4,146.

---

**IF<sub>2022</sub> = 3.9; Pkt. MNiSW<sub>2022</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 12**

---

**I.13** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., **2023.** Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amaranth Dyes, *Materials*, 16(4), 1523; DOI:10.3390/ma16041523.

---

**IF<sub>2023</sub> = 3.1; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**I.14** Ścieżyńska D., Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Jastrzębska A., Marcinowski P., **2023.** Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI:10.1007/s11356-023-27124-9.

---

**IF<sub>2023</sub> = N/A; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 1**

---

*Czasopismo znajduje się na liście czasopism z IF, w 2023 IF nie został opublikowany. IF<sub>2022</sub> wynosił 5.8 manuskrypt został wysłany do recenzji 5.12.2022.*

---

**I.15.** Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.<sup>✉</sup>, **2023.** Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination, *Diamond & Related Materials*, 136, 109966, DOI:10.1016/j.diamond.2023.109966.

---

**IF<sub>2023</sub> = 4.3; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**I.16** Bury D.<sup>✉</sup>, Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A., **2023,** Wastewater Treatment with the Fenton Process Principles and Applications, *CRC Press*, ISBN 9781003364085.

---

**IF<sub>2023</sub> = N/A; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 200; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b Ustawy**

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 3 powiązanych tematycznie artykułów naukowych i książka pod wspólnym tytułem:

***Mobilność metali ciężkich w osadach dennych przemysłowych***

**II.1.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Witeska A., **2016**, Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments, *Science of the Total Environment*, 2016, 551–552, 387–392, DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.01.073

---

**IF<sub>2016</sub> = 4.9; Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 40; Liczba cytowań (wg WoS) = 51**

---

**II.2.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2022**, Assessment of Trace Metals Contamination, Species Distribution and Mobility in River Sediments Using EDTA Extraction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(12):6978. DOI:10.3390/ijerph19126978

---

**IF<sub>2022</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2022</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 7**

---

**II.3.** Wojtkowska M., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2023**, Effect of natural sorbents on the stabilization of trace metals in bottom sediments, *Desalination and Water Treatment*, 311, 92-99, <https://doi.org/10.5004/dwt.2023.30055>

---

**IF<sub>2022</sub> = 1.0; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ****1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych**

Brak

**2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych**

Brak

**3. Wykaz członkostwa w redakcjach naukowych monografii**

Brak

**4. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (niewymienionych w pkt I)****Po uzyskaniu stopnia doktora, publikacje indeksowane w bazie Web of Science**

**III.1.** Marcinowski P., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., **2014**, Cosmetic wastewater treatment using the Fenton, Photo-Fenton and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV processes, Journal of Environmental Science and Health, Part A, 49 (13), 1531-1541, DOI:10.1080/10934529.2014.938530

---

**IF<sub>2014</sub> = 1.164; Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 20; Liczba cytowań (wg WoS) = 24**

---

**III.2.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Marcinowski P., Kowalik P., Cosmetic wastewater treatment by coagulation and advanced oxidation processes, Environmental Technology, **2014**, 35 (5), 541-548, DOI:10.1080/09593330.2013.808245

---

**IF<sub>2014</sub> = 1.56; Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 25; Liczba cytowań (wg WoS) = 49**

---

**III.3.** Zawadzki J., **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, **2016**, Smart magnetic markers use in hydraulic fracturing, Chemosphere, 162, 23-30, DOI:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.07.058

---

**IF<sub>2016</sub> = 4.208; Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 35; Liczba cytowań (wg WoS) = 17**

---

**III.4.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., Wiliński P., **2017**, Cosmetic wastewater treatment using dissolved air flotation, Archives of Environmental Protection, 2017, 43 (2), 65-73, DOI:10.1515/aep-2017-0018

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.12; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 10**

---

**III.5** Wiliński P.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., **Bogacki J., 2017**, Pretreatment of cosmetic wastewater by dissolved ozone flotation (DOF), *Desalination and Water Treatment*, 71, 95-106, DOI:10.5004/dwt.2017.20552

---

**IF<sub>2017</sub> = 1.383; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 11**

---

**III.6.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., **Bogacki J., 2017**, Highly polluted cosmetic wastewater treatment, *Environment Protection Engineering*, 44 (2), 25 – 40, DOI:10.5277/epe170203

---

**IF<sub>2017</sub> = 0.486; Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 5**

---

**III.7.** Marcinowski P., **Bogacki J.**, Majewski M.<sup>✉</sup>, Zawadzki J., Sivakumar S., **2019**, Application of aluminum-based coagulants for improving efficiency of flue gas desulfurization wastewater treatment in coal – fired power plant, *E3S conferences*, 108, 02006, *Energy and Fuels* 2018, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910802006>

---

**IF<sub>2019</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2019</sub> (po reformie) = 5; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**III.8.** Bury D., Jakubczak M., Kumar R., Ścieżyńska D., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.M.<sup>✉</sup>, **2023**, Cleaning the environment with MXenes, *MRS Bulletin*, 271–282, (48). DOI:10.1557/s43577-023-00507-6

---

**IF<sub>2022</sub> = 4.1; Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 100; Liczba cytowań (wg WoS) = 13**

---

**III.9.** Kalinowski M., Chilmon K., **Bogacki J.<sup>✉</sup>**, Woyciechowski P., **2024**, Organic and Inorganic Modifications to Increase the Efficiency in Immobilization of Heavy Metal (Zn) in Cementitious Composites—The Impact of Cement Matrix Pore Network Characteristics, *Materials*, 17(21), 5281, <https://doi.org/10.3390/ma17215281>

---

**IF<sub>2023</sub> = 3.1; Pkt. MNiSW<sub>2024</sub> (po reformie) = 140; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

**Po uzyskaniu stopnia doktora, publikacje nie indeksowane w bazie Web of Science**

**IV.1.** Marcinowski P., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2014**, Oczyszczanie ścieków kosmetycznych z wykorzystaniem procesów koagulacji i Fentona, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 10, 386 – 389

---

**Pkt. MNiSW<sub>2014</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.2.** Smogarzewski M., Marcinowski P., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2015**, Zastosowanie procesów koagulacji i flotacji ciśnieniowej do oczyszczania ścieków z produkcji kosmetyków, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury / Journal Of Civil Engineering, Environment and Architecture, 1 (62), 369 – 381

---

**Pkt. MNiSW<sub>2015</sub> (przed reformą) = 9**

---

**IV.3.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Marcinowski P., Naumczyk J., **2015**, Cosmetic Wastewater Treatment Using Coagulation and Fenton Processes, Challenges of Modern Technology, 6(4), 36-42

---

**Pkt. MNiSW<sub>2015</sub> (przed reformą) = 8**

---

**IV.4.** Zawadzki J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2016**, On the possibility of magnetic nano-markers use for hydraulic fracturing in shale gas mining, Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU2016-6749-1

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 0**

---

**IV.5.** **Bogacki J.**, Marcinowski P., Wiliński P., Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2016**, Charakterystyka ścieków kosmetycznych, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 1(90), 29-34

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.6.** Dziubak C.<sup>✉</sup>, Taźbierski P., Zawadzki J., **Bogacki J.**, **2016**, Wstępne wyniki wytwarzania proppantów o właściwościach magnetycznych, Szkło i ceramika, 6, 6-10

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 7**

---

**IV.7.** Zawadzki J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2016**, Rozwój technologii magnetycznych w wydobywaniu gazu łupkowego, Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji. Górnictwo – perspektywy i zagrożenia, 1 (13), 25 - 37

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 6**

---

**IV.8.** **Bogacki J.**, Zawadzki J.<sup>✉</sup>, **2016**, The influence of ferrite particle size on the quality of the magnetic marker in shale gas hydraulic fracturing, Systemy Wspomaganie W Inżynierii Produkcji. Review Of Problems And Solutions, 2016, 3 (15), 25 – 33

---

**Pkt. MNiSW<sub>2016</sub> (przed reformą) = 6**

---

---

**IV.9. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Zawadzki J., **2017**, Magnetic markers use for monitoring of environmental pollution caused by fracturing fluids during shale gas exploitation, *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury / Journal Of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 64 (2), 59-70, <https://doi.org/10.7862/rb.2017.52>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 9**

---

**IV.10.** Kowalik P., Naumczyk J., **Bogacki J.**, Marcinowski P.<sup>✉</sup>, **2017**, Oczyszczanie ścieków przemysłowych zawierających formaldehyd z wykorzystaniem procesu Fentona, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (5), 234-237, <https://doi.org/10.15199/17.2017.5.5>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.11.** Marcinowski P.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2017**, Możliwości zwiększenia skuteczności oczyszczania ścieków przemysłowych na przykładzie technologii oczyszczania ścieków kosmetycznych, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 91 (10), 420-422, <https://doi.org/10.15199/17.2017.10.9>

---

**Pkt. MNiSW<sub>2017</sub> (przed reformą) = 11**

---

**IV.12.** Zawadzki J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2018**, Czy markery magnetyczne mogą być przydatne do przedekspluatacyjnego odmetanowania złóż węgla kamiennego – wybrane wnioski z badań nad łupkami gazonośnymi, *Systemy wspomagania w inżynierii produkcji*, 7, 1, 40 - 51

---

**Pkt. MNiSW<sub>2018</sub> (po reformie) = 6**

---

**IV.13.** Falaciński P., Szarek Ł., Wojtkowska M., **Bogacki J.**, Drużyński P., Dudzik M., **2023**, Zawiesiny twardniejące na bazie odpadów poprocesowych jako materiały uszczelniające obiekty hydrotechniczne, *Gospodarka Wodna*, 9, 2-6. DOI:10.15199/22.2023.9.1

---

**Pkt. MNiSW<sub>2023</sub> (po reformie) = 40**

---

#### **Publikacje opublikowane przed uzyskaniem stopnia doktora**

**V.1. Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., **2009**, Fyzykochemiczne metody ex – situ oczyszczania osadów dennych z metali ciężkich, *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 11, 36 – 42.

---

**IF<sub>2009</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2009</sub> (przed reformą) = 9; Liczba cytowań (wg WoS) = 2**

---

**V.2.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Kucharska M., Krzysztozek A., **Bogacki J.**, **2010**, Oczyszczanie ścieków powstających podczas powierzchniowej obróbki aluminium, *Prace Naukowe*

---

Politechniki Warszawskiej. Inżynieria Środowiska, Współczesne problemy inżynierii i ochrony środowiska, 2010, 58, 5 – 16.

---

**IF<sub>2010</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2010</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**V.3.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, Marcinowski P., **2011**, Oznaczanie policyklicznych pizm w próbkach środowiskowych, Laboratorium - Przegląd Ogólnopolski, 9-10, 76 – 78.

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 0**

---

**V.4.** Krzysztozek A., **Bogacki J.**, Naumczyk J.<sup>✉</sup>, **2011**, Badania nad usuwaniem metali ciężkich z odcieków ze składowisk odpadów w procesie Fentona oraz zastosowanie jego modyfikacji, Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 51, 36–42

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 5; Liczba cytowań (wg WoS) = 3**

---

**V.5.** **Bogacki J.**<sup>✉</sup>, Naumczyk J., Marcinowski P., Kucharska M., **2011**, Oczyszczanie ścieków kosmetycznych metodami fizykochemicznymi i chemicznymi, Chemik. Nauka – Technika – Rynek, 2 (65), 94 – 97.

---

**IF<sub>2011</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2011</sub> (przed reformą) = 0; Liczba cytowań (wg WoS) = 9**

---

**V.6.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2012**, Wykorzystanie analizy specjacyjnej w monitoringu metali ciężkich w osadach dennych na przykładzie rzeki Utraty, Ochrona środowiska, 34, 43 – 46.

---

**IF<sub>2012</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2012</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 7**

---

**V.7.** Wojtkowska M.<sup>✉</sup>, **Bogacki J.**, **2012**, Heavy metals in bottom sediments of „Korytów” reservoir / Metale ciężkie w osadach dennych zbiornika „Korytów”, Ecological Chemistry and Engineering A, 19(11), 1429 – 1436.

---

**IF<sub>2012</sub> = 0.0; Pkt. MNiSW<sub>2012</sub> (przed reformą) = 7; Liczba cytowań (wg WoS) = 1**

---

*Czasopismo znajduje się na liście czasopism z IF, w 2012r. IF nie został opublikowany. IF<sub>2011</sub> wynosił 1.633 manuskrypt został wysłany do recenzji w 2011r.*

**V.8.** Naumczyk J.<sup>✉</sup>, Marcinowski P., **Bogacki J.**, Wiliński P., **2013**, Oczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego za pomocą procesu koagulacji, Annual Set The Environment Protection 2013, 15, 875-891.

---

**IF<sub>2013</sub> = 0.806; Pkt. MNiSW<sub>2013</sub> (przed reformą) = 15; Liczba cytowań (wg WoS) = 10**

---

## 5. Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych

Wniosek do Urzędu Patentowego RP o udzielenie patentu na wynalazek: Hydrożelowe kulki alginianowe o właściwościach magnetycznych, sposób ich wytwarzania oraz ich zastosowanie do fotokatalitycznej degradacji związków organicznych WIPO ST 10/C PL449479. Data złożenia: 08.08.24r.

## 6. Wykaz publicznych realizacji dzieł artystycznych

Nie dotyczy

## 7. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych

### A. Wygłoszone referaty

#### Po uzyskaniu stopnia doktora

- Nazwa konferencji:* III Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Budownictwo Infrastruktura Górnictwo” (Krajowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 21 -22.11.2016, Kraków  
*Referat:* „Zastosowanie markerów magnetycznych do monitoringu zanieczyszczenia środowiska płynem szczelinującym podczas eksploatacji gazu łupkowego”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Zawadzki J.
- Nazwa konferencji:* Górnictwo – perspektywy i zagrożenia” (Krajowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 10 – 12.05.2016, Rybnik  
*Referat:* „Rozwój technologii magnetycznych w wydobywaniu gazu łupkowego”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Zawadzki J.
- Nazwa konferencji:* 3rd International Conference on Photocatalytic and Advanced Oxidation Technologies for the Treatment of Water, Air, Soil and Surfaces (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 1 – 4.09.2015, Gdańsk  
*Referat:* „Cosmetic wastewater treatment by Advanced oxidation processes”  
*Autorzy:* Naumczyk J., Marcinowski P., **Bogacki J.**, Wiliński P.



4. *Nazwa konferencji:* 3rd International Conference on Photocatalytic and Advanced Oxidation Technologies for the Treatment of Water, Air, Soil and Surfaces (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 1 – 4.09.2015, Gdańsk  
*Poster:* „Cosmetic Wastewater Treatment by ZVI/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Process”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Marcinowski P., Maksymiec J., Zapałowska E., Naumczyk J.
5. *Nazwa konferencji:* 3rd International Conference on Photocatalytic and Advanced Oxidation Technologies for the Treatment of Water, Air, Soil and Surfaces (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 1 – 4.09.2015, Gdańsk  
*Poster:* „Pre-Treatment of Cosmetic Wastewater by Dissolved Ozone Flotation”  
*Autorzy:* Wiliński P., Naumczyk J., Marcinowski P., **Bogacki J.**
6. *Nazwa konferencji:* 9th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology" (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 2018, Warszawa  
*Referat:* „Cosmetic wastewater treatment by coagulation and Fenton process”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Naumczyk J., Marcinowski P.
7. *Nazwa konferencji:* 9th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology" (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 2018, Warszawa  
*Poster:* „Assessment of the hazard posed by metal forms in water and sediments”  
*Autorzy:* Wojtkowska M., Witeska A., **Bogacki J.**

#### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

8. *Nazwa konferencji:* IWA 4th Eastern European Young and Senior Water Professionals Conference (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 4 – 6.10.2012, Petersburg, Rosja  
*Referat:* „Cosmetic Wastewater Treatment by Coagulation and Advanced Oxidation Processes”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Naumczyk J., Marcinowski P., Kowalik P.
9. *Nazwa konferencji:* Seminarium doktorantów „Gospodarowanie wodą w warunkach zrównoważonego rozwoju obszarów nieurbanizowanych” (Krajowe seminarium cykliczne)

*Data i miejsce konferencji:* 2011, Warszawa

*Referat:* „Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego”

*Autorzy:* **Bogacki J., Naumczyk J. Marcinowski P.**

**10.** *Nazwa konferencji:* Seminarium „Doktoranci' 2011 (seminarium cykliczne)

*Data i miejsce konferencji:* 2011, Warszawa

*Referat:* „Skuteczność podczyszczania ścieków kosmetycznych metodą koagulacji”

*Autorzy:* **Bogacki J.**

**11.** *Nazwa konferencji:* Seminarium doktorantów z okazji otwarcia centrum wodnego SGGW „Gospodarowanie wodą w warunkach zrównoważonego rozwoju obszarów niezurbanizowanych”

*Data i miejsce konferencji:* 2010, Warszawa

*Referat:* „Badania nad usuwaniem metali ciężkich z odcieków ze składowisk odpadów w procesie Fentona oraz zastosowanie jego modyfikacji”

*Autorzy:* **Bogacki J., Naumczyk J. Krzysztozek A.**

**12.** *Nazwa konferencji:* VI Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Techniczna „Postęp w inżynierii środowiska” (Krajowa konferencja cykliczna)

*Data i miejsce konferencji:* 2010, Polańczyk

*Poster:* „Podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego metodami chemicznymi”

*Autorzy:* **Marcinowski P., Kucharska M., Bogacki J., Naumczyk J., Wiliński P.**

**13.** *Nazwa konferencji:* IV International Conference “Young Scientists Towards Challenges of Modern Technology” (Międzynarodowa konferencja cykliczna)

*Data i miejsce konferencji:* 2009, Warszawa

*Poster:* „Speciation of nickel in bottom sediments of Utrata river”

*Autorzy:* **Bogacki J., Wojtkowska M.**

**14.** *Nazwa konferencji:* Seminarium „Doktoranci' 2009 (Seminarium cykliczne)

*Data i miejsce konferencji:* 2009, Warszawa

*Referat:* „Ługowanie związkami chelatującymi jako przykład fizykochemicznej metody ex - situ oczyszczania osadów dennych z metali ciężkich”

*Autorzy:* **Bogacki J.**

**15.** *Nazwa konferencji:* Seminarium „Doktoranci' 2008 (Seminarium cykliczne)

*Data i miejsce konferencji:* 2008, Warszawa

*Referat:* „Przegląd fizykochemicznych metod ex - situ oczyszczania osadów dennych z metali ciężkich”

*Autorzy:* **Bogacki J.**

**B. Współautorstwo wygłoszonego referatu/posteru****Po uzyskaniu stopnia doktora**

- 16.** *Nazwa konferencji:* 33rd International Conference on Diamond and Carbon Materials (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 10-14.09.2023, Majorka, Hiszpania  
*Poster:* „Novel composite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination in photo-Fenton process”  
*Autorzy:* Bury D., Jakubczak M., **Bogacki J.**, Marcinowski P., Jastrzębska A.
- 17.** *Nazwa konferencji:* Energy and Fuels 2018 (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 19-21.09.2018, Kraków  
*Referat:* „ Application of aluminum-based coagulants for improving efficiency of flue gas desulfurization wastewater treatment in coal – fired power plant”  
*Autorzy:* Marcinowski P., **Bogacki J.**, Majewski M., Zawadzki J., Sivakumar S.
- 18.** *Nazwa konferencji:* XIII Konferencja naukowa „Systemy wspomaganie w inżynierii produkcji” (Krajowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 7-10. 09. 2016, Wisła  
*Referat:* „ The influence of ferrite particle size on the quality of the magnetic marker in shale gas hydraulic fracturing”  
*Autorzy:* **Bogacki J.**, Zawadzki J.
- 19.** *Nazwa konferencji:* European Geosciences Union General Assembly 2016 (EGU 2016) (Międzynarodowa konferencja cykliczna)  
*Data i miejsce konferencji:* 17–22.04.2016, Wiedeń, Austria  
*Poster:* „ On the possibility of magnetic nanomarkers use for hydraulic fracturing in shale gas mining”  
*Autorzy:* Zawadzki J., **Bogacki J.**
- 20.** *Nazwa konferencji:* Ścieki przemysłowe. Wyzwania technologiczne i ekonomiczne (Konferencja krajowa)  
*Data i miejsce konferencji:* 19-20.11.2015, Sopot  
*Referat:* „Oczyszczanie ścieków kosmetycznych w procesach fizykochemicznych i utleniania”  
*Autorzy:* Marcinowski P., Naumczyk J., **Bogacki J.**, Wiliński P.

**Przed uzyskaniem stopnia doktora**

- 21.** *Nazwa konferencji:* XI Ogólnopolska Konferencja „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska (Krajowa konferencja cykliczna)

*Data i miejsce konferencji:* 23-26.05.2013 Darłówek

*Referat:* „Oczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego za pomocą procesu koagulacji”

*Autorzy:* Naumczyk J., Marcinowski P., **Bogacki J.**, Wiliński P.

**22.** *Nazwa konferencji:* XIV Konferencja Naukowa “Jony metali i inne czynniki abiotyczne w środowisku” (Krajowa konferencja cykliczna)

*Data i miejsce konferencji:* 2009 Kraków

*Poster:* „Heavy metals in bottom sediments of „Korytów”

*Autorzy:* Wojtkowska M., **Bogacki J.**

## **8. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji**

1. 8th Eastern European Young Water Professionals Conference, 11-14 May 2016, Gdansk, Poland, member of the Local Organising Committee
2. 10th International PhD Students and Young Scientists R&D Conference "Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology", Warszawa 2015, prowadzący sesje "Environmental sciences I" i "Environmental sciences II"

## **9. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów**

### **Projekty zakończone:**

#### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

1. Tytuł projektu: Multifunkcjonalne fotokatalityczne prefabrykaty nawierzchniowe z betonu porowatego poprawiające warunki wodne i jakość powietrza  
Instytucja finansująca: **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**, konkurs **Szybka ścieżka dla Mazowsza**  
Numer projektu: POIR.01.01.01-00-0441/20  
Okres realizacji: 2022-2023  
Kierownik projektu: Dr inż. Wioletta Jeckiewicz - Rek (Politechnika Warszawska)  
Rola w projekcie: **Wykonawca**

2. Tytuł projektu: Electromagnetic method to estimate penetration of proppant in the fracturing process (EMPROP)

Instytucja finansująca: **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju**, konkurs Blue Gas II

Numer projektu: BG1/15

Okres realizacji: 2015-2016

Kierownik projektu:

Rola w projekcie: **Wykonawca**

### **Przed uzyskaniem stopnia doktora**

3. Tytuł projektu: Chemiczne podczyszczanie ścieków z przemysłu kosmetycznego

Instytucja finansująca: **Narodowe Centrum Nauki**

Numer projektu: 7385/B/T02/2011/40

Okres realizacji: 2011-2013

Kierownik projektu: dr hab. inż. Jeremi Naumczyk

Rola w projekcie: **Wykonawca**

### **10. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach**

### **11. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru**

### **Po uzyskaniu stopnia doktora**

13.09.2024 – 11.10.2024: Department Technische Biogeochemie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ / Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department Technical Biogeochemistry, Advanced Adsorption and Oxidation Group, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig, Germany, opiekun: Dr. Anett Georgi. Zakres tematyczny: Badania dotyczące możliwości eliminowania związków PFAS ze środowiska metodami chemicznymi. Źródło finansowania: Mobility X PW

### **12. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach**

1. Catalysts - Special Issue Editor "Catalytical Processes in Presence of 2D Nanomaterials", 2021-2022
2. Oxygen - Special Issue Editor "Water and Wastewater Treatment by Dissolved Ozone Flotation", 2020-2022
3. Oxygen - Topic Editor, 2020-2022
4. Membranes - member of the Reviewer Board, od lutego 2020

5. International Journal of Environmental Research and Public Health - member of the Reviewer Board, od lutego 2020
6. Polish Journal of Environmental Studies - member of the Editorial Board, od września 2019.

### 13. Wykaz recenzowanych prac naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych

Po uzyskaniu stopniu doktora, w latach 2014-2024 (stan na 31.12.2024) wykonałem łącznie 366 recenzji w 65 czasopismach naukowych, posiadających współczynnik IF (Tabela 1). Dodatkowo wykonałem kilkadziesiąt recenzji w mniej istotnych czasopismach.

**Tabela 1.** Zestawienie wykonanych recenzji publikacji w czasopismach naukowych.

Czasopismo	Ilość recenzji w roku										Razem
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Adsorption Science & Technology							1	1			2
Applied Sciences					1		4		1	2	8
Arabian Journal of Chemistry										1	1
Archives of Environmental Protection				1		1		1		1	4
Biomolecules										1	1
Catalysts				1	2	3	1	3	2		12
Catalysis Letters									1		1
Chemical Engineering Journal	1	1		1		2		3	1	1	10
Chemical Papers	1										1
Chemisphere						1		1	3		5
Coatings										1	1
Desalination and Water Treatment		2	2	5	6	8	7	8	4	1	43
Discover Water									1		1
Energies						1					1
Energy Reports							1				1
Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects								1			1
Environmental Pollution									1		1
Environmental Science and Pollution Research	1	2	7	2	3	2	2	4	6	5	34
Environmental Technology		1				1	1			1	4
Environmental Research					1						1
Environments									1	4	5
Fermentation								2			2
Fresenius Environmental Bulletin					1						1
Frontiers in Environmental Engineering										1	1

Green Chemistry Letters and Reviews									1		1
Hydrology								2			1
International Journal of Chemical Reactor Engineering		1								1	2
Inorganics								1		1	2
International Journal of Dairy Technology										1	1
International Journal of Environmental Research and Public Health					2	3	4	2	4		15
International Journal of Molecular Sciences									2		2
Irrigation and Drainage								1			1
Journal of Chemical Technology & Biotechnology			1								1
Journal of Chemistry							1				2
Journal of Chromatography A	1			1							2
Journal of Cleaner Production					3	13	15	3	2		36
Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substance & Environmental Engineering	1										1
Journal of Hazardous Materials					1		1				2
Journal of the Indian Chemical Society										1	1
Journal of Marine Science and Engineering										1	1
Journal of Science and Technology										1	1
Journal of Water Process Engineering					1			5	2		8
Marine Pollution Bulletin								1		1	2
Materials					1	1	2		2	1	7
Materials Today Communications									1		1
Membranes						1					1
Microorganisms									1		1
Minerals							1				1
Molecules					1		3		2	1	7
Nanomaterials										1	1
Petroleum Science and Technology								1			1
Polish Journal of Environmental Studies		2	2	1	4	3	4	1	3	2	22
Polymers									4		4
Processes					1		2	3	1	1	8
RSC Advances			1								1

Science of the Total Environment						1	2		5		8
Separation and Purification Technology										1	1
Separation Science and Technology				1							1
Separations							1	1	2		4
Sustainability					2	2	4	4	1	1	14
Toxics									1	3	4
Vietnam Journal of Chemistry							1				1
Water			1	11	6	3	3	4	3	4	35
Water Environment Research							1				1
Water Science and Technology				5	8	4	1				18
Suma	5	9	14	29	41	40	61	65	59	42	366

#### 14. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych

#### 15. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9

##### Po uzyskaniu stopnia doktora

1. Tytuł projektu: *Grant badawczy w 2024 r. wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport: Ocena wpływu charakterystyki struktury sieci porowej kompozytów cementowych w strefie przypowierzchniowej na efektywność fotokatalityczną i skuteczność w immobilizacji zanieczyszczeń nieorganicznych ze spływów powierzchniowych*

Instytucja finansująca: RND Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport PW

Okres realizacji: 2024-2025

Rola w projekcie: **Wykonawca**

2. Tytuł projektu: *Grant badawczy w 2023 r. wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport: Określenie możliwych kierunków modyfikacji materiałowej betonu wodoprzepuszczalnego w celu poprawy jakości odprowadzanej wody oraz opracowanie koncepcji technologii pozwalających na jej ponowne wykorzystanie*

Instytucja finansująca: RND Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport PW

Okres realizacji: 2023-2024

Rola w projekcie: **Wykonawca**



3. Tytuł projektu: *Cleaning the environment with MXenes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 39/2023  
Okres realizacji: 2023-2024  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
4. Tytuł projektu: *Application of Micron-Sized Zero-Valent Iron (ZVI) for Decomposition of Industrial Amaranth Dyes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 38/2023  
Okres realizacji: 2023-2024  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
5. Tytuł projektu: *Waste iron as a robust and ecological catalyst for decomposition industrial dyes under UV irradiation, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 37/2023  
Okres realizacji: 2023-2024  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
6. Tytuł projektu: *Novel photo-Fenton nanocomposite catalyst based on waste iron chips-Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene for efficient water decontamination, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 41/2023  
Okres realizacji: 2023-2024  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**

7. Tytuł projektu: *Two-Dimensional Nanostructures in the World of Advanced Oxidation Processes, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 40/2023  
Okres realizacji: 2023-2024  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
8. Tytuł projektu: *Wpływ naturalnych substancji o właściwościach sorpcyjnych na stabilizację metali śladowych w zanieczyszczonych osadach dennych zbiorników słodkowodnych / The influence of natural sorbents on the trace metals stabilization in contaminated bottom sediments of freshwater reservoirs*  
Instytucja finansująca: Beyond POB II PW  
Okres realizacji: 2022-2023  
Rola w projekcie: **Wykonawca**
  
9. Tytuł projektu: *Magnetite, Hematite and Zero-Valent Iron as Co-Catalysts in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 4/I/2021  
Okres realizacji: 2021  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
10. Tytuł projektu: *Magnetite and Hematite in Advanced Oxidation Processes Application for Cosmetic Wastewater Treatment, grant wewnętrzny dla pracowników Politechniki Warszawskiej wspierający prowadzenie działalności naukowej w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*  
Instytucja finansująca: RND Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka PW  
Numer projektu: 5/I/2021  
Okres realizacji: 2021  
Rola w projekcie: **Kierownik projektu**
  
11. Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2018

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**12.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2017

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**13.** Tytuł projektu: *Zastosowanie katalizy heterogenicznej do oczyszczania ścieków przemysłowych, grant dziekański habilitacyjny*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2017

Rola w projekcie: **Kierownik projektu**

**14.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2016

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**15.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2015

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**16.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2014

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**17.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2013

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**18.** Tytuł projektu: *Informatyka i badania jakości środowiska*

Instytucja finansująca: Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska PW

Okres realizacji: 2012

Rola w projekcie: **Wykonawca**

**16. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny**

Współpraca naukowa: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, umowa ramowa o współpracy jako ekspert oceniający wnioski o finansowanie nr 514/2024 z dnia 05.11.2024.

### III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

#### 1. Wykaz dorobku technologicznego

- Wojtkowska M., Bogacki J. „Analiza oraz przygotowanie receptury zamiennej dla środka TRACELOCK firmy GEODUR wspomagającego proces zestalania odpadów w STUOŚ”, 2021 - 2022
- Kodura A., Bogacki J. „Analiza stanu kolektora III klasy w Al. Krakowskiej na odcinku od Stacji Pomp Kanałowych OCHOTA do ul. Rękodzielniczej”, 2014
- Naumczyk J., Kucharska M. Krzysztozek A., Bogacki J. Kowalik P. „Badania nad chemicznym podczyszczaniem ścieków technologicznych z zakładów „Alural”, 2010
- Naumczyk J., Kucharska M. Krzysztozek A., Bogacki J. Kowalik P. „Analiza przyczyn zarastania dysz układów hydraulicznych kotłów WR-25 oraz wskazanie środków zaradczych”, 2009

#### 2. Współpraca z sektorem gospodarczym

Brak

#### 3. Wykaz uzyskanych praw własności przemysłowej, w tym uzyskanych patentów krajowych lub międzynarodowych

Wniosek do Urzędu Patentowego RP o udzielenie patentu na wynalazek: Hydrożelowe kulki alginianowe o właściwościach magnetycznych, sposób ich wytwarzania oraz ich zastosowanie do fotokatalitycznej degradacji związków organicznych WIPO ST 10/C PL449479 z dnia 08.08.24r.

#### 4. Wykaz wdrożonych technologii

Brak

#### 5. Wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców

- Muszyński A., Bogacki J., Badania mikrobiologiczne i chemiczne wody pobranej w budynku Stajnia na Kępie, Lipowa 11, Skierdy 05-101, Nowy Dwór Mazowiecki, 2024
- Muszyński A., Bogacki J., Badania mikrobiologiczne i chemiczne wody pobranej w budynku Stajnia na Kępie, Lipowa 11, Skierdy 05-101, Nowy Dwór Mazowiecki, 2021
- Bogacki J., Badanie wody w budynku Concept Tower Warszawa, 2018

#### 6. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych

Brak

**7. Wykaz projektów artystycznych realizowanych ze środowiskami pozaartystycznymi**

*Nie dotyczy*

## IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

### 1. Impact Factor

Sumaryczny IF w roku opublikowania = **62,413**

### 2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań

Web of Science: **387**, z wykluczeniem autocytowań: **318** (stan na 05.02.2025r.)

Scopus: **396**, z wykluczeniem autocytowań: **328** (stan na 05.02.2025r.)

Google Scholar: **571**, z wykluczeniem autocytowań: **462** (stan na 05.02.2025r.)

*Dane naukometryczne (stan na 05.02.2025r.) opracowane przez Oddział Informacji Naukowej i Analiz Bibliometrycznych Biblioteki Głównej Politechniki Warszawskiej na podstawie opcji rozszerzonego wyszukiwania w bazach Web of Science (Researchers i Cited Reference Search) oraz Scopus (Basic Search i Secondary Documents) zostały przedstawione w Załączniku nr 8.*

### 3. Indeks Hirscha

Web of Science: **11**

Scopus: **12**

Google Scholar: **15**

*Uwaga: Autor wniosku uprzejmie prosi Recenzentów, aby podczas przeprowadzania analizy jego dorobku w bazach Web of Science oraz Scopus posługiwali się w wyszukiwarce następującymi kryteriami: Authors = „**Bogacki Jan**”, bądź numerem ORCID: **0000-0003-2353-1077**.*

.....  
(podpis wnioskodawcy)

**Biblioteka  
Główna**

Dotyczy:

informacji o cytowaniach publikacji, których autorem lub współautorem jest **dr Jan Bogacki**

- **Web of Science Core Collection** (opcja Researchers i Cited Reference)

	sumarycznie	z wykluczeniem autocytowań
Liczba cytowań	387	318
Indeks Hirscha	11	10
JIF	62,413	

- **Scopus** (opcja Basic Search)

	sumarycznie	z wykluczeniem autocytowań
Liczba cytowań	396	328
Indeks Hirscha	12	11

- **Google Scholar**

	sumarycznie	z wykluczeniem autocytowań
Liczba cytowań	571	462
Indeks Hirscha	15	13

KIEROWNICZKA  
Oddziału Informacji Naukowej  
i Analiz Bibliometrycznych  
Biblioteki Głównej PW  
*Lucilla*  
mgr Iwona Lucilla

Wykonała:

mgr Emilia Nowakowska  
Oddział Informacji Naukowej  
i Analiz Bibliometrycznych BG PW

**Politechnika  
Warszawska**

Plac Politechniki 1  
00-661 Warszawa  
www.bg.pw.edu.pl