



Prof. dr hab. inż. Marcin Banach

Kraków, dnia 30 grudnia 2024 rok

RECENZJA

dorobku naukowego, organizacyjnego, dydaktycznego oraz osiągnięcia naukowego prezentowanego przez monotematyczny cykl artykułów naukowych zatytułowanego „*Wiązanie jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych za pomocą niewykorzystywanych powszechnie do tego celu związków lub przy zastosowaniu tanich innowacyjnych zmodyfikowanych rozwiązań*”, będących podstawą wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna dr inż. Katarzynie Witt

Podstawą opracowania recenzji jest pismo Rady Doskonałości Naukowej z dnia 12 października 2024 r. nr DRKN.Z2.400.71.2024 oraz uchwała nr 5/498 Senatu Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich z dnia 23 października 2024 r. w sprawie powołania Komisji habilitacyjnej w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, wszczętego na wniosek dr inż. Katarzyny Witt.

Recenzja została przygotowana na podstawie dokumentacji, której głównym elementem są osiągnięcia naukowe zaprezentowane w formie powiązanego tematycznie cyklu artykułów zatytułowanego „*Wiązanie jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych za pomocą niewykorzystywanych powszechnie do tego celu związków lub przy zastosowaniu tanich innowacyjnych zmodyfikowanych rozwiązań*”.

Oceny wniosku dokonano zgodnie z wymogami określonymi w art. 219 ust. 1 ustawy „*Prawo o szkolnictwie wyższym*” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). Dokumentacja spełnia wymagania formalne i zwyczajowe, stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Charakterystyka biograficzna Kandydatki

Pani dr inż. Katarzyna Witt w 2008 roku ukończyła studia na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, broniąc pracę magisterską pt. „*Badanie wymywalności cynku z granulatów gumowych*” i uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. Promotorem był Pan dr hab. Włodzimierz Urbaniak, prof. UAM.

W 2014 roku Kandydatka ukończyła studia podyplomowe „*Menadżer Projektu Badawczo-Rozwojowego*” w Wyższej Szkole Bankowej w Toruniu.

Kandydatka podnosiła swoje kompetencje zawodowe kończąc w 2010 roku kurs Przygotowania pedagogicznego dla pracowników UTP, a w 2013 roku szkolenie „*Auditor wewnętrzny Systemu Zarządzania*”

wg normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005". W latach 2017-2023 odbywała również liczne szkolenia i kursy specjalistyczne.

W 2016 roku Habilitantka uzyskała stopień naukowy doktora nauk chemicznych w dyscyplinie chemia, broniąc rozprawę pt.: „*Pochodne β -diketonów w roli przenośników jonów metali w polimerowych membranach inkluzyjnych (PIM)*”. Stopień naukowy doktora został nadany Kandydatce uchwałą Rady Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w dniu 21 października 2016 roku. Promotorem rozprawy był Pan dr hab. Włodzimierz Urbaniak, prof. UAM, a recenzentami prof. dr hab. Oleksandr Shyichuk i prof. dr hab. Wiesław Wasiak.

Pani dr inż. Katarzyna Witt jest obecnie zatrudniona na stanowisku adiunkta w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich. W latach 2008-2016 zatrudniona była na stanowisku asystenta w Zakładzie Chemii Koordynacyjnej, a w 2017 roku również na stanowisku asystenta w Zakładzie Chemii Ogólnej i Nieorganicznej Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy.

Ocena dorobku naukowego

Dorobek naukowy dr inż. Katarzyny Witt obejmuje 31 publikacji naukowych opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez Thomson Reuters JCR (28 prac opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora) o sumarycznym współczynniku wpływu IF równym 73,181 (70,635 po uzyskaniu stopnia doktora, średnio 2,36 na pracę), 2 publikacje opublikowane w czasopismach spoza listy JCR (1 praca opublikowana po uzyskaniu stopnia doktora), 25 rozdziałów w monografiach (14 po uzyskaniu stopnia doktora), 4 prace opublikowane w recenzowanych materiałach konferencyjnych (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora) oraz 14 patentów (12 po uzyskaniu stopnia doktora) i jedno międzynarodowe zgłoszenie patentowe. Habilitantka 41-no krotnie prezentowała wyniki prac badawczych na konferencjach (17 po uzyskaniu stopnia doktora, 6 w formie prezentacji ustnej), a w kolejnych 23 prezentacjach była współautorem (17 po uzyskaniu stopnia doktora).

Całkowita liczba cytowań (bez autocytowań) publikacji dr inż. Katarzyny Witt wg WoS wynosi 137, a wg Scopus 165. Indeks Hirscha wg WoS równy jest 9, a wg Scopus 10.

Istotna jest aktywność wynalazcza Pani dr inż. Katarzyny Witt potwierdzona 12 patentami i 3 zgłoszeniami patentowymi (1 zgłoszenie międzynarodowe). Ponadto w ramach współpracy z przemysłem zawarta została umowa licencyjna z Przedsiębiorstwem Wielobranżowym „GALKOR” Sp. z o.o. na wykorzystanie wynalazku objętego ochroną w postaci patentu PL 227426 pt. „*Sposób odzyskiwania metali, zwłaszcza cynku, z kwaśnych roztworów odpadowych*”, którego współtwórcą jest Habilitantka. W ramach

współpracy z tym przedsiębiorstwem powstały również dwa inne rozwiązania podlegające ochronie patentowej (PL 237250 i PL 237288), których współautorem jest Habilitantka.

Dr inż. Katarzyna Witt pełniła rolę konsultanta w zakresie prac laboratoryjnych w projekcie POIR.03.0201-04-0007/21 realizowanych przez GALKOR. W roku 2020 Habilitantka realizowała także prace zlecone na rzecz Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Handlowo-Usługowego UT-OIL Sp. z o.o., a w latach 2014-2017 współpracowała z Przedsiębiorstwem CHMES Laboratorium Chemiczne. Zakres współpracy określała ramowa umowa o współpracy pomiędzy przedsiębiorstwem i Uniwersytetem Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy.

Za efekty działalności wynalazczej Pani dr inż. Katarzyna Witt była wielokrotnie nagradzana lub wyróżniana. Kandydatka dwukrotnie została doceniona przez Marszałka Województwa Kujawsko-Pomorskiego w postaci stypendium przyznawanego w ramach programu „Krok w przyszłość – stypendia dla doktorantów V edycja” współfinansowanego ze środków EFS w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007 – 2013 oraz 16 razy w postaci nagród przyznawanych przez Rektora Politechniki Bydgoskiej (nagrody zespołowe i indywidualne). Wynalazki, których twórcą lub współtwórcą jest Habilitantka otrzymały 5 złotych medali, 3 srebrne oraz 1 nagrodę specjalną na międzynarodowych targach wynalazczości.

Dr inż. Katarzyna Witt realizowała również badania we współpracy z innymi krajowymi ośrodkami naukowymi (Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu) oraz zagranicznymi (University of Coimbra w Portugalii, University of Huelva w Hiszpanii, Politechnika Lwowska we Lwowie).

Pani dr inż. Katarzyna Witt odbyła jeden miesięczny staż naukowy na Wydziale Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych Uniwersytetu Jana Długosza w Częstochowie (11.09.-11.12.2023) oraz dwa krótkie wyjazdy o charakterze naukowo-dydaktycznym w ramach programu Erasmus+: University of Coimbra, Department of Chemical Engineering (Portugalia, 8-12.05.2023) i University of Huelva, Chemical Engineering Department (Hiszpania, 18-22.11.2019).

Tematyka stażu naukowego na Uniwersytecie Jana Długosza w Częstochowie dotyczyła procesów membranowych. Efektem współpracy z tą uczelnią jest publikacja w czasopiśmie *Membranes*, której dr Witt jest współautorką (Nowik-Zajac, A., Zawierucha, I., Lagiewka, J., Jaksender, K., Witt, K., Malina, G., & Sabadash, V. (2024). *Removal of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions Using Polymer Inclusion Membrane Containing Calix[4]pyrrole*. *Membranes*, 14(4), 92. <https://doi.org/10.3390/membranes14040092>) Habilitantka odbyła również półroczny staż przemysłowy w przedsiębiorstwie Muzeum Mydła s.c. (9.05.2014-13.10.2014), w trakcie którego zajmowała się optymalizacją produkcji mydeł sodowych i analizą ich właściwości fizykochemicznych.

Habilitantka była kierownikiem projektu finansowanego przez NCN (Miniatura 7 – 2023/07/X/ST4/00361) oraz projektu ze środków EFRR w ramach POIG (UDA-POIG.01.03.02-04-077/12). Brała także udział w realizacji projektu realizowanego w zakresie prac przedwdrożeniowych w ramach programu Inkubator Innowacyjności 4.0. Dr inż. Katarzyna Witt pełniła również rolę kierownika 2 tematów badawczych realizowanych w ramach subwencji na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego, a w 3 podobnych tematach badawczych pełniła funkcję wykonawcy.

Dr inż. Katarzyna Witt w latach 2018-2022 wykonała 34 recenzje manuskryptów przesłanych do czasopism naukowych, takich jak Water, Polymers, Materials, Processes, Metals, Membranes, Molecules, Sustainable Materials and Technologies, Journal of Hazardous Materials, Science of Total Environmental, International Journal of Biological Macromolecules, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Reactive and Functional Polymers, Journal of Food Science and Technology, Water, Air and Soil Pollution, Environmental Science and Pollution Research, Journal of Chemistry, Physicochemical Problems of Mineral Processing, Separation and Purification Review, RSC Advances, International Journal of Chemical Kinetics. Habilitantka recenzowała również monografię pt. „Strategies toward Green Deal” dla Wydawnictwa PAN.

Podsumowując działalność naukową dr inż. Katarzyny Witt stwierdzam, że jej dorobek jest znaczący zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym, co dowodzi dojrzałości oraz samodzielności w prowadzeniu badań. Współpracę Kandydatki z krajowymi jednostkami badawczymi oraz zagranicznymi uczelniami oceniam wysoko. Odbyte staże stanowią podstawę rozwoju potencjału naukowego.

Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe dr inż. Katarzyny Witt pt. „*Wiązanie jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych za pomocą niewykorzystywanych powszechnie do tego celu związków lub przy zastosowaniu tanich innowacyjnych zmodyfikowanych rozwiązań*” stanowi monotematyczny cykl 11 artykułów naukowych (oryginalne prace badawcze), co jest zgodne z zapisami art. 219 ust. 1 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). Prace opublikowane zostały w latach 2018-2024 w czasopismach Membranes, Polymers (2), Desalination and Water Treatment (4), Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Environmental Science and Pollution Research, Molecules, Journal of Ecological Engineering, których IF zgodny z rokiem opublikowania wynosi od 1,000 do 5,800. Sumaryczny współczynnik wpływu (IF) publikacji zgodny z rokiem opublikowania wynosi 31,156. W przeliczeniu na jedną pracę wskaźnik IF z roku opublikowania jest równy 2,832. Jest to zadowalająca wartość.

W 10 pracach dr inż. Katarzyna Witt jest pierwszym autorem, w 9 autorem korespondencyjnym. Jedna publikacja jest monoautorska. Znaczący wkład dr inż. Katarzyny Witt w publikacjach wieloautorskich został precyzyjnie określony i potwierdzony.

W publikacjach H1, H4-H8 oraz H10 była pomysłodawcą koncepcji pracy, przeprowadzała część eksperymentów, opracowywała ich wyniki oraz brała udział w przygotowywaniu publikacji. W przypadku badań prezentowanych w publikacji H2 odpowiadała za planowanie części eksperymentów, opracowanie ich wyników, przygotowanie części publikacji oraz udział w jej cyklu publikacyjnym. W publikacjach H3 oraz H9 brała udział w opracowaniu koncepcji pracy, planowaniu części eksperymentów, opracowywaniu ich wyników, przygotowaniu manuskryptu i w cyklu publikacyjnym. W publikacji H11 odpowiadała za całość prac związanych z publikacją (publikacja monoautorska).

Problem badawczy, którego rozwiązania dr inż. Katarzyna Witt podjęła się w trakcie badań prezentowanych wraz z wynikami w pracach stanowiących monotematyczny cykl artykułów, dotyczy procesu wiązania i usuwania jonów metali z roztworów wodnych.

Prace badawcze prezentowane w cyklu publikacji obejmują aż siedem wątków badawczych:

- Poszukiwania nowych niekomercyjnych ekstrahentów lub przenośników jonów metali (H1),
- Optymalizacji składu tanich polimerowych membran (H2, H3),
- Badań z wykorzystaniem roztworów rzeczywistych (H4-H6),
- Badań właściwości fizykochemicznych otrzymanych membran (H7),
- Metod usuwania szczególnie toksycznych jonów metali z roztworów wodnych (H8, H9),
- Ochrony środowiska wodno-gruntowego za pomocą aktywnych mat polimerowych (H10),
- Rozpuszczalnych w wodzie β -ketoimin zdolnych do wiązania jonów metali z roztworów wodnych (H11).

Cel naukowy prowadzonych badań Habilitantka określiła jako:

- „przebadanie w roli związków wiążących jony metali z roztworów niestosowanych powszechnie substancji,
- otrzymanie polimerowych materiałów zdolnych do wiązania jonów metali przy użyciu nieużywanych powszechnie do tego celu tanich surowców (polimerów, np. poli(chloroku winylu), polietylenu i plastyfikatora – adypinianu bis(2-etyloheksylu)) oraz polimerów biodegradowalnych (poli(laktyd)),
- przebadanie otrzymanych materiałów pod kątem analizy strukturalnej oraz właściwości fizykochemicznych,
- przeprowadzenie badań usuwania jonów metali z roztworów rzeczywistych (ścieków galwanicznych),
- zaprojektowanie metody odzysku cennych metali z surowców wtórnych (elektrozłomu),

- zaprojektowanie tanich i prostych metod do usuwania szczególnie toksycznych jonów metali (m.in. Cr(VI), Cd(II), Hg(II)) z roztworów wodnych,
- zaprojektowanie prostego sposobu ochrony środowiska wodno-gruntowego przed skażeniem toksycznymi metalami ciężkimi,
- otrzymanie nowych nierozpuszczalnych w wodzie związków nie będących dotąd przedmiotem stanu techniki dedykowanych do wiązania jonów metali z roztworów.”

W mojej opinii „przeprowadzenie badań” lub „przebadanie czegoś” nie stanowi celu badań naukowych samo w sobie. Cel badań w nauce odnosi się do osiągnięcia konkretnych wyników, np. odkrycia nowych faktów lub zależności, potwierdzenia lub obalenia hipotez, rozwiązania konkretnego problemu, rozszerzenia istniejącej wiedzy, opracowania nowych metod, narzędzi lub teorii.

Sformułowania „przebadanie czegoś” i „przeprowadzenie badań” mogą być użyte jako określenie celu badań wstępnych, ale powinny być doprecyzowane. W przeciwnym razie cel nie jest konkretny i nie pozwala zrozumieć, co badania mają osiągnąć lub jaką lukę w wiedzy mają wypełnić uzyskane wyniki.

Pierwszy wątek badawczy zaprezentowany przez Habilitantkę dotyczy poszukiwania nowych niekomercyjnych ekstrahentów lub przenośników jonów metali (H1). W roli ekstrahenta albo przenośnika jonów metali zastosowano N,N'-bis(salicylideno)etylenodiaminę (salen). W pracy zaprezentowano wyniki procesu ekstrakcji rozpuszczalnikowej, transportu jonów przez układ PIM-salen oraz sorpcji na membranach. Procesy prowadzono dla jonów miedzi, cynku i niklu. Najwyższą efektywność ekstrakcji uzyskano dla jonów miedzi (99,79%). Z zaprezentowanych w publikacji H1 wyników można wnioskować, że kompozycje membran stosowanych w prowadzonych eksperymentach transportu jonów były nieodpowiednie. Jest to znaczący mankament prowadzonych prac. Prawidłowo zaplanowany i zrealizowany eksperyment powinien być realizowalny, efektywny i informatywny.

Wyniki prezentowane w pracy pozwoliły potwierdzić Habilitantce, że salen jest skutecznym ekstrahentem w stosunku do jonów miedzi oraz że membrany polimerowe z dodatkiem salenu pozwalają na częściowe usuwanie jonów metali z roztworów wodnych (34% jonów miedzi, 45% jonów niklu).

Nasuwa mi się kilka pytań:

- Jeżeli z membran można zdesorbować średnio 30% jonów, to co z pozostałą ilością i jaka jest możliwość ponownego stosowania tych układów?
- Wyniki ESI-HRMS wskazują na tworzenie kompleksów jonów miedzi z salenem. W przypadku jonów niklu i cynku pasma są znacznie niższe. Efektywność tworzenia kompleksów z miedzią została więc potwierdzona, ale w przypadku ekstrakcji. Jak to wygląda w przypadku procesu sorpcji i transportu jonów?

- Czy 100% osadu na membranach stanowiły kompleksy?
- Czy zastosowanie układu przepływowego w procesach sorpcji nie byłoby technologicznie bardziej uzasadnione?

Kolejny podejmowany przez Habilitantkę wątek badawczy dotyczy optymalizacji składu tanich polimerowych membran (H2, H3).

W publikacji H2 zaprezentowane zostały wyniki transportu jonów cynku przez polimerowe membrany inkluzyjne. W celu otrzymania PIM Habilitantka zastosowała poli(chlorek winylu) oraz adypinian bis(2-etyloheksylo). Jako przenośniki jonów metali wykorzystwała β -diketon (acetyloaceton) oraz D2EHPA (kwas di(2-etyloheksylo)fosforowy). Pierwszy etap prac zmierzał do dobrania najkorzystniejszego pH. Odczyn regulowano za pomocą amoniaku. W warunkach eksperymentu jony cynku tworzą z amoniakiem aminokompleksy, z których po kontakcie z membraną uwalniany jest amoniak. Nasuwa się pytanie, co zrobić z uwolnionym amoniakiem?

Drugi etap prac miał na celu dobór najlepszej fazy odbierającej. Testowano roztwór buforu amoniakalnego, wodę destylowaną oraz roztwór kwasu azotowego. Najkorzystniejsze okazało się zastosowanie wody destylowanej (odzyskano ok 23,5% jonów cynku).

Wyniki zaprezentowane w pracy H2 potwierdziły, że β -diketon może być stosowany jako przenośnik metali w polimerowych membranach inkluzyjnych. Odzysk jonów cynku przy 20% zawartości przenośnika w membranie był na poziomie 99,6%.

Omawiając osiągnięcia Habilitantki związane z publikacją H2 zaprezentowane w Autoreferacie nie mogę się nie odnieść do używanych przez Kandydatkę sformułowań „najoptymalniej”, „najbardziej optymalne”. Sformułowania te uznawane są za błędne w języku polskim, ponieważ przymiotnik „optymalny” oznacza „najlepszy możliwy” w danej sytuacji. Dodanie przedrostka „naj-” tworzy pleonazm, czyli zbędne powtórzenie znaczenia.

W publikacji H3 Habilitantka dokonała porównania właściwości i efektywności stosowania różnych membran polimerowych zawierających acetyloaceton w procesach usuwania jonów kadmu z roztworów wodnych. Uzyskane wyniki pozwoliły potwierdzić efektywność sorpcji jonów kadmu na wszystkich badanych membranach z tym, że proces najszybciej przebiegał w przypadku membrany zawierającej w swoim składzie PLA.

W Autoreferacie Habilitantka stwierdza, że ze względów ekonomicznych procesy sorpcji prowadzono w temperaturze pokojowej i bez mieszania. Czy można uzasadnić większą ekonomiczność tych procesów w porównaniu do procesów, których nie przeprowadzono i nie są znane ich efektywności usuwania jonów?

Wniosek wysnuty przez Habilitantkę w Autoreferacie nie jest jednoznaczny – czy najkorzystniej byłoby stosować membrany z PLA, czy z tańszymi polimerami?

Trzeci zaprezentowany w Autoreferacie wątek badawczy dotyczy procesów prowadzonych z wykorzystaniem roztworów rzeczywistych (H4-H6).

W badaniach, których wyniki zaprezentowane zostały w publikacji H4 wykorzystano te same membrany inkluzyjne, które opisano w publikacji H2 (poli(chlorek winylu), adypinian bis(2-etyloheksylu i acetyloaceton albo kwas di(2-etyloheksylo)fosforowy). Weryfikowano usuwanie jonów żelaza (III), niklu, miedzi i chromu (III) ze ścieków z galwanizerni o $\text{pH}=6,4$ i $\text{pH}=2,1$. W tym miejscu powstaje pytanie, czy ściek o $\text{pH}=6,4$ można nazwać alkalicznym?

W publikacji H4 wykazano, że wyższe współczynniki separacji uzyskiwane są w przypadku zastosowania D2EHPA. Niemniej jednak zastosowanie β -diketonu również jest uzasadnione.

W publikacji H5 badano skuteczność polimerowych membran inkluzyjnych i sorbentów polimerowych (otrzymanych z PWC i zawierających β -diketon) w oczyszczaniu ścieków z galwanizerni (cynkowe, niklowe i niklowo-chromowe). Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że β -diketon skutecznie wiąże jony cynku i chromu (III).

W publikacji H6 zaprezentowano wyniki stosowania folii polimerowej wzbogaconej o ciecz jonową Cyphos IL 101 do odzyskiwania jonów Ni(II), Zn(II), Co(II), Cu(II), Sn(II), Pb(II), Ag(I), Pd(II) i Au(III) ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Wykazano, że zastosowanie badanego produktu pozwala na odzysk miedzi, niklu, złota i cyny z e-odpadów. Odzysk ołowiu, kobaltu, srebra i palladu następuje w małych ilościach.

Przedstawiona w publikacji H6 metoda jest skuteczna, ale w warunkach eksperymentalnych – 0,5 g e-odpadów. Jak Habilitantka widzi możliwość praktycznego zastosowania prezentowanego rozwiązania (zmiana skali, może zmiana procesu na ciągły)?

Czwarty wątek badawczy dotyczy badań właściwości fizykochemicznych polimerowych membran inkluzyjnych (H7). W publikacji zaprezentowano wyniki analiz FTIR-ATR, TG-DTG oraz SEM/EDS. Uzyskane wyniki potwierdziły, że badane membrany polimerowe wzbogacone fosfoniowymi cieczami jonowymi są stabilne do temperatury około 170°C .

Kolejny wątek badawczy przedstawiony przez Habilitantkę prezentuje metody usuwania szczególnie toksycznych jonów metali z roztworów wodnych (H8, H9).

W badaniach prezentowanych w publikacji H8 porównano skuteczność fosfoniowych cieczy jonowych (Cyphos IL 101, 102, 103, 104, 105 i 109) jako ekstrahentów w ekstrakcji rozpuszczalnikowej oraz jako przenośników w polimerowych membranach inkluzyjnych do usuwania jonów Hg(II) z modelowych roztworów wodnych. Membrany otrzymano z poli(chlorku winylu), adypinianu bis(2-etyloheksylu) oraz z biodegradowalnego poli(laktydu) i eteru 2-nitrofenylooktylowego. Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że ciecze Cyphos IL 102 i Cyphos IL 101 wykazały największą skuteczność ekstrakcji jonów

Hg(II) z kwaśnych roztworów wodnych. Ponadto Cyphos IL 102 zastosowany jako przenośnik w PIM-ach na bazie poli(chlorku winylu) i adypinianu bis(2-etyloheksylu) oraz w membranie z poli(laktydu) i eteru o-nitrofenylooktylowego pozwolił w ponad 99% oddzielić jony rtęci (II) z fazy zasilającej. Potwierdzono również, że PLA może stanowić alternatywę dla polimerów syntetycznych stosowanych do otrzymania membran.

W publikacji H9 zaprezentowano wyniki usuwania jonów Cr(VI) z roztworów wodnych przy użyciu impregnowanych wymiennicy jonowych i materiałów polimerowych modyfikowanych D2EHPA lub cieczami jonowymi (Cyphos IL 101 i Cyphos IL 104). Zaobserwowano tworzenie kompleksów jonów chromu (VI) z ekstrahentami w fazie organicznej oraz zmianę stopnia utlenienia jonów chromu (VI) na (III). Najwyższą pojemność sorpcyjną po 24 godzinach stwierdzono dla wymiennicza jonowego impregnowanego D2EHPA (44,6 mg/g), a najniższą z Cyphos IL 104 (ok. 0,4 mg/g). Najbardziej efektywne były materiały polimerowe impregnowane Cyphos IL 101 i Cyphos IL 104 (82,51% i 73,91% usuniętych jonów). Potwierdzono również, że proces desorpcji z wykorzystaniem $5 \text{ mol/dm}^3 \text{ HNO}_3$ umożliwi regenerację wymiennicy jonowych i materiałów polimerowych oraz ich ponowne wykorzystanie w procesach sorpcji.

Szósty wątek badawczy dotyczy usuwania jonów metali ciężkich ze środowiska wodno-gruntowego za pomocą aktywnych mat polimerowych (H10). Maty polimerowe otrzymano poprzez naniesienie na materiał szkieletowy (włókno szklane lub tekstylia) mieszaniny poli(chlorku winylu), Aliquatu 336 i adypinianu bis(2-etyloheksylu). Badano efektywność działania mat w stosunku do jonów Cr(VI), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) i Pb(II). W wyniku prowadzonych procesów udało się obniżyć stężenie ołowiu, kadmu i niklu w roztworze wodnym o ponad 50%, a jonów chromu (VI) o ponad 90%.

W badaniach jako źródło metali stosowano sole azotanowe. Jaki wpływ na efektywność procesów usuwania jonów metali mogą mieć aniony wprowadzane z solami?

Ostatni wątek badawczy prezentowany w cyklu prezentuje nierozpuszczalne w wodzie β -ketoiminy zdolne do wiązania jonów metali z roztworów wodnych (H11). W publikacji zaprezentowano procesy otrzymywania ligandów o wysokim powinowactwie do jonów metali w roztworach wodnych. Badano powinowactwo w stosunku do jonów Ag(I), Au(III), Cd(II), Co(II), Cr(VI), Cu(II), Fe(III), Mg(II), Ni(II), Pd(II), Pt(II) i Zn(II). Wykazano, że otrzymana β -ketoimina (4-(3-trietoksylopropyloimino)-3-etylopentan-2-on), jest nierozpuszczalna w wodzie i wiąże jony metali zawarte w roztworach wodnych. Umożliwia to wykorzystanie tego związku w materiałach separacyjnych, wymiennicach jonowych lub jako ekstrahenta.

Reasumując, w pracach stanowiących osiągnięcie:

- wykazano, że N,N'-bis(salicylideno)etylenodiamina (salen) może być użyty do usuwania jonów metali z roztworów wodnych, zwłaszcza miedzi(II) (H1),

- otrzymano polimerowe membrany inkluzyjne z zastosowaniem poli(chlorku winylu), adypinianu bis(2-etyloheksyłu) oraz acetyloacetonu albo kwasu di(2-etyloheksylo)fosforowego (H2),
- wykazano, że β -diketony (acetyloaceton, 3-propylo-pentano-2,4-dion) są skuteczne w procesach usuwania jonów metali z roztworów modelowych (H2, H3) oraz rzeczywistych (ścieki galwaniczne) (H4, H5),
- zaproponowano metodę odzysku metali z surowców wtórnych (odpady elektroniczne) z zastosowaniem folii polimerowych na bazie PCW i Cyphos IL 101 (H6),
- potwierdzono możliwość otrzymania stabilnych do 170°C PIM-ów z Cyphosami (H7),
- potwierdzono, że poli(laktyd) może stanowić alternatywę dla polimerów syntetycznych stosowanych do otrzymania membran (H8),
- wykazano, że polimerowe materiały zawierające Cyphos IL 101 i Cyphos IL 104 oraz wymiennicze jonowe z D2EHPA, mogą być zastosowane do usuwania jonów Cr(VI) (H9),
- otrzymano aktywne polimerowe maty (APM) zapobiegające skażeniu gleby oraz środowiska wodnego toksycznymi metalami ciężkimi (H10),
- otrzymano nową β -ketoiminę (4-(3-trietoksylopropyloimino)-3-etylo-pentan-2-on), która posiada zdolność wiązania jonów metali z roztworów i jest nierozpuszczalna w wodzie (H11).

Podsumowując osiągnięcie naukowe dr inż. Katarzyny Witt należy podkreślić, że obejmuje ono szeroki zakres prac badawczych związanych z wiązaniem jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych. Wskazane niedociągnięcia w prezentacji osiągnięcia nie stanowią podstawy do obniżenia jego oceny. Osiągnięcie habilitacyjne uznaję za znaczące z punktu widzenia rozwoju nauk inżyniersko-technicznych, w szczególności inżynierii chemicznej.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego

Doświadczenie dydaktyczne dr inż. Katarzyny Witt zostało zdobyte poprzez prowadzenie wykładów (Ochrona własności intelektualnej, Ochrona własności intelektualnej i przemysłowej, techniki i procesy membranowe, Informacja naukowo-techniczna, Chemia analityczna), ćwiczeń (Chemia ogólna i nieorganiczna, Chemia analityczna, Informacja naukowo-techniczna), projektów (Ochrona własności intelektualnej) i licznych laboratoriów w języku polskim oraz w języku angielskim (m.in. Chemia, Chemia nieorganiczna, Chemia analityczna, Metody oznaczania związków nieorganicznych, General and inorganic chemistry, Qualitative inorganic chemistry, Analytical chemistry). Zajęcia te były i są prowadzone na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych wielu różnych kierunków, m.in. analityka chemiczna i spożywcza, technologia chemiczna, inżynieria materiałowa, biotechnologia, energetyka. Habilitantka prowadziła również

zajęcia dydaktyczne na University of Huelva w Hiszpanii oraz University of Coimbra w Portugalii w trakcie odbywania tam staży w ramach programu Erasmus+. Działalność dydaktyczną Habilitantki wzbogacają również liczne zajęcia prowadzone dla uczniów gimnazjów i szkół średnich. Kandydatka od 2017 roku jest członkiem wydziałowej komisji rekrutacyjnej.

Dr inż. Katarzyna Witt była promotorem 14 prac dyplomowych inżynierskich oraz 8 prac dyplomowych magisterskich. Była promotorem pomocniczym w dwóch rozprawach doktorskich. Pierwsza z prac pt. *„Technologie oczyszczania ścieków z procesów galwanicznych. Nowe metody oczyszczania wód procesowych w systemach zamkniętego obiegu wody w galwanotechnice”* zrealizowana została w ramach programu Doktorat wdrożeniowy na Uniwersytecie Adama Mickiewicza. Druga praca pt. *„Zastosowanie wybranych ligandów w procesach separacyjnych (ekstrakcji rozpuszczalnikowej, transporcie jonów metali przez polimerowe membrany inkluzyjne, adsorpcji) do usuwania metali d-elektronowych z wodnych roztworów”* została zrealizowana na Politechnice Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich.

Dr inż. Katarzyna Witt w 2021 roku otrzymała Medal Komisji Edukacji Narodowej oraz w 2021 i 2022 roku Nagrody Rektora PBS m.in. za działalność dydaktyczną.

Działalność organizacyjna dr inż. Katarzyny Witt obejmuje aktywny udział m.in. w organizacji Obchodów 250. Rocznicy urodzin Jędrzeja Śniadeckiego w UTP w Bydgoszczy (2018 r., przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego), Obchodów 70-lecia UTP w Bydgoszczy (2020-2021 r., członkini Komitetu Organizacyjnego), 14th Scientific Conference *„Membranes and Membrane Processes in Environmental Protection”* (2023 r., przewodnicząca sesji), Drzwi Otwartych na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej w UTP w Bydgoszczy (2016, 2017 r., współorganizator), Astrofestiwalu (2016, realizator pokazów).

Habilitantka od 2024 r. pełni funkcję redaktora działu w czasopiśmie Polish Journal of Technical Issue, a od 2021 r. członka Wydziałowej Komisji ds. własności intelektualnej.

Działalność dr inż. Katarzyny Witt popularyzująca naukę obejmuje liczne zajęcia prowadzone dla uczniów szkół gimnazjalnych i średnich, przygotowanie i współprowadzenie zajęć w ramach Astrofestiwalu w Bydgoszczy (2016 r.), Bydgoskiego Festiwalu Nauki (2016-2018 r.), Dni Chemika (2024 r.).

Podsumowując aktywność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską dr inż. Katarzyny Witt stwierdzam, że jest doświadczoną nauczycielką akademicką, zaangażowaną w popularyzację nauki i promocję macierzystej uczelni.

Wniosek końcowy

Na podstawie oceny dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, ze szczególnym uwzględnieniem cyklu powiązanych tematycznie 11 oryginalnych artykułów naukowych zatytułowanego „*Wiązanie jonów metali z roztworów modelowych i rzeczywistych za pomocą niewykorzystywanych powszechnie do tego celu związków lub przy zastosowaniu tanich innowacyjnych zmodyfikowanych rozwiązań*”, stwierdzam, że Pani dr inż. Katarzyna Witt posiada osiągnięcia naukowe uzyskane po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, które wnoszą oryginalny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria chemiczna.

Dr inż. Katarzyna Witt spełnia wymagania formalne i ustawowe stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, zawarte w art. 219 ust. 1 ustawy „*Prawo o szkolnictwie wyższym*” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.). Wnioskuje o przeprowadzenie dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Monia Ben', is written in a cursive style.