



Politechnika Łódzka

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Prof. dr hab. inż. Hanna Kierzkowska-Pawlak
Katedra Inżynierii Chemicznej i Molekularnej
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka

Łódź, dn. 08.07.2025

RECENZJA

osiągnięć naukowych dr inż. Patrycji Makoś-Chelstowskiej w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna

Podstawą prawną opracowania jest Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Gdańskiej z dn. 6 maja 2025 r. Wniosek Habilitantki i dokumentacja została przekazana w dniu 14 maja 2025. Ocenę przygotowałam zgodnie z wymaganiami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) oraz Poradnikiem RDN "Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego" z dn. 9 sierpnia 2023 r.

1. Podstawowe dane o Kandydatce

Pan dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska ukończyła studia I stopnia na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej na kierunku technologia chemiczna, o specjalności analityka techniczna i przemysłowa. W roku 2014 ukończyła studia magisterskie na tym samym kierunku. W 2018 roku uzyskała stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie technologia chemiczna na podstawie rozprawy pt. „*Nowe metodyki kontroli procesowej oczyszczania silnie zanieczyszczonych, alkalicznych ścieków przemysłowych*”, przygotowanej pod kierunkiem dr. hab. inż. Grzegorza Boczkaja.

W 2019 roku została zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Inżynierii Procesowej i Technologii Chemicznej na Wydziale Chemicznym PG, a od 2019 roku na stanowisku adiunkta w tej samej jednostce, gdzie pracuje do dziś. Dotychczasowa działalność naukowo-dydaktyczna dr inż. P. Makoś-Chelstowskiej jest więc związana z macierzystą uczelnią, w trakcie której Kandydatka aktywnie rozwijała współpracę z zagranicznymi ośrodkami naukowymi, m.in. Uniwersytetem w Walencji, Uniwersytetem Littoral-Côte-d'Opale w Dunkierce, Uniwersytetem w Valladolid oraz Uniwersytetem Pavla Jozefa Šafárika w Koszycach, co zaowocowało realizacją krótko i długoterminowych staży badawczych, wspólnymi projektami oraz publikacjami. Doświadczenia te miały istotny wpływ na rozwój naukowy Kandydatki, umożliwiły poszerzenie warsztatu badawczego, nawiązanie trwałych kontaktów międzynarodowych i znacząco wzmocniły jej pozycję w obszarze badań nad cieczami głęboko eutektycznymi (DES).

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Tytuł osiągnięcia „Projektowanie, charakterystyka i zastosowanie cieczy (głęboko) eutektycznych jako nowych mediów sorpcyjnych w oczyszczaniu paliw, biopaliw i surowców do ich produkcji oraz pozostałości”

Dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska przedstawiła do oceny cykl 17 artykułów naukowych (numerowanych od H1 do H17) opublikowanych w latach 2020–2024, dotyczących projektowania,

charakterystyki oraz zastosowania cieczy eutektycznych i głęboko eutektycznych (DES) jako nowej klasy zielonych rozpuszczalników w technikach separacji. Prezentowane badania odpowiadają na aktualne wyzwania inżynierii chemicznej, związane z potrzebą opracowania bardziej zrównoważonych i efektywnych technologii w kontekście zaostrzających się wymagań środowiskowych i rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym. Osiągnięcia obejmują badania podstawowe nad strukturą i właściwościami cieczy eutektycznych oraz ich zastosowaniami w różnych technikach separacji. Monotematyczny cykl publikacji dotyczy czterech obszarów aplikacyjnych: (1) zastosowania DES jako absorbentów do usuwania lotnych związków organicznych z biogazu [H1–H8], (2) wykorzystania DES jako modyfikatorów adsorbentów w tych samych zastosowaniach [H9–H10], (3) użycia DES jako selektywnych rozpuszczalników ekstrakcyjnych do separacji inhibitorów fermentacji z hydrolizatów i brzeczek pofermentacyjnych [H11–H14], oraz (4) zastosowania DES jako modyfikatorów materiałów sorpcyjnych przeznaczonych do separacji emulsji ropa naftowa–woda [H15–H17]. Przedstawione prace łączy spójna realizacja przemyślanej koncepcji badawczej, wsparta zastosowaniem modelowania COSMO-RS i modelowania molekularnego, i liczne aspekty nowości w projektowaniu właściwości funkcjonalnych nowych rozpuszczalników i sorbentów.

Publikacje przedstawione do oceny ukazały się w recenzowanych czasopismach z listy JCR, i we wszystkich dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska pełni rolę autora korespondencyjnego. W dwunastu z nich jest pierwszym autorem, a artykuł przeglądowy [H8] jest monoautorską pracą Kandydatki. Większość prac opublikowano w czasopismach o wysokim współczynniku wpływu, w tym w uznanych tytułach z zakresu inżynierii chemicznej i chemii, takich jak *Chemical Engineering Journal*, *Chemical Engineering Research and Design*, *Green Chemistry* czy *Journal of Hazardous Materials*. Łączna punktacja Cyklu wynosi IF=111,8, co może pośrednio świadczyć o wysokiej jakości i randze naukowej prezentowanych osiągnięć.

Wkład merytoryczny dr inż. Patrycji Makoś-Chelstowskiej obejmuje opracowanie koncepcji badań, dobór i syntezę cieczy DES/MDES, projektowanie eksperymentów, udział w ich realizacji oraz interpretację wyników. Zastanawiające jest, że w znaczącej części prac współautorskich realizowanych wspólnie z Panią Edytą Słupek deklarowany w oświadczeniach zakres zaangażowania obu autorek był zbliżony, mimo że dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska pełniła funkcję promotora pomocniczego w jej przewodzie doktorskim, a badania te były w dużej części finansowane z kierowanych przez Habilitantkę projektów. Warto jednak podkreślić wiodącą rolę Kandydatki w przygotowanie publikacji, odpowiedzi na recenzje we wszystkich pracach Cyklu [H1–H17] oraz dominujący wkład merytoryczny w publikacjach [H15–H17]. Podsumowując, uważam, że Habilitantka wniosła znaczący i indywidualny wkład we wszystkie publikacje składające się na przedstawiony Cykl.

Cykl publikacji obejmuje cztery obszary tematyczne, do których odnoszę się w poniżej ocenie.

a) Ciecze głęboko eutektyczne i mieszaniny eutektyczne jako absorbenty do usuwania lotnych związków organicznych z biogazu [H1–H8]

Cykl prac [H1–H8] stanowi spójny i oryginalny wkład w rozwój technologii oczyszczania biogazu z zastosowaniem cieczy głęboko eutektycznych (DES) i mieszanin eutektycznych jako selektywnych i zrównoważonych absorbentów. Kandydatka zaproponowała nowatorskie podejście do oczyszczania biogazu z szeregu lotnych związków organicznych. W publikacji [H1] zbadano usuwanie LZO, w tym dichlorometanu, toluenu, heksametylodisiloksanu i aldehydu propionowego. Praca [H2] skupiła się na absorpcji związków siarkoorganicznych. W pracy [H3] przeanalizowano usuwanie lotnych związków chloroorganicznych. Badania w pracach [H4–H5] objęły związki krzemorganiczne (różne typy siloksanów). W pracy [H6] scharakteryzowano usuwanie węglowodorów aromatycznych (BTEX).

Kandydatka zaprojektowała i scharakteryzowała szereg nowych DES, wykorzystując modelowanie molekularne i techniki spektroskopowe w celu identyfikacji mechanizmów formowania i stabilizacji tych

mieszanin. Wyniki dostarczyły istotnych informacji na temat wpływu oddziaływań międzycząsteczkowych, w szczególności wiązań wodorowych, na właściwości fizykochemiczne tych układów. Uważam, że nowa wiedza otwiera drogę do bardziej racjonalnego projektowania DES o pożądanых cechach, takich jak niska temperatura topnienia, wysoka rozpuszczalność i stabilność, co jest kluczowe dla ich praktycznych zastosowań jako nowoczesnych absorbentów w procesach oczyszczania biogazu i innych aplikacjach. W efekcie obliczeń modelowych i przeprowadzonych eksperymentów, opracowane przez Kandydatkę mieszaniny DES wykazały wysoką selektywność wobec różnych klas zanieczyszczeń, co potwierdza ich potencjał aplikacyjny.

Ważną publikacją, z punktu widzenia inżynierii chemicznej i potencjalnych zastosowań, jest praca [H7], w której Autorka przedstawiła analizę ekonomiczną nowych rodzajów absorbentów opartych na cieczach eutektycznych, wykazujących zdolność do usuwania niepożądanych składników w biogazie, takich jak CO₂, H₂S, para wodna oraz wybranych siloksanów. Wykazała, że opracowane DES mogą stanowić konkurencyjną i ekologiczną alternatywę dla komercyjnych absorbentów, bez konieczności modyfikacji istniejących instalacji. Uważam, że oceniane osiągnięcie stanowi zatem istotny i oryginalny wkład w rozwój inżynierii chemicznej w zakresie racjonalnego projektowania DES do oczyszczania mieszanin gazowych.

Wieńcząc cykl, monoautorska praca przeglądowa [H8] stanowi krytyczne opracowanie dotyczące zastosowania cieczy eutektycznych (DES) do absorpcji lotnych związków organicznych ze strumieni gazowych. Autorka przedstawiła zależności między właściwościami DES a ich skutecznością sorpcyjną, omówiła metody regeneracji absorbentów oraz wskazała kierunki dalszych badań i potencjalne ograniczenia wdrożeniowe. Artykuł ten, opublikowany w prestiżowym *Journal of Hazardous Materials*, znalazł się w 1% najczęściej cytowanych publikacji w swojej kategorii. Aktualnie praca jest cytowana 72 razy od 2023 roku (dane na dzień 05.07.2025).

Podsumowując ocenę, uważam, że zaprezentowane prace [H1–H8] zawierają liczne elementy nowości naukowej, które mają znaczący wpływ na rozwój dyscypliny. Jednocześnie, ze względu na charakter postępowania w dyscyplinie inżynieria chemiczna, zasadne wydaje mi się zwrócenie uwagi na pewne niedokładności w opisie osiągnięć przedstawionym w Autoreferacie. Autorka używa pojęcia „efektywność absorpcji” w różnych kontekstach, odnosząc je zarówno do pojemności sorpcyjnej (równowagowej lub w warunkach dynamicznych), kinetyki procesu, jak i wydajności absorpcji, co utrudnia interpretację. Warto podkreślić, że pojemność sorpcyjna była w wielu przypadkach określana w warunkach półprzepływowych (ciecz w aparacie, ciągły przepływ fazy gazowej), co oznacza, że uzyskane wyniki zależą nie tylko od właściwości absorbentu, lecz także od objętości cieczy, natężenia przepływu gazu oraz warunków wymiany masy. Jest to zjawisko oczywiste i nie powinno być utożsamiane z efektywnością samego absorbentu. Ponadto, sformułowanie, że „słabsze oddziaływania niekowalencyjne (oddziaływania van der Waalsa) są siłą napędową procesu absorpcji siarczku dimetylu”, jest nieprecyzyjne i stanowi raczej skrót myślowy. Nieprecyzyjne było również odniesienie wpływu kinetyki procesu na wartość współczynnika podziału. Obniżenie lepkości w wyższej temperaturze rzeczywiście wpływa na wzrost szybkości wymiany masy, jednak nie można twierdzić, że „spadek lepkości minimalizuje wpływ temperatury na wartość współczynników podziału”. Podkreślam jednak, że powyższe uwagi nie umniejszają wartości i oryginalności osiągnięć Autorki, a z obowiązku recenzenta zwróciłam uwagę na opisane wyżej kwestie.

b) Ciecze głęboko eutektyczne i mieszaniny eutektyczne jako modyfikatory adsorbentów do usuwania lotnych związków organicznych z biogazu [H9-H10]

W cyklu prac [H9–H10] Habilitantka prezentuje oryginalne podejście do impregnacji adsorbentów: żelu krzemionkowego oraz biosorbentów lignocelulozowych pochodzących z materiałów odpadowych, z wykorzystaniem cieczy eutektycznych. Zmodyfikowane w ten sposób adsorbenty zastosowała do usuwania węglowodorów aromatycznych (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny) [H9] oraz lotnych związków

siarkoorganicznych (disiarczek węgla, disiarczek dimetylu, 1-propanotiol, 2-propanotiol) [H10] z modelowych strumieni biogazu.

W pracy [H9] wykazano, że zastosowanie cieczy eutektycznych o dużej lepkości, co stanowi ograniczenie w procesach absorpcji, w tym przypadku zwiększyło siły adhezji i trwałość warstw DES na powierzchni żelu krzemionkowego. Pozwoliło to na uzyskanie adsorbentów o zwiększonej pojemności sorpcyjnej, dużej stabilności termicznej i zdolności do wielokrotnej regeneracji bez utraty właściwości sorpcyjnych. W pracy [H10] na uwagę zasługuje zaproponowana przez Habilitantkę impregnacja biosorbentów za pomocą cieczy eutektycznych, skutkująca poprawą właściwości funkcjonalnych wobec związków siarkoorganicznych. Zastosowanie modeli kinetycznych i dyfuzyjnych w analizie procesów adsorpcji zwiększyło wartość naukową pracy i pozwoliło na lepsze zrozumienie mechanizmów usuwania zanieczyszczeń.

Uważam, że badania opisane w pracach [H9–H10] stanowią wkład zarówno do wiedzy podstawowej w zakresie projektowania nowych układów sorpcyjnych na bazie DES, jak i do rozwoju technologii oczyszczania biogazu, wykazując skuteczność modyfikowanych adsorbentów oraz poszerzając możliwości aplikacyjne cieczy eutektycznych.

c) Ciecze głęboko eutektyczne i mieszaniny eutektyczne jako rozpuszczalniki ekstrakcyjne do separacji inhibitorów fermentacji z hydrolizatów i brzeczek pofermentacyjnych [H11–H14]

W cyklu prac [H11–H14] Autorka skupiła się na wykorzystaniu cieczy głęboko eutektycznych oraz ich mieszanin jako nowoczesnych rozpuszczalników ekstrakcyjnych do separacji inhibitorów fermentacji z hydrolizatów i brzeczek pofermentacyjnych, powstających podczas ciemnej fermentacji biomasy lignocelulozowej. Związki te, choć pełnią rolę inhibitorów, są jednocześnie cennymi surowcami chemicznymi, dlatego ich selektywna separacja pozwala zarówno zwiększyć wydajność produkcji wodoru, jak i odzyskać wartościowe substancje. Do najważniejszych osiągnięć tym obszarze zaliczam:

- opracowanie innowacyjnej ekstrakcji *in situ*, polegającej na tworzeniu DES bezpośrednio w roztworze reakcyjnym, co skraca czas procesu;
- wykorzystanie ekstrakcji sekwencyjnej, pozwalającej na selektywną separację poszczególnych inhibitorów i uzyskanie związków o wysokim stopniu czystości;
- rozwój magnetycznych cieczy eutektycznych, które charakteryzują wysoką selektywnością wobec wybranych inhibitorów i znacznym skróceniem czasu separacji;
- wyjaśnienie mechanizmów tworzenia nowych DES i ich oddziaływań z inhibitorami fermentacji.

Omawiany fragment dorobku również oceniam jako wartościowy zarówno pod względem aplikacyjnym, jak i poznawczym. Autorka zaproponowała szereg innowacyjnych rozwiązań procesowych, które zwiększają efektywność ekstrakcji inhibitorów fermentacji, przy jednoczesnym uwzględnieniu aspektów środowiskowych poprzez zastosowanie bardziej ekologicznych metod separacji opartych na DES. Dodatkowym atutem jest realizacja części badań we współpracy międzynarodowej, w ramach stażu sfinansowanego z projektu AMERICIUM – „Excellence Initiative – Research University” (DEC-12/2021/IDUB/II.AMERICIUM) na Uniwersytecie w Walencji, gdzie Habilitantka pełniła rolę kierownika projektu, co podkreśla jej wiodący wkład koncepcyjny i merytoryczny.

d) Ciecze głęboko eutektyczne i mieszaniny eutektyczne jako modyfikatory gąbek do separacji ropy naftowej i wody [H15–H17].

Prace [H15–H17] stanowią istotny wkład w rozwój nowoczesnych materiałów sorpcyjnych przeznaczonych do separacji układów woda–olej, ze szczególnym uwzględnieniem rozdzielania ropy naftowej od wody. Koncepcja wykorzystania cieczy głęboko eutektycznych (DES) do impregnacji komercyjnie

dostępnych gąbek melaminowych, mająca na celu nadanie im właściwości hydrofobowych/superhydrofobowych oraz oleofilowych, jest oryginalnym pomysłem Habilitantki. Dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska skutecznie zastosowała modelowanie COSMO-RS do projektowania DES o pożądanych właściwościach funkcjonalnych. Uzyskane materiały charakteryzowały się wysoką pojemnością sorpcyjną względem różnych rodzajów ropy naftowej, dobrą wytrzymałością mechaniczną, stabilnością termiczną oraz możliwością wielokrotnej regeneracji, co ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia praktycznych zastosowań. Ciekawym i innowacyjnym rozwiązaniem było wprowadzenie nanocząstek Fe_3O_4 do kompozycji sorbentu, co nadało gąbkom właściwości magnetyczne i umożliwiło ich zdalne wykorzystanie do usuwania plam olejowych z powierzchni wody w trudno dostępnych miejscach.

Podsumowując, zaprezentowane rozwiązania wyróżniają się wysoką efektywnością, ekologicznym charakterem oraz dużym potencjałem wdrożeniowym. Uważam, że osiągnięcia opisane w pracach [H15–H17] stanowią wartościowy i oryginalny wkład w rozwój materiałów sorpcyjnych modyfikowanych z wykorzystaniem DES, przeznaczonych do separacji wybranych grup węglowodorów.

Podsumowując ocenę, do kluczowych osiągnięć naukowo-badawczych przedłożonego do oceny Cyklu zaliczam:

1. Opracowanie i zastosowanie cieczy głęboko eutektycznych (DES) jako zrównoważonych rozpuszczalników w różnych technikach separacji, w tym ekstrakcji, adsorpcji i absorpcji.
2. Zastosowanie metod teoretycznych (w szczególności modelowania COSMO-RS i modelowania molekularnego) do racjonalnego projektowania układów DES o pożądanych właściwościach separacyjnych.
3. Wyjaśnienie roli kluczowych oddziaływań, takich jak wiązania wodorowe oraz oddziaływania van der Waalsa, w kształtowaniu właściwości fizykochemicznych DES.
4. Rozwój biosorbentów z wykorzystaniem DES, o ukierunkowanych właściwościach fizykochemicznych i funkcjonalnych.
5. Zaprojektowanie funkcjonalnych materiałów sorpcyjnych modyfikowanych DES - sorbentów superhydrofobowych i magnetycznych, przeznaczonych do usuwania węglowodorów z wody.

Habilitantka przeprowadziła szeroko zakrojone badania eksperymentalne, stosując spójne i konsekwentne podejście badawcze obejmujące: (1) teoretyczne modelowanie właściwości rozpuszczalników, (2) wyjaśnianie mechanizmów oddziaływań pomiędzy DES a zanieczyszczeniami oraz (3) potwierdzenie skuteczności zaproponowanych układów w usuwaniu wybranych klas zanieczyszczeń. W przedłożonym Cyklu znajdują się oryginalne i nowatorskie elementy o istotnym znaczeniu naukowym. Wyniki prac są dobrze udokumentowane, spójnie zinterpretowane i stanowią wartościowy wkład w rozwój technik separacji z wykorzystaniem DES.

3. Informacja o aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej jednostce naukowej, w szczególności zagranicznej

Dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska wykazała się znaczącą aktywnością naukową prowadzoną we współpracy z zagranicznymi ośrodkami badawczymi. W okresie od stycznia do czerwca 2022 roku odbyła 6-miesięczny staż naukowy na Uniwersytecie w Walencji (Hiszpania) pod opieką prof. Míguela de la Guardii, podczas którego prowadziła badania nad opracowaniem magnetycznych cieczy głęboko eutektycznych (MDES) jako nowych mediów sorpcyjnych do ekstrakcji furanów z wodnych hydrolizatów. Staż zaowocował współautorstwem dwóch publikacji w czasopiśmie *Journal of Molecular Liquids*.

W grudniu 2023 roku odbyła krótką wizytę jako profesor wizytujący na Uniwersytecie Littoral-Côte-d'Opale w Dunkierce (Francja), na zaproszenie prof. Sophie Fourmentin. Wygłosiła seminarium poświęcone zastosowaniu DES w technikach separacyjnych oraz uczestniczyła w dyskusjach, których efektem jest publikacja przeglądowa w czasopiśmie *Environmental Chemistry Letters*.

W dniach 8–11 września 2024 roku jako wykonawca projektu OPUS (nr UMO-2021/41/B/ST8/02395) odbyła wizytę konsultacyjną na Uniwersytecie w Valladolid (Hiszpania), podczas której wygłosiła seminarium i omówiła dalsze etapy naukowej współpracy z prof. Raulem Muñozem.

Od 2021 roku prowadzi również współpracę naukową z prof. Vasilem Andruchem z Uniwersytetu Pavla Jozefa Šafárika w Koszycach (Słowacja), koncentrującą się na mechanizmach tworzenia cieczy DES oraz ich właściwościach strukturalnych i ekstrakcyjnych. Wynikiem tej współpracy jest sześć wspólnych publikacji w czasopiśmie z listy JCR (*Frontiers in Chemistry*, *Journal of Physical Chemistry B*, *Microchemical Journal*, *Journal of Molecular Liquids*).

Działalność naukowa dr inż. Patrycji Makoś-Chelstowskiej realizowana była również poza macierzystą jednostką, w tym w ośrodkach zagranicznych, co odpowiada wymaganiom ustawowym. Zakres tej aktywności świadczy o umiejętności prowadzenia badań w środowisku międzynarodowym i potwierdza spełnienie kryterium istotnej aktywności naukowej prowadzonej w więcej niż jednej jednostce, w tym zagranicznej.

4. Ocena aktywności naukowo-badawczej Habilitantki

Habilitantka wykazuje się wysoką aktywnością naukowo-badawczą, zarówno jako kierownik jak i wykonawca licznych projektów finansowanych ze źródeł krajowych, których wyniki miały kluczowe znaczenie dla osiągnięć przedstawionych w postępowaniu habilitacyjnym.

Habilitantka pełniła funkcję kierownika siedmiu projektów badawczych, w tym dwóch finansowanych ze środków zewnętrznych przez Narodowe Centrum Nauki: projektu Miniatura (2020) oraz projektu SONATA (2022–2025). Pozostałe pięć projektów prowadziła w ramach programu IDUB PG. Realizowane badania dotyczyły różnych aspektów zastosowania cieczy głęboko eutektycznych i były ściśle powiązane z osiągnięciem habilitacyjnym. Oprócz oświadczeń współautorów (*Załącznik 6*), stanowią one dowód na wiodący i indywidualny wkład Habilitantki. Ponadto uczestniczyła jako wykonawca w projektach OPUS (NCN), w tym w projekcie „Zagospodarowanie odpadów frakcji bio do dwuetapowego wytwarzania biowodoru z jednoczesnym uzdatnianiem strumieni gazowych za pomocą zielonych rozpuszczalników” (2022–2026, UMO-2021/41/B/ST8/02395), w którym pełniła rolę głównego wykonawcy.

Pozostałe projekty, w których uczestniczyła Habilitantka, nie są bezpośrednio związane z głównym nurtem jej badań naukowych. Ich tematyka obejmuje m.in. monitorowanie związków toksycznych w pieluchach dziecięcych, systemy informowania o alertach smogowych, działania na rzecz ochrony Bałtyku oraz rozwój klastrów usług środowiskowych. Udział w tych projektach świadczy o szerokim spektrum zainteresowań badawczych Habilitantki, szczególnie w obszarze ochrony środowiska i zrównoważonych technologii.

Habilitantka była promotorem pięciu prac magisterskich i jednej inżynierskiej oraz promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim zakończonym w 2023 roku (dr inż. Edyta Słupek). Pełniła także funkcję członka komisji doktorskiej na Uniwersytecie Côte d'Opale we Francji (2024). Jej działalność popularyzatorska obejmuje m.in. wykład popularnonaukowy na zaproszenie Wydziału Farmaceutycznego Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego, organizację warsztatów podczas dni otwartych PG oraz udział w Bałtyckim Festiwalu Nauki (2019, 2023, 2024).

Habilitantka była wielokrotnie nagradzana za działalność naukową. Otrzymała m.in. Nagrody Rektora dla Młodych Pracowników Nauki, prestiżową Nagrodę im. Wandy Szczepuły w kategorii TECH dla młodego naukowca (2022) oraz Stypendium Ministra Nauki dla wybitnych młodych naukowców (2024). Znalazła się również na globalnej liście TOP 2% najbardziej wpływowych naukowców według zestawienia Uniwersytetu Stanforda i wydawnictwa Elsevier za lata 2021, 2022 i 2023, co świadczy o wysokim wpływie jej prac. Aktywność recenzencka Kandydatki jest również imponująca – zrecenzowała dotychczas ponad 160 artykułów naukowych. Od 2020 roku pełni funkcję członka komitetu redakcyjnego czasopisma *Applied Spectroscopy Reviews*, co potwierdza jej pozycję w środowisku naukowym.

Dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska jest współautorką ponad 50 publikacji z listy JCR, a po uzyskaniu stopnia doktora znacząco zwiększyła swój dorobek naukowy, osiągając sumaryczny wskaźnik $\Sigma IF = 313,02$ oraz wysokie wskaźniki cytowań (indeks Hirscha=24, 2295 cytowań), co świadczy o dużym zainteresowaniu podejmowaną tematyką. Dr Makoś-Chelstowska jest także autorką dwóch zgłoszeń patentowych, aktywnie współpracuje z sektorem gospodarczym i regularnie uczestniczy w konferencjach krajowych oraz międzynarodowych.

Całokształt działalności naukowo-badawczej Pani dr inż. Patrycji Makoś-Chelstowskiej oceniam bardzo wysoko. Jest ona uznaną specjalistką w zakresie projektowania i otrzymywania „zielonych” mediów sorpcyjnych opartych na cieczach głęboko eutektycznych (DES), wykorzystywanych w różnych technikach separacji. Jej prace dotyczą zastosowania nowych sorbentów i biosorbentów do usuwania zanieczyszczeń oraz rozwój technik separacji i analizy chemicznej, i są szeroko cytowane w literaturze. Habilitantka w swoich badaniach podejmuje również próby wyjaśniania mechanizmów procesów sorpcji i oddziaływań między składnikami układów, wnosząc istotny wkład do rozwoju wiedzy w tej dziedzinie. Uważam, że dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska jest w pełni ukształtowanym pracownikiem naukowym, zdolnym do prowadzenia samodzielnych badań na wysokim poziomie.

5. Wniosek końcowy

Na podstawie analizy przekazanej mi do oceny dokumentacji oraz dostępnego stanu wiedzy uważam, że osiągnięcia przedstawione w ramach cyklu publikacji *„Projektowanie, charakterystyka i zastosowanie cieczy (głęboko) eutektycznych jako nowych mediów sorpcyjnych w oczyszczaniu paliw, biopaliw i surowców do ich produkcji oraz pozostałości”* spełniają formalne wymagania stawiane kandydatom w postępowaniach o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) i stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria chemiczna. Cykl ten zawiera wiele nowatorskich elementów naukowych, a prowadzone badania wykazują istotny potencjał aplikacyjny.

Oceniając całokształt działalności naukowo-badawczej, stwierdzam, że dr inż. Patrycja Makoś-Chelstowska jest aktywnym pracownikiem naukowym o znaczącym dorobku publikacyjnym i wysokich parametrach bibliometrycznych. Habilitantka uczestniczyła w pracach zespołów badawczych zarówno jako kierownik, jak i wykonawca, a także prowadzi aktywną współpracę międzynarodową, potwierdzoną wspólnymi publikacjami.

W związku z powyższym, w pełni popieram wniosek o nadanie Pani dr inż. Patrycji Makoś-Chelstowskiej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna.