



Dr hab. inż. Marek Ochowiak, prof. uczelni
WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej
ul. Berdychowo 4, 61-131 Poznań, tel. +48 61 665 2789
e-mail: marek.ochowiak@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 29 lutego 2024 roku

RECENZJA

dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

DR INŻ. ANNY JACKIEWICZ-ZAGÓRSKIEJ

**w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk
inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna**

1. Podstawa formalna i merytoryczna recenzji

Recenzję opracowałem na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej w Warszawie, wydane na podstawie decyzji nr DRKN.Z2.400.324.2023 Rady Doskonałości Naukowej z dnia 14 grudnia 2023 roku oraz uchwały nr RNDICh.1-8.2024 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej z dnia 9 stycznia 2024 roku, powołującej mnie na recenzenta Komisji Habilitacyjnej w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Anny Jackiewicz-Zagórskiej, zgodnie z art. 221 ust. 4 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742).

Dokumentację merytoryczną do oceny dorobku dr inż. Anny Jackiewicz-Zagórskiej stanowi Jej wniosek złożony do Rady Doskonałości Naukowej w dniu 18 grudnia 2023 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, wraz z załącznikami w formie elektronicznej na nośniku cyfrowym.

2. Przedstawienie podstawowych danych o kandydatce

Dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska uzyskała stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, nadany w dniu 9 listopada 2010 r. przez Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej na podstawie rozprawy doktorskiej pod tytułem „*Investigation into filtration of aerosol particles in inhomogeneous fibrous filters*”. Z przekazanej dokumentacji wynika, że Kandydatka nie ubiegała się uprzednio o nadania stopnia doktora habilitowanego.

Dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska jest wieloletnim pracownikiem Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. Od roku 2011 do dnia dzisiejszego jest adiunktem na tym Wydziale. Stopień magistra inżyniera uzyskała w roku 2004 na tym samym Wydziale.

3. Obowiązujące przepisy prawa na dzień wszczęcia ocenianego postępowania habilitacyjnego

Przy opracowaniu recenzji uwzględniłem wymagania zawarte w obowiązujących dokumentach prawnych, zwłaszcza w:

- Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku – tekst jednolity wg Obwieszczenia Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 marca 2023 (Dz.U. 2023 poz. 742);

- Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 11 października 2022 roku w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. z dnia 27 października 2022 r. poz.2202).

Zgodnie z obowiązującą Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742, Art. 219.1.) stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1) posiada stopień doktora;

2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:

a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

4. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako dorobek naukowy stanowiący podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska wskazała cykl publikacji naukowych zatytułowany „*Transport i depozycja cząstek aerozolowych w filtrach włókninowych*”. Jest to cykl czternastu powiązanych tematycznie prac, których Kandydatka jest współautorem.

Cykl powiązanych tematycznie prac naukowych stanowią artykuły naukowe w języku angielskim w recenzowanych czasopismach międzynarodowych z listy JCR. Są to następujące czasopisma: *Processes*, *Journal of Aerosol Science*, *Ecological Chemistry and Engineering Science* i *Inżynieria Ekologiczna*, *International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow*, *Separation and Purification Technology*, *Chemical and Process Engineering*, *Separation and Purification Technology*, *Aerosol and Air Quality Research*, *KONA Powder and Particle Journal*, *Aerosol Science and Technology*. Do zbioru prac Kandydatka włączyła również 1 rozdział w punktowanej monografii pt. *Rozwiązania technologiczne XXI wieku – skutki i perspektywy rozwoju* (Tom 4, Wydawnictwo Naukowe Tygiel, 2023) oraz 1 recenzowany materiał z konferencji międzynarodowej 11th World Filtration Congress (Graz, Austria 2012). Artykuły zostały opublikowane w latach 2011-2022, tj. 1 – w roku 2022, 1 – w roku 2020, 3 – w roku 2018, 2 – w roku 2016, 3 – w roku 2015, 1 – w roku 2013 oraz 1 – w roku 2011.

Artykuły stanowiące przedmiot cyklu publikacji mają konwencjonalny układ redakcyjny, po wprowadzeniu znajduje się omówienie celu naukowego i zakresu przeprowadzonych badań, omówienie wyników uzyskanych badań i ich dyskusja, wnioski i dość obszerna bibliografia. Poniżej omówiono zasadniczą treść czternastu artykułów, oznaczonych w Autoreferacie H1-H14.

Celem recenzowanego cyklu prac było dogłębne zrozumienie procesów transportu cząstek w filtrze włókninowym, uwzględniając jego złożoną strukturę i skomplikowany ruch cząstek w materiale filtracyjnym. Badania miały na celu nie tylko lepsze poznanie etapu początkowego procesu, ale także analizę procesu nieustalonego w czasie, kluczowego z punktu widzenia efektywnego użytkowania filtra w warunkach rzeczywistych.

Szczegółowe cele obejmowały następujące zagadnienia:

- Określenie wpływu struktury warstwy filtracyjnej na zachowanie się w niej cząstek.
- Określenie wpływu struktury włókna na zachowanie się cząstek w filtrze.
- Analizę zjawisk lokalnych zachodzących podczas kontaktu cząstka – włókno i cząstka – cząstka.
- Określenie wpływu morfologii cząstek na ich zachowanie się w materiale filtracyjnym.
- Analizę procesu filtracji aerozoli mieszanych.
- Wytworzenie i zbadanie włókninowego filtra z materiału biodegradowalnego.

Badania przeprowadzone w ramach cyklu publikacji miały na celu dostarczenie wiedzy umożliwiającej projektowanie skutecznych materiałów filtracyjnych, uwzględniając różnorodność

potrzeby, takie jak filtracja środowiskowa, przemysłowa czy ochrona osobista. Dzięki zaawansowanym technikom badawczym możliwe stało się lepsze zrozumienie zjawisk zachodzących na różnych etapach procesu filtracji oraz w różnych warunkach, co może prowadzić do stworzenia filtrów o wysokiej sprawności, stabilnym spadku ciśnienia i długim czasie użytkowania. Należy podkreślić, że duży udział Kandydatki w opracowaniu nowoczesnych stanowisk pomiarowych do analizy zachowania cząstek w różnych strukturach filtracyjnych. Wykorzystując metody eksperymentalne i modelowanie matematyczne, możliwe stało się rozszerzenie badań na inne przypadki oraz szerszy zakres parametrów. W ramach tych prac wykorzystano zaawansowane stanowiska firmy Palas, lidera w produkcji aparatury do generacji, charakterystyki oraz detekcji cząstek aerozolowych. Współpraca ta zaowocowała stworzeniem zaawansowanego stanowiska MFP Nano Plus, dedykowanego badaniu nanocząstek, co stanowiło wyzwanie ze względu na trudności w generowaniu i detekcji tychże cząstek. Udział Kandydatki w testach prototypu stanowiska oraz analiza uzyskiwanych wyników były kluczowe dla modyfikacji stanowiska, aby stało się ono komercyjnym produktem wysokiej jakości, gwarantującym skuteczne badania nawet trudnych obiektów. Przeprowadzone eksperymenty wykorzystywały zaawansowane stanowiska: Palas MFP 2000, Palas MFP NanoPlus oraz Palas HFP 2000, które umożliwiały kompleksową analizę filtracji cząstek stałych w różnych strukturach i warunkach pracy.

Wieloletni program badawczy został ukierunkowany nie tylko na budowę aparatury pomiarowej, ale przede wszystkim na określenie wpływu struktury warstwy filtracyjnej na zachowanie cząstki, wpływu morfologii cząstek na ich zachowanie w strukturze włókninowej oraz na przemysłową produkcję filtrów, która opiera się na technologii rozdmuchu stopionego polimeru.

Opis transportu i depozycji cząstek w różnych strukturach włókninowych Kandydatka rozpoczęła od zbadania wpływu średnicy włókna na skuteczność filtracji cząstek stałych i opory przepływu na filtrze w początkowym etapie procesu. Uzyskane wyniki przedstawiono w pracy H14. Przeprowadzono badania na trzech rodzajach filtrów włókninowych (Filtr A, Filtr B, Filtr C) wykonanych z polipropylenu metodą melt-blown o różnych średnicach włókien. Wykazano, że filtr o najmniejszej średnicy włókna (Filtr A) wykazywał najwyższą sprawność filtracji. Dodatkowo, zaobserwowano minimum skuteczności depozycji cząstek o średnicy około 0,3 μm (MPPS), co wynikało z kompleksowych interakcji między cząstkami a strukturą filtra. Kandydatka zaproponowała zaawansowany model przepływu częściowo segregowanego (PSFM), uwzględniający polidispersyjny rozkład średnic włókien w filtrze. Model ten lepiej dopasowywał się do rzeczywistych danych eksperymentalnych niż klasyczne podejścia. Ustalono, że klasyczna teoria pojedynczego włókna nie jest wystarczająca do przewidywania skuteczności filtracji w przypadku niejednorodnych struktur filtrujących.

W pracy H2, spróbowano tak zamodelować włókninowy materiał filtracyjny, aby odwzorować jego rzeczywistą strukturę. Przeprowadzono badania, uwzględniając mezoskalową niejednorodność struktury filtra. Wykazano, że polidispersyjny rozkład średnic włókien prowadził do wyższej skuteczności filtracji niż rozkład monodispersyjny. Dodatkowo,

stwierdzono, że nieregularna struktura filtra miała niższą skuteczność filtracji niż struktura regularna, ze względu na przesłanianie i tunelowanie przepływu przez różne obszary filtra. Przeprowadzono ponadto analizę współczynników niehomogeniczności dla spadków ciśnienia i skuteczności filtracji, które okazały się zależne od średnicy cząstki. W przypadku filtrów z polidispersyjnym rozkładem średnic włókien, wartość współczynnika niehomogeniczności dla skuteczności filtracji rosła ze wzrostem średnicy cząstki, co wynikało z obecności cienkich włókien o wyższej sprawności filtracji.

Mając na uwadze wyniki z pracy H14 wykazały, że zmniejszając średnicę włókna, można zwiększyć sprawność filtracji. Badania te sugerują, że przejście do reżimu nano może być korzystne dla poprawy wydajności filtrów. W artykule H11 opisano wykorzystanie nanowłókien w konwencjonalnej technologii melt-blown do produkcji materiałów filtracyjnych. Inkorporacja nanowłókien znacznie poprawiała sprawność filtracji poprzez zwiększenie depozycji cząstek na powierzchni filtra. Wykorzystanie polimerów o wyższym indeksie płynięcia (MFI) umożliwia uzyskanie filtrów o wyższym udziale włókien o mniejszej średnicy. To podejście może przyczynić się do poprawy skuteczności filtracji, jak pokazano w publikacji H11. Przeprowadzone badania potwierdziły istnienie efektu poślizgu przy stosowaniu nanowłókien w strukturze filtracyjnej. Jest to istotne zjawisko, które może zmniejszyć opór przepływu gazu przez filtr, prowadząc do obniżenia spadku ciśnienia i poprawy wydajności filtracji. Wyniki tych badań mają potencjalne zastosowania w przemyśle, szczególnie w produkcji filtrów do systemów wentylacyjnych, klimatyzacyjnych oraz ochrony układu oddechowego. Filtry oparte na nanowłóknach mogą przyczynić się do oszczędności energii i zapewnić skuteczną ochronę przed szkodliwymi cząstkami.

W następnych etapach pracy Kandydatka postanowiła sprawdzić, co dzieje się z cząstką w strukturze filtracyjnej wraz z upływem czasu filtracji. Praca H8 skupia się na zrozumieniu przemieszczania się cząstek w strukturze filtracyjnej w trakcie filtracji. Autorzy zadali pytania dotyczące trwałości depozytów na włóknach, możliwości ich oderwania i przemieszczenia się w strukturze, oraz ewentualnego opuszczenia filtra. Przeprowadzony przegląd literatury wykazał brak badań nad procesem filtracji w warunkach rzeczywistych, tj. po obciążeniu filtra cząstkami. Istniejące teorie często zakładają zbyt uproszczone modele, które nie odzwierciedlają rzeczywistych warunków. Autorzy wykorzystali w tym celu zaawansowane techniki obrazowania, takie jak nowoczesna przemysłowa mikrotomografia komputerowa CT, do analizy struktury filtrów z osadzonymi cząstkami. Dzięki temu uzyskali trójwymiarowe modele struktur filtracyjnych. Na podstawie obrazów z mikrotomografii komputerowej CT zbadano rozkład depozytów wewnątrz próbek filtrów. Wykazano, że ruch cząstek w materiale podczas filtracji nieustalanej wpływa na ich rozkład i lokalizację w strukturze. W pracy H8 opisano również symulacje procesu filtracji z różnymi prędkościami przepływu powietrza przez obciążone cząstkami filtry. Badania te miały na celu zrozumienie zachowania się cząstek w strukturze filtracyjnej w zależności od warunków przepływu. Porównano filtr wykonany z mikrowłókien o różnych średnicach włókien z nanofilrem. Wykazano, że średnica włókien wpływa na zachowanie się depozytów w strukturze filtra oraz na szybkość wzrostu spadku ciśnienia w filtrze.

Przeprowadzono analizę bilansu masowego cząstek, która potwierdziła, że żadne cząstki nie opuściły struktury filtracyjnej w trakcie badań.

Zjawisko wtórnego porywania cząstek uprzednio osadzonych, które jak udowodniono w pracy H8 wpływa na efektywność filtrów włókninowych, jest silnie związane z siłą adhezji. W ramach pracy badawczej H5 zaproponowano innowacyjny model oscylacyjnego bilansu energii odzwierciedlający procesy odbicia i resuspensji cząstek. Model ten opiera się na teorii adhezji. W celu modelowania dynamiki płynów, zastosowano zaawansowaną kombinację dwóch metod: lattice-Boltzmann do symulacji przepływu fazy gazowej oraz dynamiki Brownowskiej do śledzenia trajektorii cząstek aerozolu. Integracja obu metod pozwoliła na dokładne uwzględnienie interakcji między przepływem płynu a cząstkami, co stanowi kluczowy element w analizie zachowania się cząstek w złożonych systemach aerozolowych. Badania wykazały, że adhezja cząstek do powierzchni włókien ma kluczowe znaczenie dla efektywności procesu filtracji w materiałach włókninowych. Wyższe wartości pracy adhezji przyczyniają się do lepszej przyczepności cząstek do włókien, co prowadzi do wyższej skuteczności osadzania. Siła adhezji ma bezpośredni wpływ na sposób, w jaki cząstki przylegają do powierzchni włókien. Im wyższa wartość pracy adhezji, tym lepsza przyczepność i wyższa efektywność osadzania cząstek na włóknach. Jednakże, niższe wartości pracy adhezji mogą prowadzić do mniejszej efektywności osadzania. Badania wykazały, że działanie adhezji ma istotny wpływ na szybkość zatykania się filtra. Silne przyleganie cząstek do włókien może prowadzić do szybszego gromadzenia się cząstek i zatykania filtra, co z kolei skutkuje większym spadkiem ciśnienia na filtrze. Zrozumienie konsekwencji działania sił adhezji jest kluczowe dla projektowania filtrów o zoptymalizowanej wydajności. Poprzez odpowiedni dobór materiałów o określonej wartości pracy adhezji, można osiągnąć pożądaną skuteczność filtracji oraz kontrolować charakterystykę spadku ciśnienia.

Kolejną ideą Kandydatki było zaprezentowanie koncepcji gradientowej struktury filtracyjnej, która charakteryzuje się łagodnymi zmianami średnicy włókien oraz porowatością (H4). Opracowane filtry zostały zoptymalizowane pod kątem długotrwałego użytkowania, minimalizując wzrost oporu przepływu. Projektowane materiały, wraz z membranami, tworzyły zintegrowany system o kompaktowej konstrukcji, nadający się do instalacji w stacjach kontenerowych i transportu między punktami wydobywania gazu złożowego. Zastosowanie filtrów włókninowych do oczyszczania gazu złożowego pozwoliło na eliminację konieczności stosowania technologii odwadniania gazu z glikolem, co przyniosło obniżenie kosztów inwestycyjnych i dokładniejsze oczyszczanie gazu. Badania wykazały, że struktury filtracyjne złożone z różnych warstw materiałów wykazywały różne właściwości w długotrwałej filtracji. Filtry z mikrowłókninami w ostatniej warstwie okazały się najskuteczniejsze w długotrwałej filtracji, ze względu na mniejszą podatność na resuspensję cząstek. Zjawisko oderwania cząstek od włókna i ich ponowne wprowadzenie do strumienia gazu było związane z średnicą włókien, co ma istotne znaczenie dla projektowania filtrów warstwowych i gradientowych.

W pracach H7 i H13 opisano modyfikację powierzchni filtrów za pomocą nanopreczyków tlenku cynku. Zastosowano metodę hydrotermalną do osadzania nanopreczyków ZnO na wysoce porowatych materiałach filtracyjnych z polipropylenu. Modyfikacja powierzchni włókien za

pomocą nanopreczyków ZnO prowadziła do zwiększenia powierzchni filtrów, poprawy efektywności filtracji, zwłaszcza w przypadku cząstek o rozmiarze MPPS. Ponadto opracowano model numeryczny opisujący proces usuwania z powietrza aerozolowych cząstek abiotycznych i biotycznych, co umożliwiło projektowanie efektywnych materiałów filtracyjnych. Modelowanie obejmowało analizę oddziaływań między gazem, cząstkami i włóknami polimerowymi, co pozwoliło na przewidywanie zachowania się filtrów w różnych warunkach. Nowe filtry hybrydowe PP-ZnO mogą znaleźć zastosowanie w systemach wentylacji, klimatyzacji oraz jako osobista ochrona dróg oddechowych, zwłaszcza w kontekście zagrożeń mikrobiologicznych.

Morfologia cząstek, obejmująca takie aspekty jak rozmiar, kształt i struktura powierzchni, znacząco wpływa na ich zachowanie się w strukturze filtracyjnej. Wyniki badań zachowania monodispersyjnych kulistych nanocząstek w materiałach filtracyjnych metodą melt-blown przedstawiono w pracy H12. Eksperymentalnie określono penetrację nanocząstek przez filtry polidispersyjne i porównano wyniki z teorią filtracji. Stwierdzono, że dominującym mechanizmem depozycji jest dyfuzja brownowska, co potwierdziły wyniki obliczeń. Skuteczność filtracji oraz penetracja nanocząstek wzrastały wraz ze wzrostem średnicy analizowanych cząstek. Zastosowano zaawansowany model przepływu segregowanego PSFM, który doskonale dopasował się do eksperymentalnych danych penetracji dla wszystkich nanocząstek i filtrów. Analizowano zmienność współczynnika segregacji przepływu (s) w filtrach w zależności od rozmiaru nanocząstek. Stwierdzono, że wartość współczynnika s nie jest stała dla nanocząstek, a zmienia się wraz z ich rozmiarem, co można zinterpretować w kontekście dwóch rywalizujących ze sobą zjawisk transportu cząstek: konwekcji i dyfuzji brownowskiej. Intensywność segregacji wzrastała wraz ze wzrostem średnicy cząstek, co można było precyzyjnie interpolować względem liczby Pecleta za pomocą odpowiednich funkcji. Użycie modelu PSFM w połączeniu z interpolacją doprowadziło do doskonałego dopasowania do eksperymentalnych danych penetracji dla wszystkich badanych nanocząstek i filtrów. W mojej ocenie, praca ta wnosi istotny wkład w zrozumienie zachowania się monodispersyjnych nanocząstek w strukturach filtracyjnych, co ma kluczowe znaczenie dla projektowania skutecznych filtrów w różnych zastosowaniach. Opracowane modele i wnioski mogą być użyteczne w przemyśle oraz prowadzeniu dalszych badań nad filtracją nanocząstek.

Prace naukowe skupiające się na polidispersyjnych nanocząstkach stałych i ciekłych oraz aerozolach mieszanych przyniosły szereg istotnych osiągnięć i wniosków dotyczących filtracji tych cząstek. W ramach pracy H9 Kandydatka zajęła się polidispersyjnymi nanoaerozolami stałymi i ciekłymi. Badania przeprowadzono dla cząstek o średnicach od 20 nm do 200 nm, na trzech różnych filtrach włókninowych, wykazując skuteczność usuwania tych cząstek z powietrza. Stwierdzono, że morfologia nanocząstek nie miała istotnego wpływu na skuteczność ich separacji, co było zgodne z wcześniejszymi analizami mechanizmów depozycji cząstek na włóknach.

Badania dotyczące depozycji cząstek emitowanych przez silnik Diesla (DEP) wykazały, że filtry włókninowe produkowane za pomocą technologii melt-blown zapewniają wysoki poziom ochrony przed tymi cząstkami, osiągając skuteczność filtracji od 93% do 99%. Skuteczność filtracji

była niższa w przypadku teoretycznych obliczeń, co sugeruje, że polidispersyjna natura włókien może wpływać na proces filtracji (H10). Odpowiednio modyfikując stanowisko badawcze firmy Palas HFP2000 przeprowadzono szeroko zakrojone badania doświadczalne opisane w pracy H6, których wyniki wyjaśniono używając zaproponowanego w pracy H3 modelu numerycznego. Badania eksperymentalno-teoretyczne pozwoliły opisać zależności między depozycją kropli a cząstek stałych w filtrach włókninowych. Zaproponowano model numeryczny, który opisuje interakcje zachodzące podczas ekspozycji filtra na aerozol stały i ciekły.

Podsumowując, prace te przyniosły istotne wnioski dotyczące skuteczności filtracji polidispersyjnych nanocząstek oraz aerozoli mieszanych, co ma potencjalne zastosowanie w projektowaniu bardziej efektywnych materiałów filtracyjnych w różnych dziedzinach, od ochrony środowiska po medycynę i technologię.

Analizy wykonane w ramach pracy H6 rozpoczęto od przypadku naprzemiennej filtracji cząstki stała-ciecz (SC). Obserwacja wzrostu sprawności filtracji cząstek stałych w czasie, co wynikało głównie z depozycji cząstek na włóknach oraz tworzenia się struktur dendrytycznych, które działały jako dodatkowe kolektory cząstek. Wykazano, że obecność ładunku elektrycznego na cząstkach stałych wywoływała dodatkowy mechanizm elektrostatycznego osadzania, co skutkowało wzrostem efektywności filtracji. Zidentyfikowano różnice w mechanizmach osadzania cząstek stałych i ciekłych, co wpływało na efektywność filtracji. Siły adhezyjne działały inaczej w przypadku cząstek stałych niż ciekłych, co prowadziło do różnych wyników filtracji. Następnie kontynuowano analizę w układzie odwrotnym tzn. zachowanie się w filtrze cząstki podczas filtracji naprzemiennej ciecz – cząstki stałe (CS). Wykazano, że obecność cienkiej warstwy cieczy na powierzchni włókien zapobiegała tworzeniu dendrytów, co prowadziło do wzrostu efektywności filtracji cząstek stałych. Stwierdzono, że grubość warstwy cieczy na włóknach miała wpływ na efektywność filtracji. Grubsza warstwa utrudniała zatrzymywanie cząstek stałych, co prowadziło do zmniejszenia efektywności filtracji w porównaniu z suchym filtrem.

Praca naukowa H1 dotyczy rozwoju metodologii produkcji filtrów metodą rozdmuchu z roztworu, z wykorzystaniem materiałów przyjaznych dla środowiska, takich jak polilaktyd (PLA). Zespół zbudował specjalne stanowisko do produkcji filtrów metodą rozdmuchu z roztworu, co umożliwiło kontrolę parametrów procesu i uzyskanie materiałów o pożądanych właściwościach. Przeprowadzono eksperymenty mające na celu wybór optymalnych parametrów procesowych, takich jak stężenie roztworu, ciśnienie powietrza czy przepływ roztworu. Ostateczne parametry zostały wybrane tak, aby uzyskać stabilne i wysokiej jakości materiały filtracyjne. Przeprowadzono badania skuteczności filtracji oraz spadku ciśnienia dla materiałów filtracyjnych z PLA o różnych stężeniach roztworu. Wykazano, że wyższe stężenia roztworu prowadziły do grubszych włókien, co miało wpływ na skuteczność filtracji. Badano wpływ mechanizmu elektrostatycznego na skuteczność filtracji. Zaobserwowano, że neutralizacja ładunku elektrycznego miała istotny wpływ na skuteczność filtracji, co sugeruje znaczący udział sił elektrostatycznych w procesie filtracji materiałów włókninowych z PLA. Wykorzystanie PLA, który jest biodegradowalny i nadaje się do kompostowania, otwiera nowe możliwości w produkcji

filtrów przyjaznych dla środowiska, co może przyczynić się do zmniejszenia problemu zanieczyszczenia środowiska przez odpady polimerowe. Podsumowując, praca ta przyniosła istotny wkład w rozwój metodologii produkcji filtrów metodą rozdmuchu z roztworu z użyciem materiałów biodegradowalnych, oraz wniosła nowe spojrzenie na wpływ elektrostatyki na skuteczność filtracji. Te osiągnięcia mają potencjalne zastosowania w przemyśle filtracyjnym, przyczyniając się jednocześnie do zmniejszenia negatywnego wpływu produkcji i utylizacji tradycyjnych polimerów na środowisko.

Podsumowując, praca naukowa, składająca się z cyklu artykułów H1-H14, poświęcona była doskonaleniu materiałów filtracyjnych oraz zgłębianiu procesów transportowych różnych cząstek w różnych strukturach filtracyjnych. Przedstawiono wiele istotnych osiągnięć i wniosków, które przyczyniają się do lepszego zrozumienia i doskonalenia technologii filtracji. Otwierają one drogę do produkcji materiałów filtracyjnych o wysokiej skuteczności i długotrwałym użytkowaniu, bardziej wydajnych i ekologicznych, a opracowane modele numeryczne opisujące filtrację aerozoli mieszanych stanowią istotny wkład w dziedzinę filtracji. Wnioski wyciągnięte na podstawie długotrwałych, sięgających 12 lat, obserwacji i badań są kluczowym osiągnięciem Kandydatki, są nieporównywalne z wnioskami z innych publikacji opartych na badaniach krótkotrwałych. Osobiście nie mam żadnych merytorycznych zastrzeżeń do prac badawczych Kandydatki. Kandydatka wskazuje również jednoznacznie cele badawcze związane z technikami filtracji, które stawia sobie na przyszłość.

Oceniając osiągnięcie naukowe Kandydatki oparte na cyklu publikacji, a nie na autorskiej monografii naukowej, recenzent jest zmuszony do rozpoznania istotności wkładu Kandydatki do publikacji współautorskich. Opis wkładu w pracę zadeklarowany przez Kandydatkę jest zgodny z oświadczeniami współautorów prac. W większości prac Kandydatka rozpoczęła badania oraz przedstawiła koncepcję ich przeprowadzenia. Większość z prac została opublikowana w czasopiśmie o dużym wskaźniku cytowań IF. W siedmiu pracach Kandydatka zajmowała pierwsze miejsce w składzie autorów i była autorem korespondencyjnym (w pracy H14 nie podano autora korespondencyjnego). Analizując warsztat naukowy stosowany w publikacjach można uznać, że Kandydatka była we wszystkich publikacjach pomysłodawcą oraz realizatorem badań doświadczalnych, zajmowała się analizą wyników, ich interpretacją oraz formułowaniem wniosków. Uznaję, że Kandydatka miała też wiodący udział w przygotowaniu manuskryptów, zatem sumarycznie miała Ona dominujący wkład twórczy w opracowanie cyklu publikacji współautorskich.

Podsumowując uznaję, że opisane powyżej osiągnięcie naukowe jest istotne dla analizy procesu filtracji i stanowi ono istotny wkład Kandydatki w rozwój dyscypliny inżynieria chemiczna.

5. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych po uzyskaniu doktoratu

5.1. Publikacje nie włączone do osiągnięcia naukowego

Publikacje Kandydatki z okresu po uzyskaniu doktoratu, nie włączone do osiągnięcia naukowego, liczą 1 opublikowaną monografię naukową, 1 rozdział w monografii, 18 artykułów naukowych w międzynarodowych czasopismach recenzowanych oraz 9 opublikowanych referatów konferencyjnych.

Trzydzieści artykułów opublikowano w czołowych czasopismach międzynarodowych indeksowanych w Web of Science, takich jak: Separation and Purification Technology, Processes, Journal of Environmental Chemical Engineering, Journal of Aerosol Science, Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia i Inżynieria Ekologiczna S, International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Chemical and Process Engineering, Aerosol and Air Quality Research, KONA Powder and Particle Journal, Aerosol Science and Technology, pozostałe opublikowano w recenzowanych czasopismach. Tematyka publikacji obejmowała zagadnienia filtracji i separacji. Uzyskano wartościowe poznawczo wyniki badań, publikacje zostały zauważone i cytowane w literaturze, uzyskano też wyniki istotne praktycznie.

Wśród powyższych publikacji wszystkie były dziełami współautorskimi. W siedmiu artykułach Kandydatka była pierwszym autorem. Na podstawie informacji „*Author contributions*” zawartej w niektórych z powyższych artykułów można stwierdzić, że Kandydatka brała udział zarówno w koncepcji pracy, jak i w badaniach i analizę uzyskanych wyników, a także redakcji manuskryptów. Zatem Jej udział w artykułach był znaczący.

5.2. Patenty, wdrożenia, wystąpienia konferencyjne

Kandydatka nie wykazuje w swoim dorobku zgłoszeń patentowych, patentów i opracowań technologicznych wdrożonych w zakładach przemysłowych. Twórcza działalność patentowa i wdrożeniowa Kandydatki jest zatem zerowa, co kłóci mi się np. z opracowanymi aparatami pomiarowymi, czy nowymi filtrami.

W okresie zarówno przed, jak i po uzyskaniu doktoratu Kandydatka brała czynny udział w licznych konferencjach i seminariach naukowych. Kandydatka jest współautorką sumarycznie (przed i po doktoracie) ponad 40 wystąpień konferencyjnych, z czego 29 prezentowała osobiście. Wśród prezentowanych osobiście prezentowanych po uzyskaniu stopnia doktora można wyróżnić 9 wystąpień na międzynarodowych konferencjach naukowych oraz 8 wystąpień na krajowych konferencjach naukowych. Była Ona współautorem referatów konferencyjnych, w tym wystąpień na konferencjach międzynarodowych i krajowych m.in.: European Aerosol Conference - EAC 2021, 7th European Young Engineers Conference EYEC, European Aerosol Conference EAC 2015, International Aerosol Conference, European Conference on Fluid-Particle Separation FPS 2014, AAAR 30th Annual Conference, International Aerosol Conference IAC, Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Rozwiązania i technologie XXI wieku”, 23rd Polish Conference of Chemical and Process Engineering, XXII Ogólnopolska Konferencja Inżynierii Chemicznej i Procesowej, 11th World Filtration Congress. Należy pochwalić trafność wyboru konferencji naukowych, wiodących

konferencji w obszarze filtracji i inżynierii chemicznej, na których Kandydatka prezentowała swoje osiągnięcia.

W latach 2013-2017 pełniła Ona funkcję członka komitetu naukowego międzynarodowej konferencji EYEC European Young Engineers Conference. Nie stwierdziłem żadnej aktywności Kandydatki w zakresie prac w komitetach organizacyjnych konferencji naukowych.

5.3. Udział w projektach finansowanych w drodze konkursów

Po uzyskaniu stopnia doktora Kandydatka brała udział w realizacji różnorodnych projektów badawczych, zdobywając doświadczenie w zakresie nowoczesnych technologii i innowacyjnych materiałów. Jej zaangażowanie obejmowało zarówno kierownicze role, jak i aktywny udział jako wykonawca projektów. W ramach projektu LIDER III z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, o nazwie „*Nowe metody przygotowania gazu złożowego do celów technologicznych i dystrybucji w oparciu o nowoczesne materiały filtracyjne*” (LIDER/13/97/L-3/NCBR/2012), pełniła funkcję kierownika projektu w latach 2013-2015. Następnie, w projekcie LIDER VI z NCBiR, zatytułowanym „*Odolejanie cieczy i gazów za pomocą materiałów filtracyjnych zmodyfikowanych aerozelem*” (LIDER/011/L-6/14/NCBR/2015), uczestniczyła jako wykonawca projektu w okresie od 2016 do 2019 roku. W trakcie swojej aktywności naukowej Kandydatka nadal rozwijała swoje zainteresowania badawcze, co odzwierciedlają projekty realizowane w późniejszym okresie. W projekcie badawczym z Priorytetowego Obszaru Badawczego – Technologie Materiałowe edycja 1 (POB_TM1), pt. „*Filtracyjne materiały kompozytowe polipropylen-ZnO przeznaczone do skutecznego usuwania z powietrza cząstek abiotycznych i biotycznych dla poprawy jakości życia oraz bezpieczeństwa człowieka i środowiska*”, w latach 2020-2021, pełniła rolę kierownika projektu. Dodatkowo, w projekcie badawczym z IDUB PW against COVID-19 (Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza), zatytułowanym „*Penetracja wydychanych cząstek aerozolowych przez maseczki filtracyjne – ocena zagrożenia personelu medycznego zarażeniem koronawirusem SARS-CoV-2*”, realizowanym w latach 2020-2021, uczestniczyła jako wykonawca projektu, wnosząc swój wkład w istotne badania związane z pandemią. Należy także wspomnieć o udziale Kandydatki w grantowanym przez Ministerstwo Nauki projekcie pt. „*Optymalizacja filtracji aerozoli submikronowych i nanometrycznych z wykorzystaniem nanowłókien i włókien elektretowych*” (nr 1 T09C 014 30), realizowanym w latach 2007-2009 przed uzyskaniem stopnia doktora. W ramach tego projektu, pełniąc rolę wykonawcy, zdobywała doświadczenie w obszarze optymalizacji procesów filtracji, co stanowiło cenne fundamenty dla jej późniejszych badań i osiągnięć naukowych.

5.4. Udział w zespołach badawczych, aktywność recenzencka

Kandydatka wykazała znaczącą aktywność naukową i współpracę z różnymi ośrodkami badawczymi, zarówno krajowymi, jak i zagranicznymi, po uzyskaniu doktoratu. W ramach współpracy bilateralnej, odbyła staż w Institute for Experimental Physics, University of Vienna, prowadząc badania w Aerosol Physics and Environmental Physics Laboratories. Niestety, nie ma dostarczonych szczegółowych informacji odnośnie długości trwania stażu, który został odbyty przed obroną jej rozprawy doktorskiej. Staż ten jest istotnym elementem do uwzględnienia, gdyż

może dostarczyć dodatkowych informacji na temat doświadczenia i osiągnięć kandydatki w określonym obszarze badawczym. W kontekście procesu ubiegania się o stopień doktora habilitowanego, szczegóły dotyczące tego stażu mogłyby być istotne dla pełniejszej oceny jej dorobku naukowego i doświadczenia. Należy jednak zaznaczyć, że uzyskane wyniki zostały opublikowane w renomowanych czasopismach oraz zaprezentowane na międzynarodowych i krajowych konferencjach. Kolejna współpraca z Norweskim Instytutem Badania Wody (NIVA) zaowocowała projektem dotyczącym funkcjonalizowanych filtrów włókninowych do uzdatniania wody, co potencjalnie ma zastosowanie w różnych sektorach, w tym przemyśle naftowym i gazowym. Efektem tej współpracy był wniosek projektowy złożony w ramach konkursu M-ERA.NET, obejmujący kompleksowe podejście do projektowania filtrów kompozytowych. Współpraca z Pracownią Zagrożeń Biologicznych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy - Państwowego Instytutu Badawczego (CIOP-PIB) zaowocowała artykułem opublikowanym w czasopiśmie *Journal of Environmental Chemical Engineer* oraz prezentacjami na międzynarodowych konferencjach. Dodatkowo, współpraca z Pracownią Aerozoli, Filtracji i Wentylacji Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Warszawie skupiła się na badaniu skuteczności filtracji nanokropli w materiałach stosowanych do produkcji maseczek ochronnych, co doprowadziło do obrony dwóch prac dyplomowych na Politechnice Warszawskiej.

Kandydatka, po uzyskaniu doktoratu, wykazała znaczącą aktywność naukową oraz wyjątkowe osiągnięcia w dziedzinie współpracy z przemysłem. Podczas wieloletniej współpracy z firmą Amazon Filters sp. z o.o., Kandydatka skoncentrowała się na podnoszeniu efektywności filtrów włókninowych, wydłużaniu ich użytkowania oraz opracowywaniu materiałów filtracyjnych zawierających nanowłókna. Jej praca zaowocowała unikalnymi rozwiązaniami technologicznymi, które zostały wdrożone do produkcji (brak jakiegokolwiek dokumentu potwierdzającego wdrożenie), a także wprowadzeniem nowych procesów filtracyjnych. W ramach umowy badawczej z firmą Cummins Filtration Ltd (USA), Kandydatka kierował eksperymentalną analizą filtracji cząstek aerozolowych, co doprowadziło do modyfikacji technologii produkcji i stworzenia konkurencyjnych produktów na rynku. Współpraca z firmą Palas GmbH (Niemcy) zaowocowała udoskonaleniem stanowiska do badania procesu filtracji nanocząstek stałych i ciekłych z powietrza, co przyczyniło się do powstania nowej linii produktów. Dodatkowo, Kandydatka wykonała szereg ekspertyz na zlecenie różnych przedsiębiorców, w tym analizy materiałów filtracyjnych, parametrów pracy włóknin filtracyjnych do masek ochronnych oraz badania procesu rozwłókniania polietylenu.

Kandydatka wykazuje też aktywność jako recenzent artykułów naukowych zgłaszanych do czasopism międzynarodowych i krajowych.

Podsumowując, Kandydatka wykazała się nie tylko wysoką aktywnością badawczą, ale także umiejętnością nawiązywania owocnej współpracy z różnymi instytucjami naukowymi, co stanowi solidne fundamenty dla dalszego rozwoju w obszarze nauki i innowacji. Udział Kandydatki w licznych innowacyjnych projektach finansowanych w drodze konkursów, prowadzoną współpracą zagraniczną i działalność recenzencką oceniam pozytywnie ich adekwatność w kontekście ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

6. Ocena dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Dorobek dydaktyczny i organizacyjny Kandydatki stanowi wyjątkowo bogatą i różnorodną aktywność w obszarze edukacji oraz pracy naukowej. Od 2005 roku zaangażowana jest w prowadzenie zajęć dydaktycznych na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej oraz na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej, gdzie w ramach swojej działalności zajmowała się projektowaniem i prowadzeniem wielu kursów oraz laboratoriów. Jej zaangażowanie nie ograniczało się tylko do prowadzenia zajęć, lecz obejmowało również opiekę nad pracami dyplomowymi studentów, będąc ich promotorem (44 prace) i recenzentem (14 prac). Ważnym elementem jej działalności jest również pełnienie funkcji promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim pana Łukasza Wernera (praca pt. „*Filtracja nanocząstek w polimerowych strukturach włókninowych*”), co potwierdza jej zaawansowane umiejętności naukowe oraz zaufanie w środowisku akademickim. Kandydatka odznacza się także aktywnością organizacyjną, m.in. jako opiekun Koła Naukowego Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. Ponadto, jej zaangażowanie w rozwój zawodowy jest niezwykle imponujące, uczestnicząc w licznych kursach, szkoleniach oraz studiach podyplomowych, co pozwoliło na zdobycie cennych umiejętności zarówno w obszarze dydaktyki, jak i zarządzania projektami oraz zespołami badawczymi.

Kandydatka wykazuje silne zaangażowanie w działalność naukową oraz organizacyjną na Politechnice Warszawskiej, co zostało uznane przez JM Rektora i inne instytucje. Jej osiągnięcia obejmują m.in.: rolę sekretarza Komisji Oceny Śródkresowej Doktorantów oraz opiekuna Laboratorium Technik Separacyjnych na PW, rolę opiekuna Koła Naukowego Inżynierii Chemicznej i Procesowej, członkostwo w komitecie naukowym na konferencji EYEC European Young Engineers Conference. W zakresie popularyzacji nauki miała udział w publikacjach, wystawach i wykładach. Otrzymała liczne nagrody, w tym dyplom z wyróżnieniem, stypendia, wyróżnienia za prace naukowe i dydaktyczne, oraz nagrody za prezentacje i zdjęcia. Zaangażowanie w dydaktykę i działalność organizacyjną Kandydatki zostało docenione przez instytucje akademickie oraz nagrodzone przez JM Rektora PW.

Podsumowując, dorobek dydaktyczny i organizacyjny Kandydatki jest godny uznania, stanowiąc solidną podstawę przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego.

7. Wskaźniki bibliometryczne dorobku publikacyjnego

Zgodnie z przekazaną dokumentacją wskaźniki cytowań publikacji Kandydatki są następujące:

- według bazy Scopus: liczba cytowań 165 (aktualnie 183), wskaźnik H = 8 (aktualnie 9),
- według bazy Web of Science: liczba cytowań 128 (aktualnie 146), wskaźnik H = 7.

Sumaryczny Impact Factor wg. dokumentacji wynosi: 63,644.

Zauważyć trzeba wyraźny wzrost liczby cytowań w okresie od czasu złożenia wniosku. Sumaryczna liczba cytowań oraz wskaźnik H wskazują na międzynarodową rozpoznawalność

prac Kandydatki i widoczny wpływ na rozwój nauki. Wskaźniki nie odbiegają od przeciętnie oczekiwanych wskaźników na tym etapie kariery naukowej w reprezentowanej dyscyplinie.

8. Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej powyżej szczegółowej oceny dorobku stwierdzam, że dr inż. Anna Jackiewicz-Zagórska wykazała się znaczącymi osiągnięciami naukowymi po uzyskaniu doktoratu. Jej wkład w rozwój dziedziny inżynierii chemicznej, zwłaszcza w obszarze procesów filtracji i separacji, jest istotny. Dodatkowo, odnotowuję, że Kandydatka odbyła staż naukowy za granicą oraz aktywnie uczestniczyła w międzynarodowej współpracy naukowej, czego dowodem są liczne artykuły napisane we współpracy z zagranicznymi badaczami.

Podsumowując, nie tylko zaobserwowałem wysoką aktywność badawczą Kandydatki, ale także jej zdolność do budowania owocnych relacji z różnymi instytucjami naukowymi, co stanowi solidną podstawę do dalszego rozwoju w obszarze nauki i innowacji. Uważam, że udział Kandydatki w wielu innowacyjnych projektach finansowanych poprzez konkursy, jej międzynarodowa współpraca oraz aktywność jako recenzent są adekwatne w kontekście ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Mimo braku bezpośrednich dokumentów, pozytywnie oceniam również jej aktywność w dziedzinie wdrożeń, którym niewątpliwie było stworzenie zaawansowanego stanowiska MFP Nano Plus wspólnie z firmą Palas. Ponadto, wysoko oceniam jej zaangażowanie w działalność dydaktyczną i organizacyjną.

Podsumowując stwierdzam, że dorobek dr inż. Anny Jackiewicz-Zagórskiej jest wystarczający, aby spełnić wymagania związane z nadaniem stopnia naukowego doktora habilitowanego określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z późniejszymi poprawkami. W związku z powyższym popieram wniosek o nadanie dr inż. Annie Jackiewicz-Zagórskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna i wnioskuję o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

INSTYTUT TECHNOLOGII I INŻYNIERII CHEMICZNEJ



DR HAB. INŻ. MAREK OCHOWIAK, PROF. PP

KIEROWNIK ZAKŁADU INŻYNIERII I APARATURY CHEMICZNEJ