



dr hab. inż. Wirginia Tomczak, prof. PBS

Bydgoszcz, dn. 28 listopada 2024 r.

Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich

Wydział Technologii i inżynierii Chemicznej

Zakład Inżynierii Chemicznej i Bioprosesowej

wirginia.tomczak@pbs.edu.pl

## Recenzja

### Pracy doktorskiej mgra Waldemara Jankowskiego

pt. „Membrany z poli(fluorku winylidenu) modyfikowane kwasem cynamonowym i wybranymi tlenkami metali ziem rzadkich w procesie destylacji membranowej”

#### 1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą niniejszej recenzji jest pismo Pani dr hab. Urszuli Kiełkowskiej, Dziekan Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, z dnia 17.10.2024 r., informujące o powołaniu mnie przez Radę Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne UMK w Toruniu na recenzenta pracy doktorskiej Pana mgra Waldemara Jankowskiego.

Praca doktorska Pana mgra Waldemara Jankowskiego, zatytułowana „Membrany z poli(fluorku winylidenu) modyfikowane kwasem cynamonowym i wybranymi tlenkami metali ziem rzadkich w procesie destylacji membranowej”, została zrealizowana pod kierunkiem Pani dr hab. Joanny Kujawy, prof. UMK w Katedrze Chemii Fizycznej i Fizykochemii Polimerów Wydziału Chemii UMK w Toruniu.

#### 2. Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Przedstawiona praca dotyczy wytwarzania nowych membran hydrofobowych przeznaczonych do procesu destylacji membranowej. Nie ulega wątpliwości fakt, że podjęta przez Pana mgra Waldemara Jankowskiego tematyka naukowa jest niezwykle interesująca





i wpisuje się w światowe trendy badawcze w obszarze procesów membranowych. Liczba prac dotyczących tej tematyki i publikowanych w renomowanych czasopismach każdego roku istotnie wzrasta.

Praca doktorska została napisana w języku polskim, ma charakter monograficzny i liczy 148 stron. Tytuł pracy doktorskiej został sformułowany w sposób poprawny i jest zgodny z jej treścią. Rozprawa rozpoczyna się od streszczenia napisanego w języku polskim i angielskim (abstract). Składa się z 10 następujących rozdziałów: Wprowadzenie, Charakterystyka materiałów, Metody wytwarzania membran, Przegląd literaturowy, Cel pracy, Część eksperymentalna, Część badawcza - wyniki badań, Podsumowanie i wnioski, Referencje i Dorobek naukowy.

Struktura rozprawy doktorskiej jest poprawna i przejrzysta. Praca jest napisana w sposób jasny i zrozumiały. Pod względem edytorskim została przygotowana starannie. Znajdują się w niej tylko drobne, nieliczne uchybienia interpunkcyjne i typograficzne. Rozprawa została wzbogacona 58 wykresami, zdjęciami i schematami, 16 równaniami i 12 tabelami.

**Podsumowując, praca doktorska Pana mgra Waldemara Jankowskiego spełnia wszystkie wymogi formalne stawiane pracom doktorskim.**

### **3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej**

Praca doktorska Pana mgra Waldemara Jankowskiego wpisuje się w nurt obecnie prowadzonych badań nad udoskonaleniem membran przeznaczonych do procesu destylacji membranowej. W rozdziałach 1-3 zostały przedstawione m.in. podstawy teoretyczne procesu destylacji membranowej, charakterystyka poli(fluorku winylidenu), kwas cynamonowego, tlenków metali ziem rzadkich, fosforanu trietylu oraz opis metod wytwarzania membran, tj. inwersji faz oraz elektroprzędzenia. W rozdziale 4 została omówiona charakterystyka następujących metod modyfikacji membran: powlekanie przez zanurzanie (Rozdział 4.1), mieszanie (Rozdział 4.2), powlekanie natryskowe (Rozdział 4.3) i technika „warstwa po warstwie” (Rozdział 4.4). Bardzo wysoko oceniam przygotowaną przez Pana mgra Waldemara Jankowskiego Tabelę 2, która w jasny i precyzyjny sposób ilustruje dotychczasowe osiągnięcia naukowe dotyczące metod modyfikacji membran, stanowiąc tym samym źródło uporządkowanych informacji wraz z odniesieniami do konkretnych źródeł literaturowych. Rozdziały 1-4 zostały napisane dobrze pod względem merytorycznym i bardzo dobrze





wprowadzają Czytelnika w podjętą przez Pana mgr Waldemara Jankowskiego tematykę. W rozprawie zacytowano 184 prace, z czego zdecydowana większość (145 prac) została opublikowana w ciągu ostatnich 10 lat. W związku z tym stwierdzam, że dobór bibliografii jest bogaty i jak najbardziej właściwy.

**Po bardzo szczegółowym zapoznaniu się z przedstawioną mi do recenzji pracą doktorską stwierdzam, że Pan mgr Waldemar Jankowski wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie Nauki Chemiczne.**

Nadrzędnym celem pracy (Rozdział 5) było opracowanie i wytworzenie nowych membran hydrofobowych, dedykowanych procesowi destylacji membranowej, na bazie komercyjnego poli(fluorku winylidenu) z wykorzystaniem kwasu cynamonowego oraz tlenków metali ziem rzadkich: tlenku prazeodymu, tlenku samaru oraz tlenku holmu. Drugim, dodatkowym celem badań było opracowanie procedury wytworzenia membran nanowłóknistych metodą elektroprzędzenia z roztworu z fosforanu trietylu. Wydajność i właściwości transportowe otrzymanych membran określono poprzez realizację procesu destylacji membranowej z przerwą powietrzną. Cel pracy został przedstawiony w sposób poprawny. Istotnym walorem tej części rozprawy jest graficzna prezentacja struktury wykonanych badań. Biorąc pod uwagę aktualny stan wiedzy w obszarze membran stosowanych do destylacji membranowej, cel pracy należy uznać za jak najbardziej zasadny i ambitny.

W rozdziale 6 zostały przedstawione materiały, odczynniki oraz materiały analityczne, z których Pan mgr Waldemar Jankowski korzystał w trakcie realizacji badań eksperymentalnych. W pracy zastosowano wiele metod, technik i narzędzi analitycznych: dyfrakcję promieni rentgenowskich, widmo w podczerwieni z transformacją Fouriera, skaningową mikroskopię elektronową o wysokiej rozdzielczości, transmisyjną mikroskopię elektronową o wysokiej rozdzielczości, mikroskopię sił atomowych, pomiary goniometryczne oraz analizy: termogravimetryczną, potencjału zeta i porowatości, wielkości porów membran, ciśnienia wnikania cieczy, wielkości cząstek proszków REMO, stabilności membran i bioakumulacji modyfikatorów. Opis stosowanego układu laboratoryjnego do destylacji membranowej z przerwą powietrzną oceniam jako czytelny i właściwy. Stwierdzam, że wybrana przez Pana mgr Waldemara Jankowskiego metodyka badań była poprawna i adekwatna do celu pracy. Pan mgr Waldemar Jankowski wykazał się doskonałą umiejętnością stosowania zaawansowanych metod analitycznych do rozwiązania konkretnych zagadnień naukowych, które wchodziły w zakres ustalonego przedmiotu badań. Podkreślenia przy tym





wymaga fakt, że zastosowanie tak wielu metod analitycznych wymagało odpowiedniego zaplanowania i przemyślenia wszystkich prac badawczych. To niewątpliwie świadczy o dojrzałości w obszarze projektowania oraz przeprowadzania prac naukowo-badawczych.

W Rozdziale 7 zostały przedstawione uzyskane wyniki badań dotyczące przede wszystkim: formowania membran (Rozdział 7.1), ich modyfikacji (Rozdział 7.2), charakterystyki (Rozdział 7.3), efektywności w procesie destylacji membranowej z przerwą powietrzną (Rozdział 7.4), stabilności i odporności na zwilżanie (Rozdział 7.5) oraz potencjałów bioakumulacyjnych (Rozdział 7.6). Interpretacja uzyskanych wyników jest bardzo obszerna, szczegółowa i poprawna merytorycznie oraz, co różnie ważne, odpowiednio poparta wynikami, które zostały przedstawione w odpowiednich odnośnikach literaturowych. Nie ulega wątpliwości fakt, że przedstawiony i omówiony w Rozdziale 5 cel badań został osiągnięty. **Tym samym stwierdzam, że Pan mgr Waldemar Jankowski legitymuje się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.** Warto dodać, że istotnym walorem tej części pracy są Tabele 10 i 11, w których Pan mgr Waldemar Jankowski przedstawił porównanie charakterystyki wytworzonych membran i ich wydajności w procesie destylacji membranowej z tymi, które zostały wcześniej opisane w dostępnej literaturze.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Pana mgra Waldemara Jankowskiego zaliczam opracowanie i wytworzenie nowego rodzaju membran dedykowanych procesowi destylacji membranowej oraz wykazanie, że:

- Membrany zmodyfikowane kwasem cynamonowym w procesie odsalania zapewniają wysoki współczynnik odrzucenia soli, wynoszący blisko 100%, przy jednoczesnym wzroście średniej wielkości porów,
- Membrany zmodyfikowane kwasem cynamonowym o stężeniu 10% w/v charakteryzują się większą odpornością na zwilżanie w porównaniu do membran zmodyfikowanych kwasem o dziesięciokrotnie mniejszym stężeniu,
- Kwas cynamonowy i fosforan trietylu nie posiadają cech bioakumulacyjnych i jako substancje nietoksyczne, stanowią rozwiązanie przyjazne środowisku,
- Tlenki metali ziem rzadkich przyłączają się do membrany za pomocą dwóch wiązań: izomocznikowego i uretanowego,
- Membrana zmodyfikowana tlenkiem holmu w procesie odsalania wykazuje wysoki współczynnik odrzucenia soli, równy 99,5%, oraz zapewnia wysoką wartość strumień permeatu.





Na tej podstawie stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra Waldemara Jankowskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi istotny wkład do obecnego stanu wiedzy z zakresu membran stosowanych do procesu destylacji membranowej.

Podsumowanie i wnioski wynikające ze zrealizowanej pracy, przedstawione w Rozdziale 8, są poprawne i zgodne z uzyskanymi wynikami.

Niektóre aspekty przedstawionej pracy doktorskiej nasunęły uwagi dyskusyjne. W związku z powyższym uprzejmie proszę o udzielenie odpowiedzi, w trakcie publicznej obrony, na poniższe pytania:

- Po jakim czasie od wytworzenia membran testowano je w procesie destylacji membranowej?
- Czy zbadano wpływ czasu przechowywania wytworzonych membran na ich wydajność i właściwości transportowe?
- Dlaczego proces destylacji membranowej, z zastosowaniem każdej z wytworzonych membran, prowadzono tylko przez 5 godzin?
- Czy podjęto próby realizacji procesu destylacji membranowej przez dłuższy czas, np. kilkanaście i kilkadziesiąt godzin?

Bardzo wysoko oceniam dorobek naukowy Pana mgra Waldemara Jankowskiego. Jest współautorem 7 prac naukowych opublikowanych w międzynarodowych czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR). Warto dodać, że sumaryczna punktacja czasopism, w których zostały opublikowane wspomniane prace, zgodnie z Komunikatem Ministra Edukacji i Nauki, wynosi 1080. Z kolei sumaryczny wskaźnik oddziaływania IF jest równy 49,251. Pan mgr Waldemar Jankowski wykazał się aktywnością międzynarodową i w 2023 roku odbył miesięczny staż na Uniwersytecie Technologii i Ekonomii w Budapeszcie. Ponadto Pan mgr Waldemar Jankowski był kierownikiem dwóch projektów: Grants4NCUStudents – Inicjatywa Doskonałości Uniwersytet Badawczy – „What does PVDF polymer and lanthanide oxide have in common?” i Wydziałowego grantu dla młodych naukowców – „Membrane modification for membrane separation processes using naturally occurring substances”. Wysoko oceniam również aktywność Pana mgra Waldemara Jankowskiego w trakcie polskich jak i zagranicznych konferencji. Ponadto był laureatem Zespołowych Nagród I i II stopnia Rektora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Otrzymał również Nagrodę Polskiego Towarzystwa Membranowego za najlepsze wystąpienie





ustne w trakcie konferencji „Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska” w 2023 roku.

#### 4. Wniosek końcowy

W konkluzji recenzji należy zaznaczyć, że rozprawa doktorska Pana mgra Waldemara Jankowskiego pt. „Membrany z poli(fluorku winylidenu) modyfikowane kwasem cynamonowym i wybranymi tlenkami metali ziem rzadkich w procesie destylacji membranowej” jest wartościową i interesującą pracą naukową.

Rozprawa spełnia wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim, określonym w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016 r., poz. 882). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki chemiczne Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie Pana mgra Waldemara Jankowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę niezwykle szeroki zakres zrealizowanych badań, wysoką jakość naukową uzyskanych wyników oraz imponujący dorobek naukowy Pana mgra Waldemara Jankowskiego, wnioskuję o wyróżnienie pracy doktorskiej.

Kierownik  
Zakładu Inżynierii Chemicznej i Bioprosesowej  
*Virginia Tomczak*  
dr hab. inż. Virginia Tomczak, prof. PBS (B437)