



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ PANA MGR. MATEUSZA ADAMA BALUKA

pt. „FOTOAKTYWNE MATERIAŁY FUNKCJONALNE

NA BAZIE SZKIELETU METALO-ORGANICZNEGO NH₂-MIL-125 (Ti)”

przygotowanej pod kierunkiem naukowym Promotorki,

Pani Prof. dr hab. inż. Adrian Zaleskiej-Medynskiej,

oraz Promotorki pomocniczej, Pani Dr inż. Aleksandry Pieczyńskiej

Przedstawiona mi do recenzji praca doktorska Pana mgr. Mateusza Baluka stanowiąca podstawę w procedurze uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne dotyczy poszukiwania efektywnych fotokatalizatorów bazujących na hybrydach sieci metaliczno-organicznych. Takie podejście wpisuje się w trendy najprężniej rozwijających się dziedzin współczesnej nauki – chemii materiałów funkcjonalnych oraz interdyscyplinarnej zielonej chemii.

Rozprawa doktorska napisana jest w układzie standardowym. Rozpoczyna ją *Spis treści* a następnie *Skróty*, *Streszczenie*, *Abstract*, *Część literaturowa*, *Cel i zakres pracy*, *Metodyka badawcza*, *Wnioski*, *Literatura*, *Dorobek naukowy i działalność pozanaukowa*, *Załączniki artykułów A1-A4*, a kończą ją *Oświadczenia współautorów publikacji A1-A4*.

Mam wątpliwości co do nazywania badanych materiałów „metalo-organicznymi”, gdyż związki te w swojej budowie nie posiadają wiązania metal-węgiel. I tu nie zgadzam się z tłumaczeniem z języka angielskiego *metal-organic frameworks*, moim zdaniem są to po prostu sieci metaliczno-organiczne. Można by też użyć sformułowania porowate sieci koordynacyjne lub sieci organo-metaliczne.

Na dysertację Pana mgr. Mateusza Baluka składają się cztery publikacje. Wyniki ogłoszone w tych pracach ukazały się w bardzo prestiżowych czasopismach, takich jak: *Catalysis Science & Technology*, *Applied Catalysis B: Environment and Energy*, *Chemical Engineering Journal* czy *International Journal of Hydrogen Energy*, w których ich jakość i oryginalność była skrupulatnie oceniana przez zewnętrznych recenzentów i edytora. Z tego

powodu uważam, że ponowne opisywanie i ocena jakości tych danych są zbędne. Podobnie jak wymienione grono uważam, że jakość przedstawionych wyników jest wysoce interesująca, ponieważ obejmują one bardzo obszerne badania nowych materiałów fotokatalitycznych. Zaprezentowany cykl czterech publikacji, w których **Doktorant jest nie tylko pierwszym autorem w każdej z prac cyklu, ale i korespondencyjnym, świadczy jednoznacznie o Jego wiodącej roli w powstaniu tych prac.**

Część literaturowa pracy obejmuje trzy rozdziały, z których każdy podzielono na cztery, dwa i trzy podrozdziały i kończy ją podsumowanie (39 stron). Została ona opracowana na podstawie 172 pozycji literaturowych. W pierwszym rozdziale Doktorant przedstawił budowę i skład sieci metaliczno-organicznych, historię i właściwości MOFs oraz metody ich syntezy. Drugi rozdział dotyczy fotokatalizy heterogenicznej, najpierw Doktorant opisał podstawy tego procesu, a następnie podał przykłady zastosowania w nim MOFs. W trzecim rozdziale Autor zaprezentował bazowe materiały swoich badań, czyli materiały hybrydowe typu NH₂-MIL-125 poprzez chronologię ich odkrycia i zestawienie tabelowe wykorzystania ich w procesie fotodegradacji zanieczyszczeń, fotogenerowaniu wodoru i fotoredukcji ditlenku węgla. Podsumowując, część literaturową opracowano w logicznym układzie dotyczącym zagadnień bezpośrednio związanych z zakresem badań własnych Doktoranta.

Następny rozdział dysertacji to ważna jej część: *Cel i zakres pracy*. Pan mgr Mateusz Baluk w sposób niezwykle przejrzysty przedstawił cele szczegółowe swoich badań. A tzw. „wisienką na torcie” tej części rozprawy jest rysunek 13!

W *Metodyce badawczej* Doktorant opisał materiały wykorzystane w badaniach i ich charakterystykę oraz metody otrzymywania. Zaprezentował też swoją znajomość szerokiego spektrum metod badawczych.

Doktorant w publikacji A1 ogłoszonej w *Catalysis Science & Technology* wykazał, że otrzymane poprzez hydrolizę dwie serie fotokatalizatorów bazujących na NH₂-MIL-125 (Ti) oraz tlenkowych pochodnych, modyfikowane metalami szlachetnymi stanowią unikalną



platformę o wysokiej efektywności fotokatalitycznej w degradacji zanieczyszczeń i fotogenerowaniu wodoru.

Z prawdziwą satysfakcją stwierdzam, iż opisane w pracy A2 wyniki badań opublikowane w *Applied Catalysis B: Environment and Energy* okazały się niezwykle istotne, gdyż otrzymane różnymi metodami trzy rodzaje materiałów typu MOF modyfikowanych miedzią lub srebrem wykazały aktywność fotokatalityczną w modelowej reakcji konwersji ditlenku węgla. Ponadto zaproponowano mechanizm reakcji redukcji CO₂.

Wysoką jakość zadań badawczych opisanych w artykule naukowym A3 docenili recenzenci prestiżowego czasopisma *Chemical Engineering Journal*, co jest godne pochwały dla Doktoranta, oczywiście nie zapominając o wiodącej roli Promotorki. W publikacji tej opisano nową metodę syntezy NH₂-MIL-125 (Ti) wtrysku na gorąco, jak i porównano właściwości fizyczne kompozytu z otrzymanym klasyczną metodą solwotermalną. Porównano aktywności fotokatalityczne tych związków w modelowej reakcji degradacji fenolu.

Elementy nowości naukowej wykazuje też publikacja A4, którą ogłoszono w *International Journal of Hydrogen Energy*, zawiera ona opis nowej metody syntezy pochodnych tlenkowych modyfikowanych kobaltem, miedzią lub niklem NH₂-MIL-125 (Ti) i jej mechanizmu. Zbadano wpływ rodzaju i ilości metalu na aktywność fotokatalityczną w reakcjach fotodegradacji 5-fluorouracylu z jednoczesnym fotogenerowaniem wodoru (jak i bez).

Następnym rozdziałem dysertacji są *Wnioski*, w którym brakuje mi wskazania przez Pana mgr. Mateusza Baluka najważniejszego osiągnięcia. Ciekawi mnie Jego zdanie, które z przeprowadzonych badań uważa za swój największy sukces i dlaczego.

Następny rozdział to *Literatura* z liczbą pozycji - 172.

Największe wrażenie jednak zrobił na mnie i wzbudził nieskrywany podziw Dorobek naukowy Kandydata do stopnia naukowego doktora. Baza SCOPUS podaje, że jest On współautorem 28!!! publikacji z listy filadelfijskiej z ponad 570 cytowaniami i indeksie Hirscha=10, są to

niezwykle wysokie parametry bibliometryczne jak na etap kariery naukowej. Ten sukces zapewne bazuje na tytanicznej pracy Pana mgr. Mateusza Baluka. Lista nagród i stypendiów Autora dysertacji jest niezmiernie długa, może zaznaczyć tylko, że jest On laureatem prestiżowego stypendium FNP START 2025 i otrzymał Nagrodę Główną „Klimatyczny Człowiek Roku 2025” w kategorii Młody Naukowiec. Doktorant kieruje dwoma projektami badawczymi finansowanymi z NCN - PRELUDIUM 49 „Nowe kompozyty modyfikowanych TiO_2 NTs z nano-MOFs do fotokonwersji CO_2 do paliw słonecznych” oraz OPUS28 „Zielona nieskończoność: Multi-Mix-MOF urodzone z PET do produkcji paliw słonecznych”. Doktorant odbył staż naukowy (jak długi niestety, nie wiem) na Uniwersytecie Humboldta w Berlinie (w jakiej grupie, też się nie pochwalił). Na naukowych konferencjach międzynarodowych i krajowych wielokrotnie ustnie prezentował swoje wyniki. Mój zachwyt nad osiągnięciami Doktoranta właściwie nie powinien być dla mnie zaskoczeniem, gdyż pracę doktorską wykonywał On pod kierunkiem naukowym Pani Profesor Adrian Zaleskiej-Medynskiej, wybitnej Specjalistki w zakresie fotochemii, której imponujący dorobek naukowy i entuzjazm badawczy podziwiam od lat.

W *Załącznikach* znajdują się pełne teksty cyklu publikacji oraz materiały uzupełniające SI, odpowiednio oraz oświadczenia współautorów.

Chciałabym podkreślić precyzję w rozwiązywaniu postawionych problemów naukowych oraz nowatorskie koncepcje w podejmowaniu trudnych wyzwań. Ważnym elementem rozprawy jest wysoki poziom interpretacji uzyskanych wyników pozwalający na przedstawienie dobrze ugruntowanych i istotnych wniosków. Uważam, że cele postawione przez Doktoranta zostały w pełni osiągnięte. Zastosowany warsztat badawczy i sposób przedstawienia wyników dowodzi dużej biegłości doświadczalnej i znajomości nowoczesnej chemii materiałowej i ochrony środowiska.

Pracę wykonano w ramach dwóch projektów finansowanych przez NCN (OPUS, PRELUDIUM). Zaprezentowany cykl czterech publikacji (IF=45,4) cytowanych ponad 70 razy to piękne zilustrowanie połączenia wizjonerskiej idei Promotorki z praktyczną realizacją przez Kandydata do stopnia naukowego doktora wskazujące na owocną współpracę naukową potwierdzającą powiedzenie, że talent jest w pomyśle, sztuka w wykonaniu!



W podsumowaniu tej recenzji, dodam, że z całego serca gratuluję Panu mgr Michałowi Balukowi takiej dobrej dysertacji! Życzę Panu powodzenia w dalszej karierze naukowej, niegasnącej wnikliwości badawczej, połączonej z niesłabnącym zaangażowaniem, odzwierciedlonej w najbliższej przyszłości w bardzo dobrych publikacjach w najbardziej renomowanych czasopismach naukowych.

Dziękuję Wysokiej Radzie Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Gdańskiego za zaszczyt bycia recenzentem tak wartościowej pracy.

Praca doktorska Pana mgr. Mateusza Baluka spełnia z naddatkiem wszelkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim, przez zapisy Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku, wobec czego przedkładam wniosek o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto, biorąc pod uwagę bardzo pozytywną ocenę zamieszczoną powyżej, zwracam się z wnioskiem o wyróżnienie, gdyż otrzymane przez Doktoranta układy są przykładem eleganckiego wprzęgnięcia chemii materiałowej oraz chemii środowiska w zrozumienie i zaprojektowanie nowych fotokatalizatorów, ale nade wszystko nowatorskich i istotnych ich modyfikacji.