

Poznań 30.08.2026

prof. dr hab. Renata Jastrząb
Wydział Chemii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8,
61-614 Poznań

**Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
oraz rozprawy habilitacyjnej dr Marzeny Krystyny Fandzloch zatytułowanej
„Projektowanie bioaktywnych materiałów ceramicznych oraz ich połączeń z sieciami metaliczno-
organicznymi (MOF) dla zastosowań biomedycznych i biostymulacyjnych”**

Informacje wstępne

Pani dr Marzena Krystyna Fandzloch uzyskała stopień doktora nauk chemicznych w 2015 roku na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu na podstawie rozprawy pt. *„Poszukiwanie nowych związków koordynacyjnych rutenu z triazolopirymidynami o potencjalnych właściwościach cytotoksycznych”*, przygotowanej pod kierunkiem prof. dr hab. Iwony Łakomskiej. Rozprawa doktorska została wyróżniona uchwałą Rady Wydziału Chemii UMK.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka była zatrudniona kolejno na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (2015–2018) oraz na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego (2018–2019). W latach 2019–2020 była zatrudniona jako adiunkt (post-doc) w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu, gdzie od 2020 roku pracuje na stanowisku adiunkta. Istotnym elementem jej rozwoju naukowego był także dwunastomiesięczny staż podoktorski w Department of Inorganic Chemistry, University of Granada w Hiszpanii, odbyty w latach 2017–2018. Wcześniej, w 2015 roku, odbyła trzymiesięczny staż naukowy w Institut Lavoisier w Wersalu.

Do oceny przedstawiono osiągnięcie naukowe w formie cyklu ośmiu powiązanych tematycznie publikacji naukowych (H1–H8) zatytułowane „*Projektowanie bioaktywnych materiałów ceramicznych oraz ich połączeń z sieciami metaliczno-organicznymi (MOF) dla zastosowań biomedycznych i biostymulacyjnych*”. Cykl obejmuje prace opublikowane w latach 2019–2026. We wszystkich ośmiu publikacjach Habilitantka jest pierwszą autorką, a w siedmiu pełni funkcję autora korespondencyjnego. Łączny Impact Factor prac tworzących cykl, zgodny z rokiem publikacji, wynosi 42,055, a liczba cytowań cyklu bez autocytowań – według danych Scopus z 28 sierpnia 2026 r. – 53.

Ocena dorobku naukowego

Dokumentacja przedstawia, poza ośmioma publikacjami tworzącymi osiągnięcie habilitacyjne, 24 publikacje w czasopismach ujętych w bazie Journal Citation Reports (stan na 30 sierpnia 2026 37 publikacji) oraz 6 pozycji spoza tej grupy. Wśród prac po uzyskaniu stopnia doktora znajdują się publikacje m.in. w *Dalton Transactions*, *Journal of Inorganic Biochemistry*, *Journal of Biological Inorganic Chemistry* i *Advanced Functional Materials*. W wielu z nich Habilitantka pełni funkcję autora korespondencyjnego lub współautora korespondencyjnego, a jej deklarowany wkład obejmuje opracowanie koncepcji badań, syntezę i charakterystykę materiałów, analizę i interpretację wyników, przygotowanie manuskryptów oraz koordynację procesu publikacyjnego.

W początkowym okresie działalności naukowej Habilitantka koncentrowała się przede wszystkim na syntezie i charakterystyce kompleksów platyny i rutenu z ligandami heterocyklicznymi oraz na badaniu ich właściwości biologicznych. Już w publikacjach powstałych przed doktoratem jej udział obejmował nie tylko wykonanie syntez, lecz w wielu przypadkach również pełną charakterystykę fizykochemiczną, badania cytotoksyczności, analizę i interpretację wyników oraz przygotowanie pierwszych wersji manuskryptów.

Po doktoracie nastąpiła wyraźna ewolucja zainteresowań naukowych. Obok kontynuacji badań z zakresu chemii koordynacyjnej coraz większe znaczenie uzyskały materiały porowate, bioaktywne szkła i układy hybrydowe. Nie było to proste odejście od wcześniejszej tematyki, lecz stopniowe wykorzystanie kompetencji z chemii koordynacyjnej w projektowaniu bardziej złożonych układów materiałowych. Pokazuje to, że Habilitantka nie ograniczyła się do kontynuowania problematyki doktoratu, lecz potrafiła wykorzystać wcześniejsze doświadczenia do zbudowania własnej, rozpoznawalnej tematyki badawczej.

Za szczególnie mocny element dorobku uważam aktywność grantową. Jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora dr Marzena Fandzloch kierowała projektami NCN PRELUDIUM i ETIUDA.

Po doktoracie kierowała projektem NCN SONATA (2020–2024), dotyczącym multifunkcyjnych kompozytów MOF@bioszkło i MOF@hydroksyapatyt, a obecnie kieruje projektem SONATA BIS (2024–2028) poświęconym biomateriałom o wielofunkcyjności terapeutycznej i regeneracyjnej. Jest również wykonawcą projektów NCN DAINA i OPUS 25.

Bardzo wysoko oceniam również mobilność naukową Habilitantki. Po doktoracie odbyła ona m.in. dwunastomiesięczny staż podoktorski na University of Granada, trzymiesięczny staż w Institut Lavoisier w Wersalu, roczny staż podoktorski w INTiBS PAN oraz krótsze pobyty badawcze w Hiszpanii, Włoszech i Francji. Aktywność międzynarodowa nie ograniczała się do pojedynczych wyjazdów, lecz znalazła kontynuację we współpracy naukowej i programach międzynarodowych, m.in. NAWA PHC Polonium oraz projekcie finansowanym przez hiszpańskie Ministerstwo Gospodarki i program FEDER.

Również dorobek konferencyjny jest rozbudowany i potwierdza systematyczną obecność Habilitantki na krajowych i międzynarodowych spotkaniach naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka przedstawiała wyniki badań dotyczące materiałów MOF, hydroksyapatytu i bioaktywnych szkielek; w 2021 r. wygłosiła wykład sekcyjny na zaproszenie podczas 63. Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Chemicznego, a prezentacja na 3rd International Workshop on Functional Nanostructured Materials została wyróżniona drugą nagrodą za najlepszy poster.

Na osobne podkreślenie zasługuje, w mojej ocenie, aplikacyjny wymiar prowadzonych badań. Habilitantka jest współautorką czterech patentów krajowych oraz dwóch zgłoszeń patentowych, w tym zgłoszenia dotyczącego nanobioszkiełka z układu CaO-SiO_2 i $\text{SiO}_2\text{-CaO-P}_2\text{O}_5$ oraz dotyczących kompleksów platyny.

Dane bibliometryczne, które należy traktować jedynie jako uzupełnienie jakościowej oceny dorobku, potwierdzają wyraźny rozwój dorobku po uzyskaniu stopnia doktora. Według danych Scopus z 28 sierpnia 2026 r. publikacje Habilitantki uzyskały 600 cytowań z autocytowaniami, a indeks Hirscha prac wynosi 15.

Dorobek naukowy dr Marzeny Krystyny Fandzloch oceniam wysoko. W mojej ocenie jego szczególnie wyraźną cechą jest wyraźny rozwój tematyczny i jakościowy po uzyskaniu stopnia doktora, prowadzący od badań z zakresu chemii koordynacyjnej i bionieorganicznej do samodzielnie rozwijanej problematyki funkcjonalnych materiałów nieorganicznych, w szczególności bioaktywnych szkielek, hydroksyapatytu oraz materiałów hybrydowych zawierających sieci metaliczno-organiczne MOF.

Ocena osiągnięcia habilitacyjnego

Osiągnięciem naukowym zgłoszonym przez dr Marzenę Krystynę Fandzloch do postępowania habilitacyjnego jest cykl ośmiu powiązanych tematycznie publikacji naukowych, opublikowanych w latach 2019–2026, zatytułowany „Projektowanie bioaktywnych materiałów ceramicznych oraz ich połączeń z sieciami metaliczno-organicznymi (MOF) dla zastosowań biomedycznych i biostymulacyjnych”.

Przedstawione osiągnięcie dotyczy projektowania, syntezy, charakterystyki oraz oceny właściwości funkcjonalnych bioaktywnych materiałów ceramicznych, w szczególności hydroksyapatytu i bioaktywnych szkielek, oraz ich połączeń z sieciami metaliczno-organicznymi typu MOF. Koncepcję badań zbudowano wokół zależności skład chemiczny – struktura – właściwości fizykochemiczne – funkcjonalność biologiczna, ze szczególnym uwzględnieniem projektowania interfejsu pomiędzy fazą ceramiczną i MOF.

Cykl można logicznie podzielić na trzy wzajemnie uzupełniające się części. Pierwsza obejmuje materiały MOF–hydroksyapatyt [H1–H2], druga – projektowanie i charakterystykę bioaktywnych szkielek oraz kserożeli [H3–H6], a trzecia – układy kompozytowe i hybrydowe MOF–bioaktywne szkło [H7–H8]. Taka konstrukcja osiągnięcia jest, w mojej ocenie, przekonująca, ponieważ kolejne publikacje nie sprawiają wrażenia przypadkowo zestawionych prac, lecz przedstawiają rozwój określonej koncepcji materiałowej: od opracowania sposobów integracji komponentów i poznania właściwości matrycy ceramicznej po projektowanie bardziej złożonych materiałów hybrydowych.

A. Materiały MOF–hydroksyapatyt [H1–H2]

Za szczególnie wartościowy i oryginalny element pracy [H1] uznaję zastosowanie zmodyfikowanej metody layer-by-layer z wykorzystaniem dobrze zdefiniowanego trimerycznego oksoklastra Fe(III) jako prekursora, co umożliwiło lepszą kontrolę nukleacji i wzrostu MIL-100(Fe) na powierzchni hydroksyapatytu oraz ograniczenie liczby cykli syntezy. Otrzymany materiał MIL-100(Fe)@HA wykorzystano następnie jako heterogeniczny katalizator biomimetycznej konwersji kwasu 1-aminocyklopropano-1-karboksylowego (ACC) do etylenu w środowisku wodnym. Wykazano, że materiał hybrydowy zachowuje aktywność katalityczną porównywalną z referencyjną siecią MIL-100(Fe), przy jednoczesnej immobilizacji fazy aktywnej na hydroksyapatycie. Ten fragment osiągnięcia dobrze uzasadnia obecność tego wątku w całym cyklu, ponieważ stanowi ważny etap rozwoju koncepcji MOF@ceramika.

Publikacja [H2] rozwija tę koncepcję w kierunku biomateriałów. Otrzymany materiał Cu-HKUST-1@HA charakteryzowano pod względem właściwości fizykochemicznych, mechanicznych i biologicznych, w tym aktywności przeciwdrobnoustrojowej, biokompatybilności i stabilności w buforze DPBS. Szczególnie istotne jest wykazanie, że faza MOF w środowisku fizjologicznym ulega przemianom, a zatem nie może być traktowana jako statyczna powłoka.

B. Bioaktywne szkła i kserożele [H3–H6]

Drugą część cyklu uważam za najbardziej systematyczną. To właśnie ona, moim zdaniem, najlepiej pokazuje sposób myślenia Habilitantki o zależnościach pomiędzy składem, strukturą, chemią powierzchni i bioaktywnością materiału. W [H3] opracowano solwotermalną metodę otrzymywania nanometrycznego szkła $\text{SiO}_2\text{--CaO}$ z wykorzystaniem Ca(OH)_2 jako źródła wapnia. Otrzymany materiał solvBG76 charakteryzował się wysoką powierzchnią właściwą i bardzo szybką mineralizacją. Zastosowanie buforu DPBS pozbawionego Ca^{2+} i Mg^{2+} pozwalało jednoznacznie określić pochodzenie wapnia uczestniczącego w procesie mineralizacji, a pomiary ATR-FTIR in situ umożliwiły śledzenie wczesnych etapów formowania fazy apatytowej.

W pracach [H3–H4] na uwagę zasługuje próba ilościowego opisu chemii powierzchni materiałów poprzez połączenie analizy termogravimetrycznej z pomiarami powierzchni właściwej i zastosowaniem modelu Zhuravleva do oszacowania gęstości grup hydroksylowych.

Publikacja [H5] pokazuje, że wprowadzenie ZnO nie prowadzi wyłącznie do prostego „polepszenia” właściwości materiału. Dodatek cynku zapewniał aktywność antybakteryjną, ale jednocześnie modyfikował mechanizm mineralizacji: w pierwszej kolejności tworzyła się faza fosforanowo-cynkowa, a formowanie hydroksyapatytu ulegało opóźnieniu. Wynik ten dobrze pokazuje kompromis pomiędzy poszczególnymi właściwościami funkcjonalnymi projektowanego biomateriału.

W [H6] przeprowadzono systematyczne badania wpływu rozmiaru cząstek bioaktywnego szkła na właściwości powierzchniowe, bioaktywność i odpowiedź biologiczną. Za wartościowy element uważam próbę odejścia od wyłącznie jakościowej oceny bioaktywności i ilościowego określenia ilości hydroksyapatytu powstającego z zadanej masy szkła. Na korzyść rzetelności tych badań przemawia również fakt, że nie wszystkie materiały w serii wykazywały równie korzystny profil biologiczny; pozwoliło to na wybór B_78S jako najbardziej perspektywicznej matrycy do dalszej funkcjonalizacji na podstawie porównania kilku parametrów, a nie wyłącznie szybkości mineralizacji.

C. Układy MOF–bioaktywne szkło [H7–H8]

Publikacje [H7–H8] logicznie zamykają cykl, wykorzystując wiedzę zdobytą w poprzednich etapach do budowy bardziej zaawansowanych materiałów.

W [H7] opracowano układ Ag@Cu-MOF@BG , w którym cienka warstwa funkcjonalna zawierająca Cu-MOF i nanocząstki srebra została osadzona na bioaktywnym szkłe. Materiał zachował zdolność do mineralizacji, choć obecność warstwy funkcjonalnej spowalniała jej kinetykę. Jednocześnie wykazano wyraźną aktywność antybakteryjną wobec badanych szczepów bakterii, przy znacznie słabszej aktywności wobec *Candida albicans*. W badaniach biologicznych zastosowano zarówno bezpośredni, jak i pośredni kontakt z komórkami HDF. W teście bezpośrednim obserwowano obniżoną żywotność komórek, interpretowaną przez Autorkę jako wynik ograniczonej adhezji, podczas gdy test pośredni nie wskazywał na uwalnianie składników cytotoksycznych. Interpretację tę uznaję za prawdopodobną, ale wymagającą ostrożności, ponieważ sam wynik testu pośredniego nie rozstrzyga w pełni mechanizmu odpowiedzi komórkowej w kontakcie bezpośrednim.

Za najbardziej dojrzały pod względem koncepcji materiałowej element cyklu uważam pracę [H8]. Opracowano nanometryczny układ rdzeń–powłoka MIL-100(Fe)@BG , którego strukturę scharakteryzowano z wykorzystaniem komplementarnych metod, w tym HR-TEM, XPS i XAS. Wykazano dynamiczną ewolucję powłoki MIL-100(Fe) w środowisku fosforanowym oraz jej transformację do nanometrycznych domen $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, przy równoczesnym zachowaniu zdolności materiału do biomineralizacji. Badania biologiczne obejmowały modele HDF i MC3T3, testy hemolizy, ocenę aktywności osteogenicznej oraz właściwości antybakteryjnych. Szczególnie interesujące jest powiązanie transformacji warstwy MOF ze wzrostem generowania reaktywnych form tlenu i aktywnością przeciwbakteryjną materiału.

Cykl oceniam jako spójny, logicznie rozwijający się i zawierający rezultaty o wyraźnym oryginalnym charakterze. Zastosowany warsztat badawczy jest szeroki i nowoczesny, a połączenie metod chemii materiałów z badaniami biologicznymi odpowiada interdyscyplinarnemu charakterowi problemu. Osiągnięcie stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemicznej.

Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej oraz kształcenia młodej kadry

Działalność dydaktyczną dr Marzeny Krystyny Fandzloch oceniam pozytywnie. Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitantka prowadziła zajęcia dydaktyczne w dwóch uczelniach. W latach 2015–2018, podczas zatrudnienia na Wydziale Chemii UMK, prowadziła ćwiczenia laboratoryjne z chemii analitycznej, podstaw chemii analitycznej, analizy instrumentalnej, metod spektroskopowych w chemii

analitycznej oraz spektroskopii i zaawansowanej analizy instrumentalnej. W roku akademickim 2018/2019, podczas zatrudnienia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego, prowadziła zajęcia laboratoryjne z chemii ogólnej i nieorganicznej, chemii nieorganicznej, chemii dla studentów ochrony środowiska i biologii, bezpieczeństwa w laboratorium chemicznym oraz laboratorium specjalizacyjne dotyczące struktury i reaktywności związków kompleksowych metali.

Ważnym elementem działalności dydaktycznej jest opieka nad studentami i młodymi badaczami. Habilitantka była promotorem pracy licencjackiej Beaty Barszcz pt. *„Bioaktywne szkło i jego kompozyty”*, która została zakwalifikowana do finału konkursu „Złoty Medal Chemii 2021”, a następnie promotorem jej pracy magisterskiej pt. *„Synteza i charakterystyka nowych kompozytów sieci metaliczno-organicznych typu MOF i biomateriałów”* obronionej w 2023 r. W dokumentacji wskazano również opiekę nad pracą magisterską Michała Malinowskiego na Politechnice Wrocławskiej, której obrona była planowana na czerwiec 2026 r.

Habilitantka pełniła ponadto funkcję opiekuna praktyk studenckich realizowanych w INTiBS PAN, obejmujących tematykę biomateriałów, MOF, COF i związków koordynacyjnych. W wykazie podano jedenaście osób odbywających takie praktyki w latach 2020–2025. Od 2023 r. pełni także funkcję promotora pomocniczego dwóch doktorantek w INTiBS PAN – mgr Beaty Barszcz oraz mgr inż. Weroniki Bodylskiej-Maj.

Działalność organizacyjną Habilitantki również oceniam pozytywnie. W latach 2016–2018 była członkiem Zarządu Oddziału Toruńskiego Polskiego Towarzystwa Chemicznego, w 2016 r. uczestniczyła w organizacji obchodów 70-lecia tego Oddziału, a w 2022 r. była członkiem komitetu organizacyjnego i sekretarzem międzynarodowej konferencji *1st International Conference on Advanced Materials for Bio-Related Applications – AMBRA 2022*. W 2024 r. zorganizowała i kompleksowo wyposażyła nowe laboratorium Funkcjonalnych Materiałów Modularnych w INTiBS PAN we Wrocławiu. W 2021 r. uczestniczyła również jako recenzent w panelu programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” na Uniwersytecie Wrocławskim.

Pozytywnie oceniam także działalność popularyzatorską, zwłaszcza tam, gdzie bezpośrednio wykorzystuje ona doświadczenie badawcze Habilitantki. Habilitantka wygłosiła wykład *„Czy szkło zregeneruje kość?”* podczas XXIV Dolnośląskiego Festiwalu Nauki w 2021 r., była współautorką wykładu *„MOFy jako związki do zadań specjalnych”* podczas kolejnej edycji Festiwalu, uczestniczyła w Letnich Warsztatach Naukowych „Niskie Łąki” w latach 2022–2023 oraz w 2025 r. wygłosiła wykład poświęcony przygotowywaniu wniosków grantowych NCN w ramach programu „Dziewczyny do Nauki”.

Łącznie działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską oraz zaangażowanie w kształcenie młodej kadry oceniam pozytywnie, które dobrze uzupełniają bardzo mocny dorobek naukowy. Najsilniejszym elementem tej części dorobku jest opieka nad studentami i doktorantkami oraz konsekwentne włączanie młodych osób w aktualnie rozwijane badania naukowe.

Podsumowanie

Po zapoznaniu się z autoreferatem, wykazem osiągnięć, osiągnięciem naukowym oraz pozostałą dokumentacją przedstawioną przez dr Marzenę Krystynę Fandzloch stwierdzam, że mamy do czynienia z dojrzałym i wyraźnie ukształtowanym dorobkiem naukowym. Habilitantka wykazuje samodzielność badawczą i konsekwentnie rozwija nowoczesną linię badań w obszarze chemii materiałów nieorganicznych i biomateriałów.

Za najważniejsze argumenty przemawiające za pozytywną oceną uważam:

- konsekwentne rozwinięcie własnej tematyki badawczej dotyczącej bioaktywnych materiałów ceramicznych oraz układów MOF@biomateriał;
- wiodący udział w publikacjach tworzących osiągnięcie habilitacyjne, potwierdzony pierwszym autorstwem we wszystkich ośmiu pracach i autorstwem korespondencyjnym w siedmiu z nich;
- samodzielne pozyskiwanie finansowania badań, w szczególności kierowanie projektami NCN SONATA i SONATA BIS;
- aktywność naukową prowadzoną w wielu krajowych i zagranicznych ośrodkach oraz trwałą współpracę międzynarodową;
- dorobek patentowy i aplikacyjny;
- zaangażowanie w kształcenie studentów i doktorantów.

W mojej ocenie przedstawiony cykl publikacji stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemiczne, a całokształt działalności naukowej Habilitantki potwierdza jej aktywność realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej. Uwzględniając również posiadanie stopnia doktora, stwierdzam, że dr Marzena Krystyna Fandzloch spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce – stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne.

W konsekwencji moja ocena wniosku dr Marzeny Krystyny Fandzloch jest jednoznacznie pozytywna i popieram nadanie jej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne.

