

prof. dr hab. Marzena Dzida
Uniwersytet Śląski w Katowicach
Instytut Chemii
ul. Szkolna 9
40-006 Katowice

Katowice, dnia 29 maja 2025 r.

Recenzja osiągnięcia naukowego dr. inż. Marcina Wysokowskiego zatytułowanego:
„Technologie biomimetyczne: od zrozumienia struktur pochodzenia biologicznego
do projektowania, syntezy i zastosowania materiałów nowej generacji”
w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i technicznych w dyscyplinie nauki chemiczne

Niniejsza recenzja została przygotowana w związku z powołaniem na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego **dr. inż. Marcinowi Wysokowskiemu** w dziedzinie nauk ścisłych i technicznych w dyscyplinie nauki chemiczne. Ocena osiągnięć została przygotowana zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 ze zmianami) na podstawie materiałów w wersji elektronicznej przekazanych w imieniu Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, zawierających: wniosek z danymi wnioskodawcy, kopię dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora, wykaz osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2b wskazanej ustawy, komplet oświadczeń podpisanych przez Habilitanta oraz współautorów wskazujący merytoryczny wkład w powstanie poszczególnych prac, kopie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, kopie dyplomów i certyfikatów.

Informacje ogólne

W 2011r. Pan dr inż. Marcin Wysokowski ukończył studia magisterskie na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Obronił pracę magisterską pt. „Wpływ modyfikatorów i warunków procesowych na właściwości dyspersyjne i morfologiczne strącanego $Mg(OH)_2$ i jego kalcynatów.”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Teofil Jesionowski. Od 1 października 2015r. do 30 września 2018r. Habilitant zatrudniony był na stanowisku asystenta w Instytucie

Dzida



Technologii i Inżynierii Chemicznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. W 2016r. uzyskał stopień doktora nauk chemicznych, broniąc pracę doktorską pt. „Development of novel inorganic-organic chitin-based materials obtained under extreme biomimetic conditions”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Teofil Jesionowski, a promotorem pomocniczym prof. dr habil. nat. rer. Hermann Ehrlich. Od 1 października 2018r. Habilitant zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

Ogólny dorobek naukowy

Na całkowity dorobek publikacyjny dr. inż. Marcina Wysokowskiego składają się 94 prace - wszystkie zostały opublikowane w czasopismach naukowych o cyrkulacji międzynarodowej z tzw. listy filadelfijskiej oraz znajdujących się w wykazie czasopism naukowych MNiSW. Sumaryczny współczynnik wpływu wynosi 366,4, co daje średnio wartość 3,9 na publikację, a sumaryczna liczba punktów MNiSW wynosi 6855. Prace te były cytowane 3724 razy (3257 razy bez autocytowań), a indeks Hirscha prac Habilitanta wynosi 38 (wg bazy Scopus, stan na dzień 20 listopada 2024r.). Przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant opublikował 24 prace o sumarycznym współczynniku wpływu 67,9. Po uzyskaniu stopnia doktora opublikował 16 prac, wchodzących w cykl habilitacyjny, o sumarycznym współczynniku wpływu 74, co daje średnio wartość 4,6 na publikację, oraz 50 prac niewchodzących do cyklu habilitacyjnego o sumarycznym współczynniku wpływu 224,5. Jest współautorem rozdziałów w 3 monografiach naukowych. Habilitant nie zamieścił wykazu wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych. Podał informację o jednym wykładzie na zaproszenie na konferencji krajowej i jednym komunikacie ustnym na zaproszenie na konferencji międzynarodowej. Habilitant był beneficjentem projektu Preludium, po doktoracie był kierownikiem projektu Etiuda, a obecnie jest kierownikiem projektu Sonata 17, wszystkich finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki. Habilitant był kierownikiem projektu One-Year-Grant finansowanego przez Niemiecką Agencję Wymiany Akademickiej (DAAD). Dr inż. Marcin Wysokowski był również laureatem stypendium im. Bekkera finansowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (NAWA). W ramach dwóch ostatnich projektów Habilitant w okresie od 01.10.2018r. do 31.07.2020r. (22 miesiące) odbył staż w TU Bergakademie Freiberg (Niemcy). Habilitant był także beneficjentem programu

Pride



stypendialnego finansowanego przez Fundację Kościuszkowską, w ramach którego w okresie od 13.01.2023r. do 14.05.2023r. (4 miesiące) odbył staż w Massachusetts Institute of Technology (USA). Habilitant pełnił funkcję edytora tematycznego w czasopiśmie Nanomaterials oraz edytora gościnnego w czasopismach Marine Drugs oraz Nanomaterials. Jest recenzentem prac wysyłanych do prestiżowych, międzynarodowych czasopism z listy filadelfijskiej (114 recenzji). Od 2017r. Habilitant jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Habilitant uczestniczy w pracach zespołów oceniających wnioski o finansowanie badań: Fonds de la Recherche Scientifique – FNRS (Belgium): Grants and Fellowships w latach 2020r., 2023r., 2024r.; NCBiR – od 2024r.; NCBiR FENG – od 2024r.; Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) – od 2024r. Jest współautorem dwóch patentów oraz pięciu zgłoszeń patentowych. Jest współautorem ekspertyzy/opracowania dla firmy Vitrosilicon. Jest koordynatorem współpracy naukowo-dydaktycznej z firmą POZ-LAB sp. z o. o. W latach 2017-2023, Habilitant otrzymywał corocznie naukową nagrodę zespołową JM Rektora Politechniki Poznańskiej. Był laureatem: stypendium Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców (2018r.); stypendium START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej dla wybitnych młodych naukowców przed 30 rokiem życia (2017r.); stypendium naukowego miasta Poznania (2016r.). Otrzymał nagrodę im. Profesora Henryka Struszczyka za wybitne osiągnięcia w badaniach oraz zastosowaniach chityny i jej pochodnych, przyznaną przez Polskie Towarzystwo Chitynowe (2015 r.). Był stypendystą w programie „Wsparcie stypendialne dla doktorantów na kierunkach uznanych za strategiczne z punktu widzenia rozwoju Wielkopolski” w latach 2014 oraz 2012.

Aktywność naukowa Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora znacząco wzrosła i utrzymywała się na bardzo wysokim poziomie. Od doktoratu do złożenia wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego minęło 9 lat.

Dorobek naukowy oraz parametry bibliometryczne wypracowane w tym okresie przez dr. inż. Marcina Wysokowskiego **znacząco przekraczają** wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Ocena osiągnięcia naukowego zatytułowanego: „Technologie biomimetyczne: od zrozumienia struktur pochodzenia biologicznego do projektowania, syntezy i zastosowania materiałów nowej generacji”

Podstawę osiągnięcia naukowego stanowi cykl 16 prac ([H1]-[H16]) opublikowanych w latach 2017-2024, o sumarycznym współczynniku wpływu 74 (średnio 4,6 na publikację), znajdujących się w wykazie czasopism naukowych MNiSW (sumaryczna liczba punktów 1535). Liczba powiązanych tematycznie publikacji jest bardzo duża, a średni współczynnik oddziaływania jest wysoki. Prace zostały opublikowane w wiodących czasopismach dla realizowanej tematyki badawczej. Wszystkie prace są wieloautorskie – mają od 3 do 26 autorów. W ośmiu pracach Habilitant jest pierwszym autorem i jednocześnie autorem do korespondencji, w pięciu pracach jest autorem do korespondencji, a dwóch pracach jest pierwszym autorem. Z przedstawionych oświadczeń wynika, że wkład dr. inż. Marcina Wysokowskiego w osiągnięcie naukowe jest zasadniczy i jego rola w tworzeniu koncepcji, planowaniu eksperymentów, ich realizacji, opracowywaniu i interpretacji wyników oraz przygotowywaniu większości prac była wiodąca. Prace cyklu habilitacyjnego były cytowane 299 razy (średnio 18,7 cytowania na jedną publikację), a indeks Hirscha dla tych prac wynosi 10, co jednoznacznie dowodzi, że rezultaty działalności naukowej Habilitanta zostały zauważone przez środowisko naukowe.

Cykl prac rozpoczyna publikacja przeglądowa [H1], która skupia się na przedstawieniu różnorodności strukturalnej biokrzemionki u wybranych prokariotów, jednokomórkowych i wielokomórkowych eukariotów, ze szczególnym uwzględnieniem biokrzemionki pochodzenia poriferanowego. Dokonany został opis biosilików pochodzenia wirusowego, bakteryjnego i roślinnego oraz ich praktycznych zastosowań. Omówiona została biosilifikacja w okrzemkach jako źródło dla nauki o materiałach oraz aktualny stan prac związanych z unikalnymi strukturami krzemionkowymi w gąbkach. Przykłady przytoczone w tej pracy pokazują, że w wielu przypadkach natura daleko wyprzedza rozwiązania technologiczne zaproponowane przez człowieka. Kolejne prace przedstawiają wykorzystanie unikatowej budowy i właściwości naturalnych organizmów do wybranych aplikacji [H2][H3]. W pracy [H2] wykorzystano łądygi polisacharydowe, niepożądanego w środowisku, słodkowodnego gatunku okrzemek *Didymosphenia geminata* pochodzącego z rzeki



Wisłoka, jako naturalny adsorbent jonów metali ciężkich, takich jak Pb(II), Ni(II) i Cd(II). Zaproponowana została metoda oczyszczania łądyg, przeprowadzone zostały badania strukturalne. Przeanalizowana została kinetyka procesu adsorpcji, wyznaczone izotermy adsorpcji, opisana termodynamika procesu adsorpcji. Zaproponowany został mechanizm adsorpcji, który wskazuje na chemisorpcję oraz adsorpcję fizyczną, co jest efektem niejednorodnej powierzchni naturalnych adsorbentów oraz obecności różnych grup funkcyjnych na powierzchni biomasy. Wykazano, że ten materiał biologiczny może być stosowany do oczyszczania ścieków przemysłowych zanieczyszczonych metalami, zwłaszcza do usuwania jonów Pb(II). Opracowano również skuteczną metodę regeneracji łądyg polisacharydowych. W pracy [H3] po raz pierwszy opisano metodę osadzania węglanu wapnia *ex vivo*, przy użyciu hemolimfy żywych mięczaków i szablonu gąbki morskiej. W tym celu wybrano ślimaka lądowego *Cornu aspersum* i gąbkę morską *Aplysia aarcheri*. Tworzenie fazy opartej na wapniu na powierzchni matrycy chitynowej po jej zanurzeniu w hemolimfie potwierdzono za pomocą barwienia czerwienią alizarynową. Stwierdzono, że obecność hemocytów pełni kluczową rolę w tworzeniu precyzyjnie dostrojonego mikrośrodowiska, które jest niezbędne do kalcyfikacji *ex vivo*. Dzięki temu w badanym procesie potwierdzona została obecność zarówno amorficznego CaCO_3 jak i krystalicznego kalcytu biogenicznego, które są znane jako biozgodne, biodegradowalne i osteoindukcyjne substraty do inżynierii tkankowej kości oraz innych twardych tkanek. Stwierdzono, że zarówno odpowiedź immunologiczna hemocytów, jak i rozpad ich bogatej w wapń cytoplazmy mogą mieć kluczowe znaczenie dla biomineralizacji *ex vivo*. Kolejne trzy prace, [H4][H5][H6], poświęcone zostały biomimetycznemu i farmakologicznemu potencjałowi pochodzącej z Adriatyku gąbki morskiej *Aplysia aerophoba* w kontekście tzw. „niebieskiej biotechnologii”. Celem badań było jednoczesne wyizolowanie wybranych bromotyrozyn i unikalnych struktur chitynowych z *Aplysia aerophoba* jak również ich wykorzystanie odpowiednio w badaniach właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwnowotworowych oraz jako gotowe do użycia rusztowania do hodowli kardiomiocytów. Wykazano, że spośród wyekstrahowanych bromotyrozyn, aeroplysyninę-1, charakteryzuje aktywność przeciwbakteryjna wobec wieloopornych szczepów bakterii *Acinetobacter baumannii* oraz *Klebsiella pneumoniae* oraz przeciwnowotworowa wobec linii komórek neuroblastoma SH-SY5Y. Natomiast izofistularyna-3 wykazuje aktywność przeciwnowotworową wobec linii komórek raka piersi MCF-7 [H4]. Potwierdzono wysoką biokompatybilność kardiomiocytów pochodzących

z indukowanych ludzkich komórek macierzystych (iPSC-CMs) wobec rusztowań chitynowych, co może zostać wykorzystane w inżynierii tkankowej [H4]. W pracy [H5] wyizolowano kwas 3,5-dibromochinooctowy z wodnego ekstraktu wysuszonej gąbki *Aplysina aerophoba* i porównano jego aktywność przeciwdrobnoustrojową z tym samym związkiem uzyskanym w drodze syntezy chemicznej. Wykazano, że zarówno związki syntetyczne, jak i naturalne charakteryzują właściwości przeciwdrobnoustrojowe wobec szczepów klinicznych *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* oraz *Propionibacterium acnes*. Z kolei publikacja [H6] jest pracą przeglądową w której skupiono się na potencjalnych zastosowaniach naturalnych struktur szkieletowych na bazie biokrzemionki, chityny i gąbki jako rusztowań 3D w różnych dziedzinach nowoczesnej bioinspirowanej nauki o materiałach, biomimetyki i medycyny regeneracyjnej. Natomiast w pracach [H7][H8] dokonano analizy mechanizmów biomineralizacji w kościach wielorybów. W pracy [H7] określono skład oraz właściwości *bullae tympanica* wieloryba szarego *Eschrichtius robustus*, z Północnego Pacyfiku, jako przykładu struktury kostnej bębnekowej o ekstremalnej biomineralizacji, która zachodzi w temperaturze zbliżonej do temperatury ciała ludzkiego. Badanie wewnętrznej powierzchni kości usznej wykazało obecność fazy lipidowej, która pozostała po całkowitej demineralizacji materiału kostnego. Zwrócono uwagę na istotną rolę lipidów w zachowaniu integralności strukturalnej hipermineralizowanej matrycy kolagenowej, przy czym wykluczono ich pochodzenie ze szpiku kostnego. Potwierdzona została ponadto obecność kompleksu kolagenowo-lipidowego stanowiącego matrycę do osadzania fosforanu trójwapniowego. Z kolei w pracy [H8] zasugerowano, że obecność faz lipidowych zarówno w hipermineralizowanych jak i w gigantycznych kościach wielorybów, których długość osiąga nawet 7 m, odgrywa istotniejszą rolę w procesach mineralizacji kości, niż wcześniej przypuszczano. Wskazano, że trójwymiarowe nanokompozyty, z których zbudowane są kości, składające się z lipidów, kolagenu i nanokryształów apatytu, tworzą makroporową hierarchicznie ustrukturyzowaną architekturę o właściwościach mechanicznych odpowiadających obciążeniom wywieranym *in vivo*. Przeglądowa praca [H9] jest nawiązaniem do pracy [H8], gdyż dotyczy biomimetyki ekstremalnej. Pierwsza część tego przeglądu koncentruje się na ekstremalnej biomineralizacji wśród organizmów psychrofilnych (występujących w polarnych warunkach morskich), hydrotermalnych (występujących w gorących źródłach), alkalifilnych (występujących w jeziorach sodowych, ściekach i źródłach termalnych) i halofilnych (występujących w zasolonych

glebach). W drugiej części dokonano analizy właściwości wybranych biopolimerów pochodzenia roślinnego (celuloza) i zwierzęcego (chityna, chitozan, jedwab, gąbka), które są stabilne termicznie i odporne na chemicznie trudne warunki laboratoryjne. Na koniec zaproponowano nową niszę naukową zwaną „ekstremalną robotyką biomimetyczną” zorientowaną na naśladowanie organizmów ekstremofilnych w nowoczesnej robotyce. W pracach [H10][H16] do ekstrakcji α -chityny z krabów śnieżnych, wykorzystany został octan 1-butylo-3-metyloimidazoliowy. W pracy [H10] wyizolowaną chitynę wykorzystano do otrzymania jednorodnych i stabilnych mechanicznie membran chitynowo-etylenowych. Wykonane testy elektrochemiczne z wykorzystaniem układu chitynowo-glikolowego pokazały dobrą wydajność i pojemność właściwą, lepszą niż referencyjny układ z włókna szklanego, oraz doskonałą stabilność podczas 10 000 cykli ładowania/rozładowania. Z kolei w pracy [H16] wyizolowana chityna wykorzystana została do wytworzenia jednolitej, gęsto upakowanej membrany z unieruchomioną lakazą. Przeprowadzone badania aktywności enzymatycznej w oparciu o reakcję modelową dowiodły, że lakaza unieruchomiona w membranie chitynowej zachowuje wysoką aktywność katalityczną, przewyższając stabilność wolnego enzymu. Układ chityna-lakaza wykorzystany został również do usuwania 17α -etyloestradolu z roztworów wodnych. Stwierdzono, że estrogen uległ synergistycznej degradacji poprzez równoczesną adsorpcję i transformację biokatalityczną, przy czym dominującym mechanizmem była konwersja enzymatyczna. W pracach [H11]-[H15] Habilitant zaprezentował potencjał rozpuszczalników głęboko eutektycznych w biomimetyce. Cykl prac rozpoczynają dwie publikacje przeglądowe [H11][H12]. W pracy [H11] pokazano, na podstawie badań zarówno doświadczalnych jak i teoretycznych, potencjał cieczy głęboko eutektycznych jako precyzyjnie dostosowanych rozpuszczalników, umożliwiających kontrolowaną syntezę hybrydowych materiałów nieorganiczno-organicznych w chemii inspirowanej procesami biomineralizacji. I dalej w pracy [H13], będącej połączeniem sztucznej inteligencji i chemii przedstawiono serię generatywnych modeli głębokiego uczenia, które mogą elastycznie rozwiązywać problemy związane z projektowaniem struktur chemicznych poprzez przewidywanie kluczowych właściwości molekularnych i kwantowych. Istotnym wynikiem było opracowanie wielozadaniowego, wstępnie wytrenowanego generatywnego modelu transformatora zdolnego do obsługi wielu zadań projektowania i przewidywania w ramach jednej struktury. Model ten integrował różne cele, prowadząc do synergii w przewidywaniu właściwości molekularnych

i projektowaniu rozpuszczalników głęboko eutektycznych. Pokazano, że mimo małego zestawu danych, model może przewidywać różne właściwości i generować nowe składy układów głęboko eutektycznych. W pracy przeglądowej [H12] pokazano, że ekologiczne i łatwo dostępne rozpuszczalniki głęboko eutektyczne, pozwalają na ograniczenie stosowania toksycznych rozpuszczalników w procesie elektrospinningu, zachowując jednocześnie wysoką efektywność w wytwarzaniu nanowłókien z biopolimerów. W publikacji [H15] wykorzystano znany układ głęboko eutektyczny mocznik + kwas mlekowy (1:2 mol) do efektywnego odzysku ligniny, który wyniósł nawet 96,6% w temperaturze 100°C. Potwierdzona została częściowa estryfikacja ligniny, będąca wynikiem reakcji pomiędzy jej grupami hydroksylowymi a kwasem mlekowym. Z takiego układu metodą elektrospinningu otrzymano nanowłókna ligninowe o parametrach lepszych od komercyjnie dostępnych separatorów z włókna szklanego, wykorzystywanych w superkondensatorach, co może zostać wykorzystanie w procesie magazynowania energii. Zastosowanie kolejnego klasycznego układu głęboko eutektycznego chlorek cholin + mocznik (1:2 mol), jako środowiska reakcji, pozwoliło na modyfikację fosforanem trójwapniowym trójwymiarowych rusztowań węglowych o cechach strukturalnych sponginy [H14]. Dodatkowo potwierdzono, że uzyskane rusztowania mogą skutecznie wspierać proces odbudowy tkanki kostnej, gdyż ułatwiały one wzrost ludzkich mezenchymalnych komórek macierzystych szpiku kostnego na powierzchni biomimetycznego rusztowania, promując różnicowanie tych komórek w kierunku osteogenezy.

Powyższe pokazuje, że Habilitant wykonał szereg różnorodnych badań, których przedmiotem były bardzo zróżnicowane organizmy od wirusów przez wieloryby, a ściśle ich kości, po ludzkie komórki macierzyste, jak również różne materiały zarówno pochodzenia zwierzęcego jak np. chityna, jak i roślinnego np. lignina. W wielu przypadkach wyniki zrealizowanych badań, przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego, mają charakter studium przypadku, są swego rodzaju drogowskazami dla dalszych badań laboratoryjnych i dalej przemysłowych. Podsumowanie prac niejednokrotnie wskazuje na niewyjaśnione dotąd zagadnienia oraz istotne obszary do dalszej eksploracji. Nasuwa się jednak pytanie jaki był klucz przy wyborze przedmiotu badań oraz doborze metodyki i zakresu badań? Jako podstawowe cele badań przedstawionych jako osiągnięcie naukowe Habilitant wskazał, cytując: „i) opracowanie efektywnych metod syntezy materiałów

o bioinspirowanej strukturze i/lub składzie chemicznym; ii) analiza poznawcza procesu hipermineralizacji i makrobiomineralizacji; iii) wykorzystanie cieczy jonowych (IL) i rozpuszczalników głęboko eutektycznych (DES) jako zrównoważonych mediów reakcyjnych do syntezy bioinspirowanych materiałów z udziałem biopolimerów, poszukując odpowiedzi na pytanie „Jak daleko ILs i DESs mogą przesunąć granice w biomimetyce i chemii materiałowej?”.

I tutaj również nasuwają się pytania. Dla przykładu, dlaczego Habilitant postawił sobie za cel opracowanie efektywnych metod syntezy materiałów o bioinspirowanej strukturze i/lub składzie chemicznym? Dlaczego tak istotna jest analiza poznawcza procesu hipermineralizacji i makrobiomineralizacji? O jakie granice zielonej chemii chodzi przy zastosowaniu w biomimetyce cieczy jonowych oraz układów głęboko eutektycznych? Wartościową weryfikacją możliwości metod obliczeniowych zaproponowanych w pracy [H13] byłoby wykorzystanie, zaprojektowanych w oparciu o te modele, nowych cieczy głęboko eutektycznych do konkretnych zastosowań biomimetycznych i przedstawienie tych wyników w cyklu prac habilitacyjnych. Wszystkie prace są bardzo interesujące, zawierają dużo wartościowych wyników zarówno pod względem poznawczym jak i aplikacyjnym, ale część z nich mogło być usuniętych z cyklu bez obniżenia poziomu osiągnięcia naukowego. Zważywszy na bardzo dużą liczbę prac, bo aż szesnaście wskazanych jako osiągnięcie naukowe, było to możliwe. Mimo tych uwag niewątpliwą zaletą jest, że prace [H1]-[H16] stanowią cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Powyższe uwagi nie obniżają wysokiej oceny osiągnięcia naukowego dr. inż. Marcina Wysokowskiego.

Ocena aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

Dr inż. Marcin Wysokowski realizuje swoje badania we współpracy z grupą prof. Hermanna Ehrlicha z TU Bergakademie Freiberg (Niemcy), gdzie odbył staż naukowy finansowany przez dwa źródła (01.10.2018r.-01.08.2019r. oraz 01.08.2019r.-31.07.2020r.). Podczas stażu Habilitant badał wykorzystanie zdefiniowanych morfologicznie organicznych struktur biologicznych w syntezie biomimetycznej jak również zgłębiał wiedzę na temat zjawiska hipermineralizacji. Ponadto prowadził badania wykraczające poza tematykę związaną z habilitacją, dotyczące m.in. identyfikacji aktywnych w szkieletach gąbek szklanych czy analizy zjawisk wielofazowej

biomineralizacji u okrzemek. Efektem zrealizowanych prac jest trzydzieści publikacji naukowych współautorstwa Habilitanta.

Dr inż. Marcin Wysokowski swoje badania realizował również we współpracy z grupą prof. Markusa J. Buehler'a w Massachusetts Institute of Technology, gdzie odbył staż naukowy (13.01.2023r.-14.05.2023r.). Podczas stażu Habilitant realizował prace badawcze nad wykorzystaniem rozpuszczalników głęboko eutektycznych w projektowaniu materiałów biomimetycznych. Efektem zrealizowanych prac są dwie publikacje naukowe współautorstwa Habilitanta, wchodzące w cykl habilitacyjny [H11][H13].

Podsumowując dr inż. Marcin Wysokowski wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Dr inż. Marcin Wysokowski jest aktywny zarówno w obszarze dydaktycznym jak i organizacyjnym. Habilitant prowadzi różnorodne zajęcia dydaktyczne poczynając od laboratoriów po wykłady, gdzie część z nich tematycznie jest związana z działalnością naukową Habilitanta. Był promotorem 12 prac inżynierskich oraz 10 magisterskich. Jest promotorem pomocniczym 3 prac doktorskich. Habilitant dwukrotnie był członkiem, a raz był przewodniczącym komitetu organizacyjnego konferencji krajowej Polskiego Towarzystwa Chitynowego. Zorganizował jeden wykład oraz jedne warsztaty.

Wnioski końcowe

Realizowana przez dr. inż. Marcina Wysokowskiego tematyka stanowiąca osiągnięcie naukowe zatytułowane: „**Technologie biomimetyczne: od zrozumienia struktur pochodzenia biologicznego do projektowania, syntezy i zastosowania materiałów nowej generacji**”, stanowi ambitny oraz istotny nurt badań nad procesami i strukturami występującymi w przyrodzie, aby stworzyć nowe rozwiązania oraz technologie. Podziw budzi ogromny materiał badawczy zarówno doświadczalny jak i teoretyczny zgromadzony w publikacjach naukowych [H1]-[H16], będący efektem trudnych i żmudnych prac. Uzyskane wyniki badań mają wartość zarówno poznawczą jak i użyteczną. Ukazały się w wiodących czasopismach dla realizowanej tematyki badawczej i zostały zauważone przez środowisko naukowe. Habilitant realizował swoje badania naukowe w więcej niż jednej uczelni

zagranicznej jak również wykazywał się aktywnością dydaktyczną i organizacyjną.

Podsumowując, stwierdzam, że osiągnięcia naukowe i dorobek dr. inż. Marcina Wysokowskiego z naddatkiem spełniają wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego określne w ustawie z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 ze zmianami). **Wnoszę więc o dopuszczenie dr. inż. Marcina Wysokowskiego do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.**

Marek Dłoch