

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

Wrocław, 13. 05. 2024r.

**Recenzja osiągnięć dr Marco Costantini przedstawionych w postępowaniu
o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych
i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne**

Informacje o Kandydacie

Pan dr Marco Costantini obecnie jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Chemii Fizycznej Układów Biologicznych w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk (IChF PAN), jest kierownikiem zespołu badawczego: „Wytwarzania cyfrowego układów biomimetycznych” w IChF PAN w Warszawie.

Pracę magisterską obronił z wyróżnieniem w 2011 roku na Uniwersytecie La Sapienza w Rzymie, projekt pracy magisterskiej, której promotorką była prof. Mariella Dentini powstał we współpracy z grupą badawczą prof. Dino Accoto (Uniwersytet Campus Bio-Medici w Rzymie, Laboratorium mechatroniki i biorobotyki). Projekt pracy dyplomowej dotyczył otrzymywania regularnych pianek biopolimerowych wytwarzanych w układach mikro przepływowych. Praca doktorska była związana z rozwojem tych technik do syntezy porowatych materiałów biopolimerowych, a jej promotorką była również prof. M. Dentini. Tytuł doktora w dziedzinie inżynierii chemicznej i procesowej uzyskał w 2015 roku na Uniwersytecie La Sapienza w Rzymie, temat rozprawy: „Wysoce uporządkowane i monodispersyjne biomateriały porowate stosowane w inżynierii tkankowej”. Od 2021 dr M. Costantini jest profesorem nadzwyczajnym w zakresie podstaw chemii w technologiach

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

stosowanych zgodnie z włoską Krajową Kwalifikacją Naukową (KKN, Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego i Badań Naukowych, Włochy).

W trakcie realizacji doktoratu odbył staż naukowy w Instytucie Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk w Warszawie w grupie badawczej prof. dr hab. Piotra Garsteckiego (Laboratorium Mikroprzepływów i Płynów Złożonych), gdzie doskonalił umiejętności z zakresu mikroprzepływów i fizyki płynów w mikroskali. W tym czasie na macierzystej wówczas uczelni w Rzymie był współtwórcą systemu trójwymiarowego osadzania hydrożeli kompatybilnych z naturalnymi polimerami. Po doktoracie w ramach wymiany naukowej uczestniczył w trzech krótkoterminowych stażach na: Politechnice Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej w grupie badawczej prof. dr hab. inż. Wojciecha Świążkowskiego (Laboratorium Biomateriałów), Uniwersytecie Tokijskim, w grupie badawczej prof. Shoji Takeuchi (Laboratorium Technologii Systemów Biohybrydowych) oraz w Instytucie Chemii Fizycznej, Uniwersytetu w Stuttgarcie w grupie badawczej prof. Cosima Stubenrauch. W latach 2015-2017 odbył staż podoktorski na Uniwersytecie Campus Bio-Medico w Rzymie na Wydziale Inżynierii w grupie badawczej prof. Alberto Rainier (Laboratorium Inżynierii Tkankowej). W trakcie staży uczestniczył m. in: w opracowaniu innowacyjnych dysz do biodruku 3D do wytwarzania sztucznych, funkcjonalnych tkanek, projektowaniu systemu mikro przepływowego do syntezy materiałów porowatych stosowanych w inżynierii tkankowej.

Ocena cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie naukowe

Osiągnięcie naukowe będące podstawą postępowania habilitacyjnego zatytułowane: „*Synteza materiałów biopolimerowych o regulowanym składzie, morfologii i właściwościach fizykochemicznych wspomagana technikami mikroprzepływowymi*” stanowi monotematyczny

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

cykl 10 artykułów opublikowanych w czasopismach z wykazu Ministerstwa Edukacji i Nauki, spełniając przesłankę *art. 219 ust.2 pkt 2 lit. b Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.*

Wszystkie publikacje zawarte w zgłoszonym cyklu są wieloautorskie (od 6 do 18 autorów), powstały w ramach szerokiej, ściśle zaplanowanej współpracy z różnymi jednostkami naukowymi. Wielowymiarowość oraz interdyscyplinarność prowadzonych badań wymaga zwykle specjalistycznej wiedzy z różnych dziedzin, stąd większa liczba autorów jest uzasadniona. Dzięki tak zorganizowanej pracy badawczej mogły powstać bardzo dobre publikacje w stosunkowo krótkim czasie, dlatego ilość współautorów nie postrzegam jako wadę ale umiejętność organizacji pracy w dobrze dobranym zespole. Dziewięć pozycji to artykuły oryginalne, jedna publikacja to praca przeglądowa, w 5 pracach Kandydat jest autorem korespondencyjnym (w P6 jednym z trzech), w pozostałych pierwszym autorem. Udział w powstaniu poszczególnych prac jest przedstawiony opisowo, Habilitant był koordynatorem badań, opracował koncepcję i technologię produkcji systemów zaawansowanych materiałów biopolimerowych o regulowanej morfologii, przeprowadził pełną charakterystykę tych materiałów oraz opracował połączenie metod ich otrzymywania z platformami do wytwarzania przyrostowego. Podobnie finansowanie badań i redakcja manuskryptów były większościowym udziałem Kandydata. Deklaracje Habilitanta w tym zakresie znajdują potwierdzenie w oświadczeniach współautorów publikacji zawartych w przedstawionym cyklu, stąd też analiza indywidualnych wkładów jednoznacznie wskazuje na dominujący udział Habilitanta.

Prace uwzględnione w cyklu powstały w latach 2015-2023, zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach: *Biofabrication*, *Biomaterials*, *Adv. Mat. Technol.*, *Angew. Chem.*, *Adv. Funct. Mater.*, *J. Mat. Chem. C.*, *ACS*

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

Appl. Mater. Interfaces, jedna z prac (P3 opublikowana w *Adv. Mat. Technol.*) została wyróżniona okładką. Sumaryczny współczynnik wpływu IF_{2022} cyklu publikacji P1-P10 wynosi 107,2, średnia na pracę wynosi 10,72, co jest wyjątkowym wynikiem. Ponadto zdecydowanym walorem jest duża rozpoznawalność tych prac co nie jest powszechne, całkowita ilość cytowań całego cyklu w zależności od bazy kształtuje się w przedziale 679-889.

Osiągnięcie naukowe Kandydata mieści się w zakresie dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne. Cykl prac stanowiący osiągnięcie wnosi znaczący wkład w dziedzinę inżynierii i chemii biomateriałów, szczególnie w zastosowaniu biodruku 3D w medycynie. Innowacyjność przejawia się nie tylko w aspektach technologicznych istotnych w rozwoju nowych technologii w medycynie regeneracyjnej ale również interesujące są osiągnięcia związane z syntezą i funkcjonalizacją materiałów polimerowych, które znacznie poszerzają ważne zagadnienia z zakresu chemii i inżynierii materiałowej. W tym zakresie należy podkreślić opracowanie syntez funkcjonalnych materiałów biopolimerowych o przestrajalnych właściwościach na bazie układów jedno lub dwufazowych otrzymanych w urządzeniach mikroprzepływowych.

Praca habilitacyjna koncentruje się na syntezie ściśle zdefiniowanych materiałów w kontekście właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych oraz wymagań związanych z morfologią tych biomateriałów w mikro i makroskali. Strategie syntezy modyfikowane przez wykorzystanie zaawansowanych technologii umożliwiły otrzymanie materiałów komórkowych o regularnej architekturze, kontrolowanej strukturze porowatej i wielkości porów, które można precyzyjnie odwzorować w 3D. Ponadto opracowano jednoetapową procedurę wytwarzania hydrożeli na bazie

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

włókien o składzie tkankowo-biomimetycznym zawierającym różne biomateriały wykazujące gradientowe właściwości chemiczne i biologiczne. Systemy mikroprzepływowe zastosowano do wytworzenia monodispersyjnych szablonów piankowych do otrzymywania porowatych materiałów biopolimerowych o określonej morfologii komórkowej. Biomateriały otrzymane w tej technologii charakteryzowały się znacznie lepszą retencją komórek oraz ich jednorodnym rozproszeniem w porównaniu do porowatych matryc syntezowanych konwencjonalnymi metodami.

Publikacja P4 to jedyna w cyklu habilitacyjnym praca przeglądowa, Habilitant przedstawił analizę odniesień literaturowych w zakresie druku 3D opartego na ekstruzji z zastosowaniem tuszy emulsyjnych i piankowych oraz ich możliwą integrację z systemami mikroprzepływowymi. Połączenie technik spieniania mikroprzepływowego i druku 3D opartego na ekstruzji dało podstawy opracowania syntez bardziej złożonych struktur komórkowych. Efektem badań nad dopracowaniem tych technologii był udany projekt innowacyjnego urządzenia mikroprzepływowego. Badając możliwości mikroprzepływowej głowicy drukującej opracowano metodologię wielomateriałowego druku 3D, ten wynik ma ogromny potencjał aplikacyjny, można w ten sposób projektować nowe materiały o unikalnych właściwościach strukturalnych generujących nowe funkcjonalności.

Badania zaprezentowane w cyklu prac habilitacyjnych są innowacyjne w obszarze chemii biomateriałów, szczególnie w projektowaniu nowych biotuszów do biodruku materiałów porowatych o precyzyjnych parametrach strukturalnych istotnych dla tworzenia funkcjonalnych implantów tkankowych. Opracowane przez Habilitanta metody oraz technologie umożliwiają odwzorowanie naturalnych mikrostruktur tkankowych, projektowania bioimplantów, sterowanej rekonstrukcji tkanek i nowych rozwiązań dla medycyny regeneracyjnej. Interdyscyplinarne badania z zastosowaniem



WYDZIAŁ CHEMII

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

zaawansowanych technik analizy struktury drukowanych, funkcjonalnych biomateriałów są znaczące w projektowaniu terapii regeneracyjnych w medycynie personalizowanej. Walory aplikacyjne związane z syntezą porowatych biopolimerów mają również istotny walor w kontekście komercjalizacji badań naukowych, w tym aspekcie warto podkreślić międzynarodowy patent WO/2018/083616 – zatytułowany „*Porowaty materiał do włączenia preparatów cytologicznych, sposób jego otrzymywania i zastosowanie*”, materiały te są stosowane w praktyce klinicznej w pobieraniu preparatów cytologicznych. Preparaty handlowe na bazie tak wytwarzanych porowatych biopolimerów są stosowane w klinikach jako narzędzie diagnostyczne.

Podsumowując, Habilitant znacznie poszerzył wiedzę w zakresie syntezy materiałów porowatych, szczególnie interesujące i perspektywiczne są te dotyczące materiałów o gradacji funkcjonalnej, w tym przypadku o ciągłym gradiencie porów. W obszarze interdyscyplinarnego powiązania badań podstawowych i aplikacyjnych innowacyjne są badania w zakresie biodruku 3D wspomaganego mikroprzeptywami. Technologie tego typu z sukcesem zastosowano do wytwarzania sztucznych tkanek.

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego

Całkowity dorobek naukowy obejmuje 54 publikacje z listy *Journal Citation Reports (JCR)*, w tym 38 z nich zastało opublikowanych po doktoracie. Całkowity współczynnik wpływu wynosi $IF_{2022} = 419,4$, na doskonały wynik w tym aspekcie wskazuje średnia 7,77 na publikację. Ponadto w osiągnięciach naukowych wymieniono opracowanie 5 rozdziałów w książkach, 2 patenty krajowe oraz patent międzynarodowy już licencjonowany i skomercjalizowany. Imponująca jest również liczba cytowań niezależnych 2542, 3030 odpowiednio wg baz WoS, Scopus, podobnie wysoki jest indeks Hirsha Habilitanta: 26 (WoS),

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

29 (S), 31 (GS). Parametry bibliometryczne oraz jakość prac i krótki czas uzyskania tych osiągnięć jest wyróżniający.

Prowadzone badania mają również charakter aplikacyjny, w tym aspekcie warto podkreślić udaną komercjalizację badań naukowych, Habilitant opracował i skomercjalizował niestandardowe platformy do biodruku 3D i mikroprzepływów. W ostatnich dwóch latach były to 4 wdrożenia: platform biodruku 3D, systemy pomp strzykawkowych, bioprinterki do rotacyjnego przędzenia na mokro.

Wyniki badań były prezentowane na 22 międzynarodowych konferencjach, głównie w formie komunikatów. Warto podkreślić, że wśród wygłoszonych wykładów jeden nich to wykład plenarny a 6 to wykłady na zaproszenie, nie jest to standardowe osiągnięcie jak na pracownika nauki przed habilitacją.

Kandydat wykazuje wyjątkową skuteczność w pozyskiwaniu funduszy z zewnętrznych instytucji na prowadzone badania, są to granty finansowane z narodowego Centrum Nauki (NCN): POLONEZ, SONATA, OPUS, SONATA BIS. Taki rezultat, wskazuje na wartościowy dorobek i doprecyzowane plany badawcze umiejscowione w najnowszych trendach światowych o perspektywnym potencjale aplikacyjnym. Ponadto był wykonawcą w trzech projektach FIRST TEAM (finansowany przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej), GUT 2.0 (finansowany przez Uniwersytet Campus Bio-Medici), NewJont (finansowany przez NCBR) oraz sprawował opiekę merytoryczną nad grantem PRELUDIUM (NCN).

Kandydat posiada rozpoznawalną pozycję naukową, potwierdzają to liczne zaproszenia do recenzji artykułów naukowych (58) dla prestiżowych czasopism naukowych dla wydawnictw m.in.: *Wiley, American Chemical Society, Royal Society of Chemistry*. Ponadto recenzował wnioski grantowe dla agencji: *Swiss National Science Foundation, Dutch Research Council, Forschungsgemeinschaft, ETH Zurich Research Commission*. Habilitant jest

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

również członkiem rad redakcyjnych czasopism: *Biomicrofluidisc AIP (American Institute of Physics)*, *Journal of Functional Biomaterials (MDPI)*

Habilitant był współpromotorem 3 prac magisterskich oraz opiekunem naukowym 2 prac dyplomowych na kierunku *Inżynierii Biomedycznej* oraz *Chemii Przemysłowej* podczas pracy na Uniwersytecie La Sapienza i Uniwersytecie Campus Bio-Medico w Rzymie. Ponadto prowadził zajęcia laboratoryjne z przedmiotów *Chemia ogólna i organiczna*, *Chemia dla inżynierii* dla kierunku *Inżynieria Biomedyczna* oraz *Biopolimery i Biomateriały* dla kierunku *Chemia Przemysłowa* na Uniwersytecie Campus Bio-Medico w Rzymie. Obecnie jest promotorem pomocniczym 3 doktoratów w Szkole Doktorskiej Warsaw4PhD, oraz opiekunem naukowym 4 prac magisterskich realizowanych we współpracy z Uniwersytetem La Sapienza w Rymie. W kontekście możliwości realizacji dydaktyki, która jest ograniczona w instytutach PAN do prac badawczych z doktorantami lub stażystami to jest to osiągnięcie również wyjątkowe.

Dr Marco Costantini angażuje się w działania związane z popularyzacją nauki, wygłosił szereg wykładów dla szkół średnich oraz organizacji studenckich podczas festiwali nauki w ramach działań MSCA-COFUND, inicjatywy *Skype a Scientist* oraz festiwalu *Przemiany 2023* w Centrum Nauki Kopernik.

Habilitant organizował specjalistyczne warsztaty w ramach ogólnoswiatowych kongresów, w tym na VI światowym kongresie TERMIS (*Microfluidic Biofabrication: a hybrid platform for the printing of functional hierarchical tissue*' – Maastricht, Holandia, 15-19 listopada 2021) oraz

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

konferencji uTAS 2023 (*3D printing for Biomedicine* – Katowice, Polska, 15-19 października 2023).

Podsumowanie

Osiągnięcie naukowe zawarte w prezentowanym cyklu publikacji jest bardzo wartościowym materiałem, charakteryzuje się innowacyjnością oraz znaczącym wkładem w obszarze chemii biomateriałów i nowoczesnych technologii biodruku 3D. Całkowity dorobek naukowy jest znaczący, prace wyszczególnione w cyklu habilitacyjnym uzyskały już wysokie cytowania. Habilitant posiada doświadczenie w kierowaniu projektami badawczymi, zdobył cztery granty w tym prestiżowy SONATA BIS. Wykazał się umiejętnościami w kształceniu młodej kadry, zdolnościami organizacyjnym, ma znaczące osiągnięcia w skali międzynarodowej, potrafi nawiązać owocną współpracę z naukowcami z innych dziedzin. Habilitant jest niezwykle wartościowym i dynamicznie rozwijającym się pracownikiem naukowym i posiada wszelkie kompetencje do prowadzenia samodzielnych badań na najwyższym poziomie.

Na podstawie materiałów dokumentujących całokształt dorobku naukowego dr Marco Costantini wykazał się wyróżniającymi osiągnięciami w obszarze chemii biomateriałów co w pełni spełnia wymagania do nadania stopnia doktora habilitowanego. Przedstawione osiągnięcie naukowe ma charakter nowatorski i spełnia kryterium nowości naukowej wymagane

**WYDZIAŁ CHEMII**

prof. dr hab. Jolanta EJFLER
Kierownik Zakładu Technologii Chemicznej
ul. F. Joliot-Curie 14
50-383 Wrocław
e-mail: jolanta.ejfler@uwr.edu.pl

w procedurze habilitacyjnej. Prace przedstawione w cyklu habilitacyjnym mają istotny wkład w rozwój dyscypliny nauki chemiczne.

W mojej opinii wniosek habilitacyjny spełnia wymagania opisane w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w związku z tym zwracam się do Rady Naukowej Instytutu Chemii Fizycznej PAN o poparcie wniosku pana dr. Marco Costantiniego.