AGH AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

dr hab. inż. Aneta Zima, prof. AGH

Kraków, dn. 14.09.2022r

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej dr inż. Małgorzaty Katarzyny Włodarczyk-Biegun

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk inżynieryjno technicznych*, ***w dyscyplinie inżynieria biomedyczna***

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały nr 37/2022 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Biomedyczna Politechniki Śląskiej z dnia 14 lipca 2022r. oraz pisma Przewodniczącego Rady prof. dr hab. inż. Marka Gzika z dnia 15 lipca 2022r.

Podstawę do opracowania recenzji stanowiła otrzymana dokumentacja w postaci papierowej oraz elektronicznej, zawierająca wniosek Habilitantki z dnia 07.03.2022r (w języku polskim i angielskim) o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego oraz następujące załączniki:

1. Dane wnioskodawcy w języku polskim
2. Dane wnioskodawcy w języku angielskim
3. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora w języku angielski (oryginał) oraz tłumaczenie na język polski
4. Autoreferat w języku polskim
5. Autoreferat w języku angielskim
6. Wykaz osiągnięć naukowych w języku polskim
7. Wykaz osiągnięć naukowych w języku angielskim

Dodatkowo w wersji elektronicznej zostały umieszczone:

8. Kopie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego
9. Kopie prac cytowanych w rozdziale Perspektywy na przyszłość (prace w recenzji)
10. Oświadczenia współautorów cyklu publikacji
11. Kopie świadectw pracy potwierdzających odbycie staży zagranicznych

WIMiC
Akademia Górniczo-Hutnicza | Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków,
tel. +48 12 617 22 36, fax +48 12 633 46 30
e-mail: azima@agh.edu.pl, www.kcimo.pl

1. Sylwetka Habilitantki

Dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun ukończyła w roku 2009 studia inżynierskie w ramach Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej, Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, a następnie w tej samej jednostce w roku 2011 w uzyskała tytuł magistra inżyniera po obronie pracy pt. ***Next-generation hydrogel biomaterials for the treatment of bone tissue defects***. Ponadto, w 2010 roku uzyskała tytuł magistra (dyscyplina: psychologia) kończąc Międzywydziałowe Studia Humanistyczne realizowane na Wydziale Filozoficznym Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Stopień naukowy doktora w dyscyplinie inżynieria biomedyczna uzyskała w 2016 roku na Uniwersytecie Wageningen w Holandii za pracę doktorską pt. ***Silky gels for cells: Silk-inspired protein based polymers for use in tissue engineering,*** której promotorem był prof. M.A. Cohen Stuart. Promotorami pomocniczymi dysertacji byli prof. Marleen Kamperman oraz prof. Sander Leeuwenburgh.

Kariera naukowa Habilitantki rozpoczęła się od zatrudnienia jej jako Doktorantki w Laboratory of Physical Chemistry and Soft Matter, WUR University, Wageningen, Holandia, w którym realizowane były prace badawcze w ramach trzech wydziałów: Wageningen University - Physical Chemistry and Soft Matter; Wageningen UR, Food & Biobased Research oraz Radboud University Medical Centre, Nijmegen, Department of Biomaterials. Po uzyskaniu tytułu doktora Pani Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun odbyła czteroletni staż podoktorski w INM-Leibniz Institute for New Materials, Saarbrücken w Niemczech, gdzie pracowała w grupie prof. A. del Campo. Koordynowała tam aktywności grupy badawczej w ramach projektu europejskiego Interreg (Horyzont 2020) IMPROVE-STEM oraz założyła i sprawowała nadzór nad laboratorium biodruku. Od 2020 roku odbywa staż typu Post Doc w Zernike Institute for Advanced Materials, University of Groningen w Holandii w zespole prof. M. Kampermana. Jako kierownik obecnie realizuje tam projekty: NWO VENI oraz NWO XS. Od marca 2021 roku pracuje również na stanowisku adiunkta w Centrum Biotechnologii Politechniki Śląskiej w Gliwicach, gdzie kieruje projektami badawczymi finansowanymi przez NCN (tytuł projektu: *Druk 3D gradientowych skafoldów hybrydowych o właściwościach bio-instruktywnych dla międzyfazowej inżynierii tkankowej;* Opus 19) oraz NAWA (Polskie Powroty 2019).

Głównym obszarem zainteresowań naukowych Habilitantki jest biodruk z materiałów polimerowych zarówno w aspekcie charakterystyki materiałów hydrożelowych jak również optymalizacji narzędzi do technologii druku 3D. Coraz szybciej rozwijająca się technologia biodruku, nowe strategie drukowania podnoszą oczekiwania środowiska naukowego do podjęcia wyzwania jakim jest drukowanie tkanek czy narządów. Należy zaznaczyć, że dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun większość badań realizowała w ramach projektów badawczych przy szerokiej współpracy wielu zagranicznych ośrodków naukowych, co świadczy o aktualności tematyki podejmowanej przez Habilitantkę oraz zdolności pracy w międzynarodowym zespole.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria biomedyczna, zgodnie z art. 219 ust.1 pkt.2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie

Wyższym i Nauce (DZ. U. z 2021 r. poz. 478), dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun wskazała cykl powiązanych tematycznie 7 publikacji naukowych z lat 2017-2021 pod tytułem: ***Innowacyjne materiały na bazie hydrożeli do biodruku 3D i enkapsulacji komórek: otrzymywanie, charakteryzacja i biofabrykacja***. Na przedmiotowe osiągnięcie składa się 7 artykułów naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach z listy JCR (Materials Science and Engineering: C *IF = 7.328*, Bioprinting *IF = 6.564*, Polymers *IF = 4.329*, Biofabrication *IF = 9.954*, ACS Applied Materials & Interfaces *IF = 9.229*, Biomaterials Science *IF = 6.843*, Biomaterials *IF = 12.479*) o sumarycznym współczynniku **IF = *56,726*** oraz sumarycznej liczbie punktów **MNiSW = 1060**. Wszystkie publikacje w cyklu są współautorskie (od 2 do 5 autorów). W dwóch publikacjach Habilitantka jest pierwszym autorem, a w trzech jest autorem korespondencyjnym. Pewne zastrzeżenia może budzić fakt, że Kandydatka do swojego osiągnięcia naukowego wnosi prace, w których mniej niż w połowie jest pierwszym autorem lub autorem korespondencyjnym. W 4 artykułach Habilitantka jest drugim autorem, niemniej jednak zgodnie z deklarowanymi i podpisanymi przez współautorów publikacji oświadczeniami należy podkreślić wkład Habilitantki w zakres prac, które zostały wykonane podczas procesu powstawania i przygotowywania artykułów do publikacji. W znakomitej większości prac z tego cyklu udział Pani dr inż. Małgorzaty Katarzyny Włodarczyk-Biegun polegał na planowaniu eksperymentów, optymalizacji metodologii biodruku 3D, analizie uzyskanych danych, wsparciu przy wizualizacji wyników badań, pisaniu i redakcji manuskryptu oraz udzielaniu odpowiedzi recenzentom, **co potwierdza, że Jej rola w ich powstaniu była znacząca**. W przypadku dwóch publikacji Habilitantka pełniła rolę dziennego opiekuna doktoranta (pierwszego autora publikacji **H3** oraz **H6**). Biorąc pod uwagę jakie prowadziła badania oraz będąca po Jej stronie interpretacja wyników, dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun jawi się jako specjalista od biodruku 3D oraz badań reologicznych. Biodrukowanie, jako efektywna technika otrzymywania rusztowań komórkowych o kontrolowanym rozkładzie różnych komponentów, obecnie jest jedną z najszybciej rozwijających się technologii w biomedycynie. W związku z powyższym, publikacje składające się na osiągnięcie naukowe są jak najbardziej aktualne. Jednocześnie **po analizie ich treści należy uznać je za monotematyczne.**

Habilitantka dokonała omówienia cyklu publikacji naukowych (H1-H7) w Autoreferacie, gdzie na wstępie wskazała zagadnienia badawcze, które realizowała po uzyskaniu stopnia doktora. Osiągnięcie habilitacyjne dotyczy w głównej mierze badań nad biodrukiem 3D z materiałów hydrożelowych, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów pochodzących z naturalnych białek, w celu poprawy ich drukowalności i przydatności do hodowli komórek 3D. Autorka opracowała i szczegółowo przebadała materiały na bazie hydrożeli w czterech grupach materiałowych, a mianowicie:

1. Druk alginianu o zwiększonej wierności kształtu (**H2**);
2. Tusz na bazie żelatyny i chitozanu o zwiększonej wierności precyzji wydruku (**H6**);
3. Reaktywny system chitozan/kwas hialuronowy sieciowany *in-situ* (**H3**) i jego funkcjonalizacji za pomocą bioaktywnych nanocząstek (**H1**);
4. Kleje do druku na bazie PEG (**H4**).

Habilitantka zarówno w tytule osiągnięcia jak i w Autoreferacie użyła słowa „charakteryzacja" zamiast „charakterystyka" do oceny opracowanych przez nią materiałów. Słowo „charakteryzacja" odnosi się do literatury bądź stosowane jest w sztuce teatralnej lub filmowej i w mojej ocenie nie powinno być użyte w kontekście badań materiałowych.

W zakresie merytorycznym Habilitantka zaproponowała drukowanie tuszów na bazie alginianu do kąpieli zawierającej chitozan i $CaCl_2$. Przetestowała różne stężenia alginianu (o średniej i wysokiej lepkości), kompozycje kąpieli oraz opcję dodatkowego sieciowania po druku. Zaproponowała dwa mechanizmy warunkujące szybkie sieciowanie: tworzenie kompleksu polielektrolitowego alginian-chitozan oraz fizyczne sieciowanie łańcuchów alginianu jonami Ca^{2+}. Oba zaproponowane mechanizmy sieciowania mogą zachodzić równolegle i przyczyniać się do zwiększenia stabilności wydruku. Badanie wykazało wartość dodaną formowania PEC dla zwiększenia rozdzielczości druku i sieciowania po drukowaniu w celu dalszego zachowania kształtu.

Kolejny cykl eksperymentów, opisany w autoreferacie, dotyczył optymalizacji składu tuszu na bazie żelatyny i chitozanu o zwiększonej precyzji wydruku. Przeprowadzono badania optymalizacyjne w celu określenia odpowiednich stężeń materiałów i okien drukowalności dla wybranego tuszu GelMA/chitozan. Odpowiednio dobrany zestaw eksperymentów oraz zastosowanie środków sieciujących pochodzących z kwasu fitynowego, które nie były wcześniej stosowane w biodruku, świadczą o postępie badawczym i dużej dojrzałości naukowej Habilitantki. Z punktu widzenia naukowego, opracowany tusz chitozan/GelMA i zaproponowana metoda drukowania z podwójnym sieciowaniem, która opierała się na: fotopolimeryzacji w świetle ultrafioletowym (UV) prowadzonej podczas drukowania materiału oraz sieciowaniu jonowym za pomocą G1Phy po zakończeniu drukowania, może znaleźć potencjalnie szerokie zastosowanie w inżynierii tkanek miękkich.

Opisane przez Habilitantkę badania reaktywnego systemu chitozan/kwas hialuronowy sieciowany *in-situ* i jego funkcjonalizacji za pomocą bioaktywnych nanocząstek dotyczyły materiału drukowalnego z żywymi komórkami do produkcji rusztowań komórkowych o dobrych właściwościach mechanicznych. Zbadano możliwość drukowania ekstruzyjnego reaktywnego hydrożelu za pomocą systemu podwójnej strzykawki z mieszaniem statycznym. Jako reaktywne prekursory zastosowano modyfikowane polimery pochodzenia naturalnego: karboksymetylochitozan oraz kwas hialuronowy (HA). Główną zaletą proponowanego podejścia było zastosowanie niskiej zawartości polimeru, a co za tym idzie, prekursora o niskiej lepkości, pozwalającego na łatwą pracę z enkapsulowanymi komórkami. Ponieważ typy prekursorów, ich stężenia, wartość lepkości i warunki drukowania można łatwo zmieniać, proponowane podejście jest uniwersalne i daje się dostosować do szerokiej gamy systemów reaktywnych. W ocenie recenzenta jest to znaczący wkład dr inż. Małgorzaty Katarzyny Włodarczyk-Biegun w badania na biofabrykacją rusztowań zawierających komórki. Ponadto, interesującym rozwiązaniem było również opracowanie i wytworzenie bioaktywnych nanocząstek katecholowych (NP), które mogą być stosowane do gojenia ran. Jak wykazały badania, wydrukowane rusztowania hydrożelowe z zawartymi nanocząstkami charakteryzowały się dobrą integralnością strukturalną i jednorodnym rozkładem nanocząstek,

wspierały żywotność i proliferację zakapsułkowanych fibroblastów L929 podczas 14 dni hodowli komórkowej.

Szczególnie interesujące, w opinii recenzenta, są badania Habilitantki dotyczące opracowania klejów medycznych przeznaczonych do druku na bazie PEG. Mogą być one precyzyjnie nakładane i dopasowywane do miejsca zastosowania, umożliwiając łączenie struktur bez uszkodzenia otaczającej tkanki, co często ma miejsce w przypadku używania szwów chirurgicznych. Nowe możliwości otrzymania tuszu na bazie PEG o dobrych właściwościach adhezyjnych oparto na odwracalnym, dynamicznym sieciowaniu. Badania przeprowadzono na tuszu na bazie PEG funkcjonalizowanego dopaminą (PEG-Dop), zawierającego katechol jako jednostkę reaktywną oraz różne jony metali III-wartościowych jako elementy sieciujące (jony Al^{3+}, Fe^{3+} lub V^{3+}). Habilitantka bazując na swojej metodologii przeprowadziła szereg badań reologicznych i powiązała otrzymane charakterystyki reologiczne z różnymi parametrami termodynamicznymi i kinetycznymi kompleksów koordynacyjnych katechol-metal. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano, że PEG-Dop/Al^{3+} i PEG/Dop-Fe^{3+} są dobrymi kandydatami na tusze do wytwarzania rusztowań bezkomórkowych, a następnie, po funkcjonalizacji domenami RGD, do hodowli komórkowych. PEG-Dop/M^{3+} posiadają doskonałe właściwości adhezji do żywych tkanek, przez co wykazują ogromny potencjał do zastosowania jako drukowalne kleje do zastosowań w chirurgii małoinwazyjnej lub do mocowania w ciele urządzeń medycznych. W mojej opinii uzyskane przez dr inż. Małgorzatę Katarzynę Włodarczyk-Biegun rezultaty mogą znacząco przyczynić się do rozwoju kolejnych prac nad projektowaniem zaawansowanych materiałów do biodruku 3D.

Kolejne prace badawcze prowadzone były w kierunku poprawy warunków hodowli komórek w materiałach na bazie PEG (**H5**). W tym celu zaproponowano dotychczas nie stosowaną reakcję tiolowo-metylosulfonową jako alternatywny sposób sieciowania do zastosowań w materiałach do enkapsulacji komórek, a w szczególności w hydrożelach opartych na PEG. Reakcja przebiegała z pożądaną szybkością (od kilku sekund do minut) w łagodnych warunkach (zakres fizjologicznego pH), co pozwoliło z łatwością uzyskać jednorodny i biokompatybilny żel naładowany komórkami. Reakcja zachodzi skutecznie w warunkach fizjologicznych poprzez aromatyczną substytucję nukleofilową, a kinetykę sieciowania można regulować poprzez zmiany pH w zakresie 6 – 9. Niezwykle ciekawa koncepcja wykorzystania chemii tiol-MS w łagodnych warunkach wodnych do sieciowania naturalnego szkieletu polimerowego świadczy o dojrzałości naukowej Habilitantki i pionierskich badaniach, które mogą w znaczący sposób przyczynić się do opracowania nowych biotuszów do druku 3D.

Co istotne z punktu widzenia pracy naukowej, Habilitantka oprócz tematyki związanej z charakterystyką materiałów polimerowych wykorzystywanych do biodruku podjęła również wysiłek standaryzacji metod pomiarowych i wykazała znaczenie analiz reologicznych w dziedzinie biofabrykacji. Ponadto jest współautorką opracowania prostej techniki cryo-SEM do wizualizacji drukowanych rusztowań na bazie hydrożeli (**H2**).

Analiza przedstawionego dorobku naukowego w postaci 7 publikacji, z czego 1 stanowi pracę przeglądową (**H7**), a także wskazanie kolejnych obszarów badawczych takich jak

biodrukowanie materiałów bioinstruktażowych, zawierających wiele wskazówek na różnych poziomach złożoności, bez wątpienia wpłynie stymulująco na dalszy dynamiczny rozwój dziedziny inżynierii tkankowej i medycyny regeneracyjnej. Podjęte w przedstawionych publikacjach zagadnienia badawcze wpisują się w obecne trendy rozwoju nauki o biodruku 3D.

Podsumowując tą część mojej opinii stwierdzam, że **przedstawione prace stanowią pewną komplementarną, oryginalną całość oraz posiadają zarówno walory poznawcze, a także praktyczne. Osiągnięcie naukowe dr inż. Małgorzaty Katarzyny Włodarczyk-Biegun, stanowiące cykl powiązanych tematycznie 7 publikacji pt. *„Innowacyjne materiały na bazie hydrożeli do biodruku 3D i enkapsulacji komórek: otrzymywanie, charakteryzacja i biofabrykacja"* wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna i spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego,** w szczególności określone w art. 219 ust.1 pkt.2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce.

3. Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego Habilitantki

Pani dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun posiada w swoim **dorobku naukowym** wg bazy Scopus na dzień sporządzania recenzji - **23** publikacje w czasopismach z listy filadelfijskiej, jej prace cytowane były **451** razy, a indeks Hirscha wynosi **11**. Po uzyskaniu stopnia doktora powstało 15 prac znacząco zwiększających jej dorobek publikacyjny. Łączna wartość IF dla artykułów po doktoracie na dzień składania wniosku wynosiła **112,880** (przed uzyskaniem stopnia doktora: 47,045; po uzyskaniu stopnia doktora: 65,835), a do tej wartości nie wliczono kolejnych artykułów współautorstwa Habilitantki, które ukazały się już po złożeniu przez Nią wniosku, w renomowanych czasopismach z obszaru inżynierii biomedycznej (np. czasopismo ***Advance Drug Delivery Reviews, IF = 17,783***) z datą publikacji na rok 2022 i 2023. Całkowita liczba punktów MNiSW wynosi 2300 (przed uzyskaniem stopnia doktora: 1000, natomiast po uzyskaniu stopnia doktora: 1300).

Należy podkreślić, że w dorobku Habilitantki znajduje się również 31 wystąpień konferencyjnych, z czego 19 było prezentowanych po złożeniu rozprawy doktorskiej. Dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun legitymuje się niezwykle aktywną współpracą zarówno krajową jak i międzynarodową oraz dużą mobilnością. Pracę doktorską zrealizowała i obroniła na Uniwersytecie WUR Wageningen w Holandii, a obecnie pracuje i prowadzi badania w dwóch ośrodkach naukowych, a mianowicie: w Centrum Biotechnologii Politechniki Śląskiej w Gliwicach oraz na Uniwersytecie w Groningen w Holandii. Pewien niedosyt przy ocenie dorobku naukowego Habilitantki budzi jednak brak patentów, zgłoszeń patentowych czy też wdrożonych nowych technologii, zwłaszcza jeśli chodzi o tak rozwojową tematykę badawczą i osiągane przez nią wyniki badań oraz wskazane przez Habilitantkę informacje na temat współpracy z sektorem gospodarczym.

Dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk Biegun, co należy podkreślić, wykazuje dużą aktywność w pozyskiwaniu środków na realizację projektów badawczych. Habilitantka zrealizowała 2 projekty międzynarodowe, w których była wykonawcą (*The Netherlands Institute of Regenerative Medicine (NIRM)- realizacja pracy doktorskiej oraz Projekt Interreg*

Europa Greater Region (Horizon 2020) „IMPROVE-STEM"; międzynarodowe konsorcjum skupiające partnerów z Niemiec, Belgii, Luksemburga, Francji). Obecnie jest w trakcie realizacji 5 grantów, w których pełni funkcję kierownika projektu (*grant NWO XS - runda 5, grant NCN OPUS, grant NWO XS - runda 4, NAWA Polskie Powroty, grant NWO VENI).*

W zakresie działalności dydaktycznej głównie możemy wyróżnić częściową opiekę naukową nad 13 doktorantami realizującymi swoje prace w ośrodkach badawczych, w których pracowała lub pracuje Pani dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun. Ponadto Habilitantka sprawowała również opiekę naukową nad: 2 naukowcami z tytułem doktora, 7 magistrantami, 4 studentami studiów licencjackich, 1 asystentem naukowym oraz 1 asystentem technicznym. W zakresie prowadzenia zajęć dydaktycznych Habilitantki należy wskazać przygotowanie i prowadzenie zajęć laboratoryjnych z "Biopolymers", wygłoszenie 2 wykładów zaproszonych oraz przygotowanie i prowadzenie zajęć praktycznych z reologii. Aktywność dydaktyczna jest zdecydowanie najsłabszą stroną Habilitantki. Jednak niewielki wkład w proces dydaktyczny należy powiązać z dotychczasowymi formami zatrudnienia w Jednostkach macierzystych (staże podoktorskie).

W zakresie **efektywnej działalności organizacyjnej** wspomagającej zarówno działalność naukowo-badawczą jak i popularyzującą naukę można wyróżnić pełnienie funkcji członka w następujących stowarzyszeniach naukowych: Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS); Netherlands Society for Biomaterials and Tissue Engineering (NBTE); European Society of Biomaterials (ESB); The International Society for Biofabrication (ISBF); Stowarzyszenie absolwentów Christiane Nüsslein-Volhard (CNV) Foundation oraz Stowarzyszenie absolwentów Leibniz Mentoring. Ponadto, Pani dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun jest recenzentką w uznanych, międzynarodowych czasopismach, takich jak: *Biofabrication, Acta Biomaterialia, International Journal of Pharmaceutics, Biomolecules (w 2020r. otrzymała status "IOP trusted reviewer"), Biomedical Materials, Frontiers of Mechanical Engineering, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, Polymers for Advanced Technologies*. Pani dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun jest od 2021 ekspertem Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej. Zdobyła również doświadczenie organizacyjne poprzez uczestniczenie w organizacji Sympozjum *"Novel strategies to assess cellular response to biomaterials"* w ramach konferencji TERMIS-EU, VII Krajowej Konferencji "Modelowanie Cybernetyczne Systemów Biologicznych" odbywających się w Krakowie, a także poprzez założenie dwóch laboratorium biodruku 3D na Politechnice Śląskiej oraz w Instytucie Nowych Materiałów w Saarbruecken.

Dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun wykazuje godne uznania zdolności organizacyjne i umiejętność pracy w zespołach czego przykładem jest złożenie w 2021 roku przez nią jako koordynatora wniosku w ramach programu Horyzont Europa. Celem tego projektu było stworzenie konsorcjum międzynarodowego promującego nowatorskie i atrakcyjne metody szkolenia doktorantów, oparte na współpracy międzynarodowej. Konsorcjum złożone jest z ponad 10 partnerów, akademickich i przemysłowych, z 7 europejskich krajów. Należy również podkreślić, że Habilitantka czynnie uczestniczy w

popularyzacji nauki poprzez wystąpienia w mediach (w 2021r. była gościem programu Future Insight), a także poprzez publikację artykułów popularno-naukowych.

Podsumowując tą część opinii stwierdzam, że dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun wykazuje istotną aktywność naukową, którą realizuje zarówno w krajowych instytucjach naukowych jak i zagranicznych. **Uwzględniając kryteria wymagań stawianych kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku (Dz. U. Nr 65, poz.595, z późn. zm.), jednoznacznie pozytywnie oceniam jej dorobek naukowy i publikacyjny,** który został znacząco powiększony po uzyskaniu tytułu naukowego doktora, pomimo braku spełnienia kryterium jakim jest ochrona własności intelektualnej (zwłaszcza wobec realizacji tak wielu projektów badawczych). Na szczególną uwagę zasługuje duża liczba cytowań – 451 co świadczy o tym, że Habilitantka jest już dobrze postrzegana w międzynarodowym środowisku naukowym. Pozytywnie oceniam również jej działalność dydaktyczną jak i organizacyjną.

4. Wniosek Końcowy

Dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun jest specjalistką w zakresie biodruku 3D z materiałów polimerowych, optymalizacji narzędzi do technologii druku 3D, a także badań reologicznych. W tym zakresie uzyskała szereg innowacyjnych rozwiązań technologiczno-materiałowych oraz oryginalnych wyników badań wnosząc **znaczący wkład w rozwój dyscypliny inżynieria biomedyczna**. Na szczególne wyróżnienie zasługuje opracowanie nowatorskich, drukowalnych polimerowych klejów tkankowych, które zachowują silne właściwości adhezyjne w wilgotnym środowisku i oparte są na kompleksowaniu katecholu z metalem.
Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe stanowiące cykl powiązanych tematycznie publikacji pt. ***Innowacyjne materiały na bazie hydrożeli do biodruku 3D i enkapsulacji komórek: otrzymywanie, charakteryzacja i biofabrykacja*** spełnia wymagania konieczne do przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego, wynikające z art. 219 Ust.1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. Pozytywnie oceniam również pozostałą aktywność naukową Habilitantki realizowaną w więcej niż jednej jednostce naukowej. W zakresie działalności dydaktycznej organizacyjnej i popularyzującej naukę dr inż. Małgorzata Katarzyna Włodarczyk-Biegun wykazuje dużą aktywność i skuteczność działań. Podkreślić należy Jej umiejętność kierowania projektami badawczymi oraz tym samym umiejętność zdobywania środków na realizację grantów badawczych.

W związku z powyższym, wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Biomedycznej Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pani dr inż. Małgorzaty Katarzyny Włodarczyk-Biegun do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Podpisała Aneta Zima (podpis odręczny)