

Gliwice – Zielona Góra, 9 sierpnia 2023 roku

R E C E N Z J A
OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH
w postępowaniu habilitacyjnym

Pana Dra inż. Andrzeja Żaka

w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa

1. Przedmiot i podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest wniosek Pana Dra inż. Andrzeja Żaka z dnia 6 marca 2023 roku o przeprowadzenie postępowania w sprawie o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Podstawą sporządzenia recenzji jest Pismo DRKN.Z2.400.32.3023 z dnia 24 kwietnia 2023 roku, w sprawie wyznaczenia części składu Komisji habilitacyjnej, kierowane do JM Rektora Politechniki Wrocławskiej (PWr) przez Przewodniczącego Rady Doskonałości Naukowej Prof. dra hab. Grzegorza Węgrzyna oraz Uchwała nr 20/12/RDND13/2022-2024, podjęta przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa PWr dnia 18 maja 2023 roku, w sprawie powołania Komisji habilitacyjnej, sygnowana przez Przewodniczącego tej Rady Prof. dra hab. inż. Jarosława Myśliwca.

Recenzja została sporządzona zgodnie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 z dnia 20 lipca 2018 roku poz. 1668 z późn. zm.) w oparciu o przygotowaną przez Habilitanta dokumentację, dostarczoną na nośniku elektronicznym (pendrive) wraz z Pismem przewodnim RDN13/16/2023 od Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa PWr Prof. dra hab. inż. Jarosława Myśliwca z dnia 20 czerwca 2023 roku. Przedłożona dokumentacja obejmuje Wniosek przewodni o przeprowadzenie postępowania w sprawie o nadanie stopnia doktora habilitowanego wraz z następującymi załącznikami: [Załącznik.1] Dane wnioskodawcy; [Załącznik.2] Kopia dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych; [Załącznik.3] Autoreferat; [Załącznik.4] Wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny; [Załącznik.5] Oświadczenia współautorów publikacji o wkładzie autorskim; [Załącznik.6] Publikacje będące częścią osiągnięć naukowych; [Załącznik.7] Dodatkowe dokumenty potwierdzające osiągnięcia.

Oświadczam, że zarówno moje zainteresowania naukowe, dotychczasowe doświadczenia naukowe, jak i uzyskane uprawnienia, stopnie i tytuł naukowy dotyczą inżynierii materiałowej, w tym obszarów tematycznych wskazanych przez Kandydata, a ponieważ nie mam żadnego wspólnego dorobku naukowego z Habilitantem, mogę podjąć się kompetentnej i obiektywnej oceny przedstawionych przez Niego osiągnięć naukowych.

2. Sylwetka naukowa habilitanta

Dr inż. Andrzej Żak, urodzony 1 lutego 1990 roku we Wrocławiu, od początku swojej kariery naukowej jest związany zawodowo z Politechniką Wrocławską. W 2009 roku podjął studia na Wydziale Mechanicznym tej Uczelni, uzyskując w roku 2013 dyplom inżyniera na kierunku Mechatronika, a następnie w roku 2014 – magistra, kończąc kierunek Mechanika i Budowa Maszyn. Aplikant ukończył studia 1. i 2. stopnia znajdując się w gronie 10 najlepszych absolwentów Wydziału. Kolejne lata (2014÷2019) Habilitant poświęcił na prace zmierzające do napisania pracy doktorskiej, czego zwieńczeniem było uzyskanie w dniu 20 marca 2019 roku stopnia Doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej mechanika. Stopień ten nadano z wyróżnieniem na podstawie rozprawy pod anglojęzycznym tytułem „Nanoscale characterization and physicochemical properties of thermally modified Co-Ni-Ga magnetic shape memory alloy monocrystal”, wykonanej pod opieką naukową Prof. dra hab. inż. Włodzimierza Dudzińskiego. Jeszcze w trakcie studiów 3. stopnia, będąc asystentem naukowo-dydaktycznym (od października 2015 roku), Kandydat w styczniu 2017 roku został Kierownikiem Pracowni Mikroskopii Elektronowej, którym był nadal po zatrudnieniu na stanowisku adiunkta badawczo-naukowego w Katedrze Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa i pozostał do końca 2019 roku, kiedy to rozwiązano tę Katedrę, a wraz z nią – Pracownię Mikroskopii Elektronowej. Od stycznia 2020 roku do października 2022 roku Habilitant był pracownikiem Katedry Inżynierii Pojazdów Wydziału Mechanicznego PWr, a następnie przeniósł się do Instytutu Materiałów Zaawansowanych Wydziału Chemicznego PWr, w którym nadal pracuje. Dodatkowo, Kandydat przez 19 miesięcy (03.2019÷09.2020), równoległe do pracy na Politechnice Wrocławskiej, był zatrudniony w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu.

3. Główne osiągnięcia naukowe

Na podstawie przedstawionej dokumentacji stwierdzono, że wśród wskazanych do weryfikacji osiągnięć naukowych znajduje się co najmniej 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b., co podlega ocenie w przedmiotowej recenzji w myśl art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 z dnia 20 lipca 2018 roku poz. 1668 z późn. zm.). W szczególności Habilitant we Wniosku przewodnim przedstawia do weryfikacji osiągnięcia naukowe w postaci 2 cykli powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zatytułowanych odpowiednio: „Wykorzystanie i rozwój technik transmisyjnej mikroskopii elektronowej in situ do obrazowania przemian i oddziaływań w ciele stałym i cieczech” [A] oraz „Mikrostrukturalna charakteryzacja materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy obrazu” [B].

3.1. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. „Wykorzystanie i rozwój technik transmisyjnej mikroskopii elektronowej in situ do obrazowania przemian i oddziaływań w ciele stałym i cieczech” [A]

Pierwsze z osiągnięć wskazanych przez Habilitanta we wniosku przewodnim to cykl anglojęzycznych publikacji, obejmujący 10 artykułów naukowych, oznaczonych przez Kandydata symbolami alfanumerycznymi [A1÷A10]. Przedmiotowe artykuły zostały opublikowane w następujących czasopismach o zasięgu międzynarodowym: Crystals [A1], Acta Crystallographica. Section B [A2], Micron [A3], Photodiagnosis and Photodynamic Therapy [A4], Ultramicroscopy [A5], Metallurgical and Materials Transactions A [A6], Jove [A7], Sensors [A8], ACS Nano Letters [A9], ACS Sustainable Chemistry &

Engineering [A10], posiadających każdorazowo współczynnik wpływu (IF)¹ z zakresu od 1,424 [A7] do 12,262 [A9], czemu odpowiada punktacja MEiN wynosząca od 70 do 200 punktów. Wszystkie wskazane czasopisma, z wyjątkiem Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, mają, zgodnie z wykazem MEiN, przypisaną dyscyplinę inżynieria materiałowa. Habilitant we wszystkich wskazanych publikacjach był autorem korespondencyjnym, a więc wziął na siebie trud wymiany informacji z wydawnictwem i recenzentami. W dwóch przypadkach [A3, A9] Kandydat jest jedynym autorem, a w sześciu [A1, A2, A4, A5, A7, A10] – pierwszym współautorem, a zatem bezsprzeczna jest jego kluczowa i wiodąca rola w ich przygotowaniu. W publikacji [A6] Habilitant jest trzecim z trójki współautorów, a Jego wkład, oprócz działań właściwych autorowi korespondencyjnemu, polegał na wykonaniu analizy literaturowej i części prac eksperymentalnych, a także nadzorowaniu pozostałej części prac, analizie i dyskusji danych, napisaniu finalnej wersji i korekcie manuskryptu. Artykuł [A8] powstał we współpracy ze Studentem, którego opiekunem naukowym w ramach projektu Orły nauki był Aplikant, a zatem ustąpiwszy pierwszego miejsca w publikacji młodemu człowiekowi, sam na siebie wziął cały jej ciężar merytoryczny, kontakty wydawnicze, a nawet zapewnił jej finansowanie z prywatnych środków.

W ujęciu szerokim głównym obszarem zainteresowań naukowych Habilitanta, którego dotyczą wszystkie artykuły naukowe [A1÷A10] jest transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM)² in situ, zwana także mikroskopią dynamiczną, która wykorzystuje fakt, że medium obrazowe, będące wiązką elektronów, przy odpowiedniej dozie zmienia strukturę i własności badanych materiałów. Aplikant ze swobodą porusza się w tym awangardowym obszarze badawczym, prezentując w dojrzały i przemyślany sposób wyniki badań opisane w poszczególnych artykułach, wraz z naświetleniem motywacji podjęcia kolejnych wyzwań naukowo-badawczych i ścieżki jaką podążał w celu realizacji kolejnych ambitnych zamierzeń, dzięki czemu wszystkie one układają się jedną spójną całość, która bez wątplenia jest monotematyczna.

Opis wykonanych prac naukowo-badawczych rozpoczyna się w Autoreferacie od zastosowania w toku eksperymentów najpopularniejszej z metod mikroskopii dynamicznej, polegającej na podwyższaniu temperatury próbki podczas obserwacji, do opisu problematyki wydzielania faz bogatych w Cu w stopach żelaza. Wykonanie tych badań było możliwe, dzięki pracom racjonalizatorskim, polegającym na modyfikacji oryginalnego uchwytu grzewczego, będącego elementem stosowanego do badań mikroskopu Hitachi H-800, poprzez rozbudowę układu o cyfrowy system odczytu sygnału termopary. W dotyczącym tego zagadnienia artykule [A6] dokonano analizy porównawczej próbek stali 0,18C-1,5Cr-1,5Ni-0,3Mo-1,5Cu obrobionych cieplnie w konwencjonalnym procesie odpuszczania i wygrzewanych in situ wewnątrz mikroskopu elektronowego. Wykonane prace doprowadziły do wniosków, że rozrost koherentnych z osnową wydzielen o strukturze typu B2 do wydzielen typu R9 o układzie romboidalnym wymaga odpowiednio długiego czasu wygrzewania w stosownej temperaturze, przy czym w warunkach maksymalnego umocnienia stopu obserwowane były oba typy wydzielen. Aplikant wykonał także eksperymenty polegające na obniżaniu temperatury próbki podczas obserwacji, co także wymagało od Niego pokonania ograniczeń mikroskopu, tym razem polegających na braku soczewek obiektywowych o długiej ogniskowej. Po pokonaniu tej bariery, poprzez wyłączenie układu obiektywowego i operowanie mikroskopem w trybie manualnej kontroli soczewek, Habilitant, uzyskawszy oczekiwany efekt obniżonej temperatury, wykonał obrazowanie monokryształów Co-Ni-Ga. W szczególności obserwował zmiany magnetycznej struktury domenowej w funkcji obniżenia temperatury dla monokryształu w stanie przesyconym w porównaniu do materiału dodatkowo starzonego [A1], a także potwierdził hipotezę, że w obniżonej temperaturze ma miejsce reorganizacja mikrostruktury Co-Ni-Ga wraz zanikiem najmniejszych podziarn [A2].

¹ ang. Impact Factor

² ang. Transmission Electron Microscopy

Ciekawe obserwacje prowadzone przy podwyższonej i obniżonej temperaturze próbek znajdują się jednak niejako na obrzeżach prezentowanego osiągnięcia naukowego, ponieważ w ostatnich latach uwaga i energia Habilitanta była głównie skierowana na zagadnienia dotyczące obrazowania przemian i oddziaływań indukowanych światłem. Przyczynkiem do rozwoju zainteresowania Aplikanta tą tematyką było podjęcie dodatkowego zatrudnienia w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN im. Ludwika Hirszfelda we Wrocławiu. Pracując nad przygotowaniem i uruchomieniem, jednej z pierwszych w kraju, pracowni kriogenicznej mikroskopii elektronowej, Habilitant dostrzegł możliwość zastosowania zdobytej wcześniej wiedzy i doświadczenia z zakresu TEM in situ do badania materiałów biologicznych. Pierwsze kroki w tej materii obejmowały badania dotyczące enkapsulacji mikroorganizmów, umożliwiającej utrzymanie substancji w formie ciekłej wewnątrz wysokiej próżni kolumny mikroskopu. Dopracowana w toku eksperymentów metoda enkapsulacji, polegająca na nakropieniu na siatkę nośną oczyszczonego roztworu bakterii, odsączeniu nadmiaru cieczy, naniesieniu roztworu fotouczulacza w postaci błękitu metylenowego, ponownym odsączeniu oraz przykryciu cienkiej warstwy cieczy drugą z siatek nośnych, została później dokładnie opisana w pracy metodologicznej [A7], opublikowanej w wydawnictwie JOVE, które oprócz klasycznej publikacji pisemnej, zapewniło także upublicznienie protokołu badawczego w formie filmu instruktażowego, co stanowi ciekawe i niekonwencjonalne podejście, służące popularyzacji metody, co było intencją Autorów.

Wykonane przez Kandydata wstępne eksperymenty w zakresie przeciwdrobnoustrojowej terapii fotodynamicznej (aPDT)³, dobrze rokującej jako metoda leczenia zakażeń wywołanych antybiotykoodpornymi patogenami, wykazały, że podczas obrazowania mikroorganizmów konieczny jest precyzyjny pomiar i kontrola wiązki elektronów trafiających w preparat. W tym celu Habilitant po raz kolejny dostosował mikroskop Hitachi H-800 do swoich potrzeb, poprzez doposażenie go w autorski system pomiaru i kontroli dozy elektronów, w postaci puszk Faradaya złożonej z płytki węglowej o niskim współczynniku rozpraszania wstecznego elektronów i apertury wykonanej z platyny o wysokim współczynniku rozpraszania tych elektronów, co pozwoliło na dokładne zmierzenie prądu ich wiązki, a na tej podstawie precyzyjne wyznaczenie dozy elektronów podczas obserwacji [A3]. Skuteczność tej metody potwierdzono również w nowoczesnym mikroskopie i stwierdzono jej przewagę nad rozwiązaniami fabrycznymi, w zakresie dokładnego pomiaru najniższych dawek wiązki elektronów, stosowanych podczas obserwacji delikatnych struktur biologicznych. Kolejnym wyzwaniem dla Habilitanta stało się zapewnienie właściwego strumienia światła padającego na badaną próbkę, co doprowadziło go do wynalezienia nowego sposobu oświetlania preparatu w TEM wraz z urządzeniem do tego służącym, co od 13.02.2023 roku jest chronione patentem. Autorski oświetlacz wymaga zabudowy wewnątrz mikroskopu, jednak jest łatwy do szybkiego demontażu, ponieważ nie jest powiązany z innymi podzespołami TEM. Umożliwia on jednolite oświetlenie preparatu bez wpływu na jakość obrazowania, a próbka może być mocowana w różnorodnych uchwytach.

Habilitant zapewniwszy sobie właściwe warunki eksperymentów, w postaci odpowiedniej dozy elektronów i wystarczająco mocnego strumienia światła padających na preparat, powrócił do obrazowania efektów terapii fotodynamicznej, nie rezygnując z dalszych udoskonaleń, tym razem w kwestii budowy oświetlacza, początkowo wykorzystującego światłowód z PMMA⁴ połączony z diodą LED⁵ [A4], który zastąpiono krzemionkowym światłowodem wielomodowym połączonym z oświetlaczami laserowymi. Mechanizm działania aPDT polega na tym, że cząsteczka wzbudzona przez foton, po przejściu ze stanu singletowego w stan trypletowy, wchodzi w interakcję z cząstkami tlenu,

³ ang. antimicrobial Photodynamic Therapy

⁴ ang. Poly(methyl methacrylate)

⁵ ang. Light-Emitting Diode

w wyniku czego powstają reaktywne formy tlenu (ROS)⁶, które biorą udział w niszczeniu komórek bakteryjnych. Eksperyment opisany w [A5] polegał na obserwacji oddziaływania ROS na peptydoglikanową otoczkę bakterii. Uszkodzenie w wyniku utleniania było jednorodne na całym widocznym obwodzie komórki i nie zaobserwowano go w próbce referencyjnej, poddawanej równolegle wyłącznie oddziaływaniu wiązki elektronów, co wskazuje, że przyczyną uszkodzeń bakterii było światło, a nie elektrony.

Dla wzmocnienia kontrastu wewnętrznych składników komórkowych mikroorganizmu, a tym samym uzyskania wyraźniejszego obrazu, Aplikant zastosował w swoich eksperymentach płytki fazowe, które służą do kontrolowanego przesunięcia w fazie wiązki elektronów. W przypadku próbek ciekłych, umożliwiających obserwację mikroorganizmów otoczonych roztworem wodnym, rolę tych płytek pełnią amorficzne błony węglowe o ściśle określonej grubości (odpowiednio: 20 nm dla płytek typu Zernike i 40 nm dla płytek typu Hilberta), decydującej o ich wytrzymałości i sukcesie preparatyki. W odpowiedzi na trudności, w postaci dużej zużywalności i braku powtarzalności parametrów płytek w procesie wytwórczym, Aplikant i w tym przypadku wykazał się kreatywnością i, wraz ze swoim podopiecznym, opracował układ pomiarowy, wykorzystujący mikrowagę kwarcową, który umożliwia kontrolę procesu nanoszenia warstwy węgla na podłoże nośne, a tym samym sterowanie grubością tej warstwy [A8]. Dodatkowo, Habilitant ponownie ulepszył swój mikroskop, poprzez zbudowanie układu mocującego płytki fazowe w miejscu zwyczajowego montażu aparatury obiektywowej w TEM.

Porządkujący i podsumowujący charakter ma jednoautorska wysoko punktowana (IF 12,262) publikacja przeglądowa [A9], dotycząca mikroskopii dynamicznej indukowanej światłem. Tematyka ta jest stosunkowo nowa, bo jak do tej pory opublikowano ok. 30 prac, dotyczących realnego doprowadzenia światła do próbki w warunkach *in situ*. Aplikant podjął się wnikliwej analizy literaturowej eksperymentów przeprowadzonych w tym obszarze, opisując wszystkie warianty w których mogą być one wykonywane, a zatem polegające na obrazowaniu przemian i oddziaływań indukowanych światłem w próbkach ciekłych i stałych, a także w obecności reaktywnych gazów pod obniżonym ciśnieniem (ETEM)⁷. W pracy zestawiono też wszystkie dostępne technicznie metody oświetlania próbki wraz z ich możliwościami i ograniczeniami konstrukcyjnymi, co ma szczególną wartość poznawczą dla badaczy dopiero planujących eksperymenty w tym obszarze, w kontekście niedostatku komercyjnych rozwiązań pozwalających na doprowadzenie światła do próbek. Na tym tle Autor lokuje swoją własną metodę, zwracając uwagę na trudność w odróżnieniu efektów indukowanych światłem od tych spowodowanych wiązką elektronów, w czym ma pomóc doprowadzenie odpowiedniego strumienia światła, który można zapewnić poprzez zastosowanie laserów impulsowych.

Ciekawym dopełnieniem zbioru publikacji jest krótki artykuł recenzyjny [A10], w którym Habilitant na łamach poważnego czasopisma ACS Sustainable Chemistry & Engineering (IF 9,224) podejmuje odważną polemikę z Autorami manuskryptu pt. „Unveiling the Antibacterial Mechanism of Gold Nanoclusters via In Situ Transmission Electron Microscopy”, opublikowanego we wcześniejszym numerze (10/1, 2022) tego periodyku, twierdząc m.in., że niemożliwa jest enkapsulacja mikroorganizmów o średnicy 2 μm z użyciem prefabrykowanych substratów typu K-Kit nadających się do wytworzenia, poprzez zamknięcie cieczy, próbek o grubości do 200 nm. Pomimo, że Autorzy pracy nie przyznali się do popełnionych błędów Kandydat dowiódł, że dążenie do prawdy naukowej jest dla Niego istotną wartością, w imię czego, poświęcając swój czas, podjął się otwartej dyskusji na ten temat, ze wszystkimi możliwymi tego konsekwencjami.

⁶ ang. Reactive Oxygen Species

⁷ ang. Environmental Transmission Electron Microscopy

3.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. „Mikrostrukturalna charakteryzacja materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy obrazu” [B]

Drugie osiągnięcie naukowe wskazane przez Habilitanta we wniosku przewodnim jest mniej znamienne, niż osiągnięcie [A], o czym świadczy liczba publikacji w cyklu, zaangażowanie Autora w powstanie publikacji i awangardowość metody badawczej, której dotyczy. Należy jednak z drugiej strony zwrócić uwagę na większą użyteczność wyników badań przedstawionych w cyklu [B], co wynika z powszechności stosowania materiałów budowlanych i większej dostępności skaningowych mikroskopów elektronowych, których koszt zakupu i eksploatacji jest dużo niższy, niż mikroskopów transmisyjnych. Przedmiotowe osiągnięcie to cykl anglojęzycznych publikacji, obejmujący 7 artykułów naukowych, oznaczonych przez Kandydata symbolami alfanumerycznymi [B1÷B7]. Przedmiotowe artykuły zostały opublikowane w następujących czasopismach o zasięgu międzynarodowym: Archives of Civil and Mechanical Engineering [B1], Journal of Cleaner Production [B2], JOM [B3], Applied Surface Science [B4], Construction and Building Materials [B5, B7], Measurement [B6], które posiadają IF z zakresu od 2,029 [B3] do 7,693 [B5, B7], czemu odpowiada aktualna punktacja MEiN wynosząca, od 100 do 200 punktów. Wyjątek stanowią tu artykuły [B1, B2], które powstały w roku 2018, czyli przed obroną pracy doktorskiej Aplikanta, którym odpowiada odpowiednio 30 i 40 punktów, przy maksymalnej ówczesnej punktacji ministerialnej wynoszącej 50 punktów. Wszystkie wymienione czasopisma mają, zgodnie z wykazem MEiN, przypisaną dyscyplinę inżynieria materiałowa. Wskazane publikacje są wieloautorskie, a liczba partycypujących w ich napisaniu osób wynosi od 3 [B1] poprzez 4 [B2] i 5 [B3, B6, B7] do 7 [B5]. Habilitant w 2 artykułach [B1, B5] jest drugim Autorem, w 3 – ostatnim [B2÷B4], a w kolejnych 2 [B6, B7] zamykających cykl – Autorem pierwszym i korespondentem. Wkład merytoryczny Habilitanta w opracowanie prac [B1÷B5] obejmował aplikację i wykorzystanie metod mikroskopii elektronowej w analizie strukturalnej kompozytów cementowych i epoksydowych. Zaangażowanie Aplikanta w powstanie publikacji [B6, B7], jest znacznie większe, bo pełnił On w nich wiodącą rolę, jako pierwszy Autor korespondent. W szczególności w tych pracach Habilitant dokonał przeglądu literatury, określił ogólną koncepcję, wykonał całość eksperymentów obserwacyjnych, nadzorował powstanie algorytmów do rozpoznawania poszczególnych składników kompozytu [B6] i progowania porowatości [B7], a także brał udział w analizie danych, tworzeniu tekstu manuskryptu i jego korekcie. Należy jednak zwrócić uwagę, że w obu tych publikacjach rolę nadzorczą (ang.: supervision) pełni Dr hab. inż. Łukasz Sadowski, prof. PWr, reprezentujący Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego PWr, co jest jednak uzasadnione Jego stopniem naukowym i wiodącą tematyką prac, dotyczącą materiałów budowlanych.

Wszystkie publikacje [B1÷B7], przedstawione w ramach przedmiotowego osiągnięcia naukowego, zgodnie z tytułem, w istocie dotyczą mikrostrukturalnej charakterystyki materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM)⁸ i analizy obrazu, a tym samym należy uznać, że przedstawiony cykl jest monotematyczny. Zagadnienia podejmowane w cyklu są interdyscyplinarne, łącząc w sobie elementy dotyczące inżynierii materiałów budowlanych i inżynierii lądowej, a w przypadku prac [B6, B7] – także modelowania statystycznego, również z zastosowaniem metod numerycznych [B7]. Nie ulega kwestii, że techniki SEM połączone ze spektroskopią dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS)⁹ i cyfrowa analiza obrazu każdorazowo są kluczowe i stanowią bazę eksperymentalną do dalszych analiz, co sprawia, że cel prowadzonych prac naukowo-badawczych nie byłby możliwy do osiągnięcia bez ich zastosowania. Tym samym rola Aplikanta, wykonującego badania mikro- i spektroskopowe, jest ważna i uzasadnia wskazanie tych prac, jako

⁸ ang. Scanning Electron Microscopy

⁹ ang. Energy Dispersive Spectroscopy

istotnej części dorobku naukowego, zważywszy, że Habilitant, mimo, że dzieje się to równolegle do najważniejszego nurtu Jego prac naukowych [A], zajmuje się tą tematyką od co najmniej 5 lat. Zaangażowanie Aplikanta w prace, dotyczące charakterystyki mikro- i spektroskopowej materiałów budowlanych zasadza się na współpracy z Drem hab. inż. Łukaszem Sadowskim, prof. PWr, który jest współautorem wszystkich publikacji w cyklu. Warto nadmienić, że Habilitant jest Autorem jeszcze co najmniej 4 artykułów o zbliżonej tematyce, na które powołał się w swoim Autoreferacie, a jednak ich wyników nie włączył do cyklu, co świadczy o tym, że dokonał selekcji kluczowych prac, pod kątem wskazania postępu w zakresie doskonalenia swojego warsztatu badawczego, dotyczącego charakterystyki materiałów budowlanych.

W chronologicznie pierwszej z prezentowanych prac [B1] Aplikant dokonał charakterystyki międzyfazowej strefy przejściowej (ITZ)¹⁰ pomiędzy dwoma kompozytami cementowymi, stosując mikroskop stereoskopowy oraz metody SEM/EDS z wykorzystaniem wysokoenergetycznych elektronów wtórnych (BSE)¹¹, które są wydajniej generowane dla cięższych jąder atomowych. Umożliwia to uszeregowanie obserwowanych odcieni szarości, zgodnie z zasadą, że im jaśniejszy punkt obrazu, tym większa liczba atomowa z nim związana. Wykonane badania doprowadziły do wniosków, że śrutowanie podłoża pod wierzchnią warstwę kompozytu zwiększa przyczepność tej warstwy, co ma miejsce dzięki rozwinięciu powierzchni, odsłonięciu obszarów kruszywa i usunięciu warstwy wzbogaconej w CaO.

Doświadczenie w zakresie implementacji metodologii SEM do badania kompozytów cementowych Habilitant wykorzystał następnie w pracach, dotyczących modyfikacji zaczynu cementowego poprzez dodanie do niego odpadowej mączki wapiennej (WMD)¹². W publikacji [B2] po raz pierwszy określono porowatość materiału na podstawie obrazu BSE i powiązano obecność dodatku WMD z jej wzrostem, ustalając równocześnie, że 5% dodatek WMD pozwala na zachowanie zbliżonej do pierwotnej struktury kompozytu przy minimalnym obniżeniu własności wytrzymałościowych materiału. W dalszej części eksperymentów porównano próbki zaczynu cementowego z dodatkiem WMD dojrzewające na powietrzu i w wodzie [B3]. Aplikant na potrzeby tych eksperymentów rozszerzył zakres metody obrazowania, wykorzystując do detekcji składników kompozytu cementowego równocześnie obraz BSE i mapy rozkładu pierwiastków, co pozwoliło ustalić, że dodatek WMD powoduje nie tylko wzrost porowatości, lecz także wpływa na nieregularne rozmieszczenie porów. Wykonano też serię eksperymentów obejmującą punktową analizę składu chemicznego dojrzewających próbek, dochodząc finalnie do wniosku, że poddanie próbek dojrzewaniu w wodzie pozwala na dodanie do zaczynu cementowego 10% WMD bez istotnego pogorszenia mikrostruktury i własności wytrzymałościowych kompozytu. Analogiczne podejście analityczne zastosowano również podczas eksperymentów służących charakterystyce nowatorskiego materiału konstrukcyjnego – torkretu na bazie gruntu stabilizowanego cementem, a zatem dowiedziono, że metody właściwe dla konwencjonalnych kompozytów cementowych nadejdą się także do aplikacji w odniesieniu do innych materiałów budowlanych [B5].

Kolejnym wyzwaniem, było badanie przekroju próbki zaczynu cementowego na który naniesiono warstwę powierzchniową w postaci żywicy epoksydowej z dodatkiem odpadowej mączki szklanej [B4]. Badania te, oprócz zaplanowanego określenia wpływu dodatku mączki szklanej na strukturę i własności kompozytu epoksydowego, który okazał się korzystny, doprowadziły także do ujawnienia słabości dotychczas stosowanych metod obrazowania. Okazało się bowiem, że nie ma możliwości uzyskania informacji o porowatości zaczynu cementowego, ponieważ istotną część kadru zajmuje warstwa epoksydowa z mączką szklaną i fragmenty kruszywa, co rozwiązano poprzez ich manualne zamaskowanie, zdając sobie sprawę z niedoskonałości takiego podejścia, obarczonego błędem operatora. Rozwiązanie tego problemu przyniosły wyniki kolejnych eksperymentów [B6], zmierzających do

¹⁰ ang. Interfacial Transition Zone

¹¹ ang. Backscattered Electrons

¹² ang. Waste Marble Dust

odseparowania poszczególnych elementów mikrostrukturalnych na przekroju próbki, która składała się z betonowego podłoża z kruszywem o uziarnieniu do 4 mm z naniesioną powłoką epoksydową, wzmocnioną odpadowym kruszywem betonowym (RFA)¹³, lokalnie zanieczyszczonym zaczynem cementowym. Dla tak złożonego przypadku dla każdego obrazu BSE i odpowiadających mu map rozkładu pierwiastków sporządzono mapy logiczne, które posłużyły do określenia, które intensywności sygnału są charakterystyczne dla danego składnika struktury. Stosując 4 analitycznie wyznaczone parametry progowania obrazów jednoznacznie przypisano każdy z pikseli obrazu do grupy zaczynu cementowego, kruszywa lub żywicy epoksydowej, co wyeliminowało konieczność manualnego maskowania fragmentów mikrofotografii.

Zwieńczeniem prac Habilitanta, dotyczących metod obrazowania i analizy mikrostruktury materiałów budowlanych jest opracowanie metody detekcji porowatości, opisanej w zamykającej cykl publikacji [B7]. Zaproponowane rozwiązanie jest udoskonaloną wersją uważanej już za klasykę metody Overflow, w której poziom progowy wyznaczany jest przez punkt przegięcia skumulowanego histogramu obrazu. Do analizy porównawczej metod wykorzystujących różne sposoby progowania, w tym metody bazującej na pomysłach opisanych w artykule [B6] w 2 wariantach, nazwanych Regresja 1 i Regresja 2, zastosowano techniki uczenia maszynowego z wykorzystaniem języka Python. Analiza wykazała zalety nowo zaproponowanego sposobu progowania, dającego opcjonalnie możliwość zmniejszenia ilości analizowanych danych lub zwiększenia dokładności analizy.

3.3. Podsumowanie głównych osiągnięć i ich wkład w rozwój dyscypliny inżynieria materiałowa

Wspólną cechą obu osiągnięć naukowych, wskazanych przez Habilitanta we wniosku przewodnim, jest zastosowanie i ulepszanie technik mikroskopii elektronowej. Różnice polegają na wykorzystaniu innych rodzajów mikroskopów, odpowiednio transmisyjnego w osiągnięciu [A] i skaningowego w osiągnięciu [B], zastosowanych do obserwacji innych obiektów badawczych, którymi w przypadku [A] są mikroorganizmy, a w [B] – materiały budowlane. Inny jest również charakter prac badawczo-rozwojowych wykonanych przez Aplikanta w ramach każdego z osiągnięć naukowych. Dla osiągnięcia [A] polegają one na dogłębnym zrozumieniu zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących podczas eksperymentów, zdefiniowaniu ograniczeń i wprowadzeniu udoskonaleń konstrukcyjnych, umożliwiających pokonanie uprzednio zdiagnozowanych barier, co oprócz wiedzy, doświadczenia, wyobraźni i kreatywności, wymaga także zdolności konstruktorsko-manualnych. Osiągnięcie [B], koncentrujące się na rozwoju metod analitycznych, wymagało od Kandydata biegłej obsługi SEM/EDS, znajomości metod cyfrowej analizy obrazu, określenia istniejących ograniczeń i znalezienia sposobów rozwiązania ujawnionych problemów naukowo-technicznych.

W obu przypadkach Aplikant wykonał badania o charakterze interdyscyplinarnym. Osiągnięcie [A] po części dotyka zagadnień należących do dyscyplin: nauki chemiczne, nauki fizyczne i nauki biologiczne, a wykonane prace konstrukcyjne wpisują się w dyscyplinę inżynieria mechaniczna, lecz bez wątplenia przyjęta metodologia badań, ich cel i rezultat, w postaci udoskonalonej aparatury naukowo-badawczej, rozszerzającej możliwości TEM in situ, zwłaszcza w zakresie obrazowania przemian i oddziaływań indukowanych światłem, wskazują przede wszystkim na znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa. Zagadnienia podejmowane w cyklu [B] zahaczają o dyscypliny: inżynieria lądowa, geodezja i transport; matematyka oraz informatyka techniczna i telekomunikacja, lecz ich główny nurt to charakterystyka materiałów budowlanych metodami mikro- i spektroskopowymi, a zatem właściwymi dla inżynierii materiałowej, a zaproponowane przez Habilitanta metody: rozpoznawania elementów mikrostruktury i detekcji porowatości kompozytu stanowią znaczny wkład w rozwój tej dyscypliny naukowej. Wymiar i zakres zaangażowania w realizację eksperymentów [A] i [B]

¹³ ang. Recycled Fine Aggregate

są w dokumentacji określone precyzyjnie, a rola Habilitanta w ich realizacji – kluczowa. Zaprezentowane osiągnięcia naukowe wskazują na wyjątkową dojrzałość naukową Habilitanta, co wymaga podkreślenia w kontekście Jego młodego wieku. W szczególności cenna jest Jego umiejętność samodzielnego diagnozowania i następnie rozwiązywania problemów naukowo-badawczych na gruncie zarówno bogatej wiedzy teoretycznej, jak i szerokiego doświadczenia w zakresie obsługi obu typów mikroskopów elektronowych – transmisyjnego i skaningowego, co w istniejących realiach należy raczej do rzadkości.

Perspektywy dalszego rozwoju obszarów, będących przedmiotem zainteresowania naukowego Habilitanta są obiecujące, bowiem wpisują się one we wszystkie, układające się w akronim NIEBO, kluczowe obszary rozwoju współczesnej inżynierii materiałowej, obejmujące zagadnienia, określane hasłowo jako: Nano, Info, Eko, Bio i Opty. Obrazowanie przemian i oddziaływań indukowanych światłem w TEM in situ może być aplikowane w ramach kontynuacji dotychczasowych eksperymentów Aplikanta [A], dotyczących obrazowania struktur biologicznych w trakcie aPDT, a także znaleźć zastosowanie w fotokatalizie, fotochemii i badaniach materiałów fotowoltaicznych w skali nanometrycznej. Habilitant ma konkretne plany w tym obszarze aktualnie realizując, finansowany przez MEiN, projekt zmierzający do wytworzenia prototypowego narzędzia do obserwacji elektronowych indukowanych światłem o nazwie LightTEM. Będące efektem cyklu [B] metody: rozpoznawania elementów mikrostruktury i detekcji porowatości kompozytu cechuje natomiast uniwersalność, wskazująca na łatwość ich dostosowania do innych, niż jak dotąd badane przez Aplikanta, materiałów kompozytowych, co otwiera szeroki wachlarz ich przyszłych potencjalnych aplikacji. Dotychczasowe eksperymenty w dużej mierze służyły realizacji proekologicznych celów, takich jak wykorzystanie materiałów odpadowych, w postaci mączki wapiennej i mączki szklanej, w produkcji kompozytów budowlanych oraz zbrojenie tych kompozytów nie tylko kruszywem, ale także gruntem rodzimym, a opracowanie metod wynikowych wymagało zastosowania metod optymalizacyjnych i narzędzi informatycznych.

4. Aktywność realizowana w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej

W myśl art. 219 ust. 1 pkt 3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 z dnia 20 lipca 2018 roku poz. 1668 z późn. zm.) Kandydat ubiegający się o stopień doktora habilitowanego powinien wykazać się także „istotną aktywnością naukową (...) realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej (...), w szczególności zagranicznej.” Materiał poglądowy w tej kwestii, sporządzony na potrzeby oceny, która będzie miała miejsce w ramach obrad Komisji habilitacyjnej, przedstawiono w niniejszym rozdziale recenzji, prezentując w kolejnych jej podpunktach informacje dotyczące pozostałej aktywności naukowej Aplikanta (pkt 4.1) oraz Jego współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym (pkt 4.2), a także zestawienie danych naukometrycznych (pkt 4.3) o charakterze pomocniczym.

4.1. Pozostała aktywność naukowa

Aktywność publikacyjna Habilitanta jest bardzo duża, o czym świadczy wykaz artykułów, których jest współautorem, obejmujący, poza 17 manuskryptami wykazanymi jako główne osiągnięcia naukowe [A, B], 50 innych artykułów, co stanowi pokaźną liczbę, wzięwszy pod uwagę jego zaledwie dziewięcioletni okres działalności naukowej. Na ów dodatkowy dorobek składa się 10 publikacji wydanych przed obroną doktoratu i 40 – po obronie, co oznacza znaczną intensyfikację działań w tym obszarze w ostatnich 4 latach. Wylistowane manuskrypty, dotyczące tematyki podejmowanej w pracy doktorskiej (2) i osiągnięcia naukowego [A] (7), charakterystyki nanomateriałów (17), biomateriałów (7), cienkich powłok (3), polimerów (2) oraz stopów metali i kompozytów metalowych (12), każdorazowo posiadają IF, czasem nawet dwucyfrowy, co ma miejsce w przypadku artykułów wydanych w Applied Catalysis B-Environmental (IF 24,319) oraz Journal of Hazardous Materials (IF 10,588).

Przekłada się to na wysokie wskaźniki oceny dorobku naukowego, które zestawiono tabelarycznie w p. 4.3. niniejszej recenzji. Habilitant jednak unika większych form, o czym świadczy brak w dorobku monografii, rozdziałów w monografii i członkostwa w redakcji monografii naukowych.

Działalność Aplikanta w obszarze prezentacji wyników badań na konferencjach naukowych jest umiarkowana i obejmuje ustne wystąpienia na 3 konferencjach międzynarodowych w kraju i 3 zagranicą (Czechy, Niemcy, Portugalia), trzykrotne wystawienie plakatu zagranicą (Niemcy, Szwajcaria) oraz wykład zaproszony, wygłoszony na międzynarodowej konferencji ChemBiotIC'21 we Wrocławiu, w organizacji której Aplikant brał udział, będąc także członkiem jej komitetu naukowego. Aplikant był również członkiem komitetu naukowego konferencji PhoBiA Annual Nanophotonics International Conference, która odbyła się w 2021 roku we Wrocławiu.

Doświadczenie Aplikanta w zarządzaniu projektami obejmuje kierowanie grantami Miniatura 3 (NCN) i Preludium 19 (NCN), którego realizacja jest w toku. W roli wykonawcy Habilitant uczestniczył w 3 projektach o zasięgu krajowym, finansowanych przez NCN (Opus 15, Sonata 8) i NCBR w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa (POPC).

Aktywność naukowa była realizowana przez Habilitanta w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej. Kandydat równolegle do pracy w swojej Alma Mater – Politechnice Wrocławskiej przez 19 miesięcy był zatrudniony jako specjalista ds. aparatury (03.2019÷09.2019), a następnie na stanowisku adiunkta naukowego (10.2019÷09.2020) w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu. Aplikant pracował również jako wolontariusz w Pracowni Techniki Mikroskopowych Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego. Habilitant wygrał także w procedurze konkursowej stypendium na odbycie prestiżowego trzymiesięcznego stażu, przyznanego przez Fundację Kościuszkowską, w Massachusetts Institute of Technology w Cambridge w Stanach Zjednoczonych, który odbył się w terminie od 16.04. do 15.07.2022 roku i dał Aplikantowi możliwość pracy w Zespole Pani Prof. Frances M. Ross, światowej sławy specjalistki z zakresu technik transmisyjnej mikroskopii elektronowej in situ. Dodatkowo, przed uzyskaniem stopnia doktora, Kandydat odbył 2 miesięczne staże naukowe w University of Duisburg-Essen (Niemcy) i 3 wizyty studyjne na niemieckich uczelniach, z czego 2 w University Hannover miały charakter dydaktyczny, a 1 w Leibnitz University Hannover – naukowy.

Aktywność Habilitanta w zakresie uczestnictwa w krajowych i zagranicznych gremiach koleżeńskich jest niewielka i ogranicza się do członkostwa w Polskim Towarzystwie Mikroskopii i European Microscopy Society, pełnienia w czasopiśmie Materials funkcji edytora wydania specjalnego i edytora tematycznego oraz recenzowania wewnętrznego wniosku grantowego dla Katholieke Universiteit Leuven (Belgia). Sytuacja odwrotna ma miejsce w odniesieniu do działań w obszarze recenzowania artykułów publikowanych w czasopismach międzynarodowych, bo Habilitant wykonał 47 recenzji tego typu, z czego niektóre były dwustopniowe.

Wśród innych ważnych osiągnięć Habilitanta należy wymienić pełnienie funkcji promotora pomocniczego w 1 zakończonym i w 1 będącym w toku przewodzie doktorskim. Dużym wyróżnieniem dla Kandydata jest przyznanie w 2023 roku Stypendium Ministra Edukacji i Nauki dla wybitnych młodych naukowców.

4.2. Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Habilitant w czasie swojej działalności zawodowej na Politechnice Wrocławskiej, zarówno przed, jak i po uzyskaniu stopnia doktora był bardzo aktywny w obszarze realizacji zleceń na potrzeby przemysłu, uczestnicząc łącznie w 36 pracach, które zakończyły się złożeniem raportów badawczych na Uczelni, co nie wyczerpuje całości wykonanych prac zleconych. Zrealizował także projekt we współpracy z firmą Compact X Sp z o.o. w ramach Miejskiego Programu Wsparcia Partnerskiego Szkolnictwa

Wyższego i Nauki oraz Sektora Aktywności Gospodarczej „Mozart”, wpisanego do Strategii Rozwoju Przedsiębiorczości Miasta Wrocławia. Do osiągnięć konstrukcyjnych Habilitanta zalicza się zbudowanie według autorskich pomysłów wagi kwarcowej do pomiaru grubości cienkich powłok nanoszonych na podłoże nośne oraz prototypowego oświetlacza do badań indukowanych światłem wbudowywanego w kolumnę TEM, na co został przyznany jednoautorski patent (Pat.242816). Habilitant jest też współautorem dwóch zgłoszeń patentowych, dotyczących sposobu otrzymywania nanocząstek na bazie kadmu o wysokiej wydajności kwantowej (P.437324) i uchwytu preparatowego TEM wraz ze sposobem jego wytwarzania (P.443248). Wśród wdrożeń przemysłowych zrealizowanych w oparciu o wyniki badań i analiz wykonanych przez Habilitanta znajdują się objęte klauzulą poufności prace zrealizowane dla Volvo Polska Sp. z o.o. i modyfikacje procesu obróbki cieplnej, mające na celu poprawę wadliwej mikrostruktury raków wspinaczkowych, wprowadzone do produkcji przez firmę Singing Rock s.r.o (Czechy).

Aplikant, oprócz typowej działalności dydaktycznej przypisanej etatowemu pracownikowi badawczo-dydaktycznemu, obejmującej wykłady i zajęcia laboratoryjne określone programem studiów, podjął także dodatkowe wyzwania w tym obszarze, przygotowując kursy w ramach projektów NAWA i POWER oraz wygłaszając wykłady gościnne, także w Szkole Doktorskiej PWr. Jako pasjonat wspinaczki linowej był w latach 2015÷2020 opiekunem sekcji sportowej i nauczycielem wychowania fizycznego w Studium Wychowania Fizycznego i Sportu PWr. Habilitant wielokrotnie pełnił funkcję promotora prac inżynierskich i magisterskich, a przed uzyskaniem stopnia doktora – promotora pomocniczego takich prac. W ramach działalności organizacyjnej na Uczelni pełnił funkcję kierownika Pracowni Mikroskopii Elektronowej (2017÷2019), był członkiem Rady Wydziału Mechanicznego PWr (2021÷2022) i uzyskał certyfikat PRINCE2 w obszarze zarządzania. Jest także aktywny we wrocławskim środowisku akademickim, należąc do Akademii Iuvenum i Akademii Młodych Uczonych i Artystów, jak również popularyzuje wyniki swoich badań np. poprzez udział w przedsięwzięciu Falling Walls Lab'21, a także rozwija i popularyzuje swoją pasję dodatkową – speleologię.

4.3. Dane naukometryczne

Kandydat osiągnął wysokie wskaźniki oceny dorobku naukowego, które zestawiono w prezentowanej poniżej tabeli.

WSKAŹNIKI OCENY DOROBKU NAUKOWEGO			
Sumaryczny Impact Factor (IF)		318,455	
Źródło danych	Web of Science	Scopus	Google Scholar
Indeks Hirscha <i>h</i>	12	14	16
Liczba cytowań ogółem	533	604	730
Liczba cytowań bez autocytowań	487	550	--

5. Wniosek końcowy

Po przeanalizowaniu przedstawionej do oceny dokumentacji, stanowiącej załączniki do, złożonego przez Pana Dra inż. Andrzeja Żaka, Wniosku z dnia 6 marca 2023 roku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa, stwierdzam, że:

- wśród wskazanych do oceny osiągnięć naukowych znajduje się co najmniej 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b., co w niniejszej recenzji podlega ocenie w myśl art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 z dnia 20 lipca 2018 roku poz. 1668 z późn. zm.),
- będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego 2 cykle powiązanych tematycznie artykułów naukowych, zatytułowane: „Wykorzystanie i rozwój technik transmisyjnej mikroskopii elektronowej in situ do obrazowania przemian i oddziaływań w ciele stałym i cieczach” [A] oraz „Mikrostrukturalna charakteryzacja materiałów budowlanych z użyciem technik skaningowej mikroskopii elektronowej i analizy obrazu” [B], stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa,

a tym samym **Dr inż. Andrzej Żak spełnia wymagania** stawiane kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 z dnia 20 lipca 2018 roku poz. 1668 z późn. zm.). Przedstawione w punkcie 4 niniejszej recenzji informacje, dotyczące pozostałej aktywności naukowej Aplikanta (pkt 4.1) oraz Jego współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym (pkt 4.2) wraz z pełniącym rolę pomocniczą zestawieniem danych naukometrycznych (pkt 4.3), nie wpływają na wniosek końcowy, a jedynie stanowią materiał poglądowy do oceny, która zostanie przeprowadzona przez Komisję habilitacyjną *in gremio*.

Reasumując, wzięwszy pod uwagę pozytywną ocenę wskazanych przez Kandydata osiągnięć naukowych, pod kątem spełnienia wymagań wskazanych w art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, wnioskuję do Komisji habilitacyjnej, powołanej Uchwałą nr 20/12/RDND13/2022-2024 podjętą przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa PWr dnia 18 maja 2023 roku, o podjęcie dalszych kroków proceduralnych, zmierzających do nadania Panu Drowi inż. Andrzejowi Żakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Gliwice – Zielona Góra, 9 sierpnia 2023 roku

.....
/Prof. dr hab. inż. Anna D. Dobrzańska-Danikiewicz/