



Łódź, 22.08.2025r.

Dr hab. inż. Łukasz Kołodziejczyk, prof. PŁ
Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Łódzka
ul. Stefanowskiego 1/15
90-537 Łódź

RECENZJA

osiągnięć i dorobku naukowego dr. Nikolaosa Antonatosa
w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,
w dyscyplinie inżynieria materiałowa

1. Podstawa prawna

Recenzja wykonana na podstawie Uchwały nr 41/08/RDND13/2024-2028 Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Wrocławskiej z dnia 15.05.2025 r. oraz pisma Jej Przewodniczącego, prof. dr hab. inż. Jarosława Myśliwca, z dnia 30.05.2025r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w przedmiotowym postępowaniu. Dokumentacja wniosku habilitacyjnego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria materiałowa, została przekazana w formie elektronicznej jako zestaw załączników, obejmujących:

- a) wniosek z dnia 25.02.2025 r. o wszczęcie postępowania habilitacyjnego, sporządzony w języku angielskim wraz z tłumaczeniem uwierzytelnionym;
- b) autoreferat w języku angielskim wraz z tłumaczeniem uwierzytelnionym;
- c) kopię odpisu dyplomu doktorskiego wraz z tłumaczeniem uwierzytelnionym;
- d) wykaz osiągnięć naukowych w języku angielskim wraz z tłumaczeniem uwierzytelnionym;
- e) oświadczenia współautorów publikacji, sporządzone w języku angielskim.

2. Podstawowe dane o Kandydacie

Dr Nikolaos Antonatos jest od roku 2024 zatrudniony na stanowisku adiunkta badawczego w Katedrze Inżynierii Materiałów Półprzewodnikowych na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. W roku 2014 uzyskał tytuł magistra nauk analitycznych na Uniwersytecie w Warwick, Wielka Brytania.



Stopień naukowy doktora, autonostryfikowany w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk fizycznych, uzyskał w roku 2019 na Uniwersytecie w Liverpoolu, **co spełnia wymóg art. 219 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce** (w związku z art. 328 ust. 1 w/w ustawy, zgodnie z którym *stopień naukowy i stopień w zakresie sztuki nadany przez uprawnioną instytucję działającą w państwie członkowskim Unii Europejskiej, Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) lub Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA) – strony umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym jest równoważny z odpowiednim stopniem naukowym lub stopniem w zakresie sztuki, o których mowa w ustawie*). Rozprawa doktorska zatytułowana "Investigation of Adsorbates on Metal Single Crystal Electrodes" została wykonana w Stephenson Institute for Renewable Energy, Uniwersytetu w Liverpoolu, pod kierunkiem Dr Yvonne Gründer i Prof. Christophera A. Lucasa. Celem pracy doktorskiej było zbadanie zachowania kilku adsorbentów na elektrodach z pojedynczych kryształów metali szlachetnych a także wpływu tych adsorbentów na zmiany strukturalne podłoża. Po uzyskaniu stopnia doktora, Habilitant odbył długoterminowy staż podoktorski (2019 – 2023) w Wyższej Szkole Chemiczno-Technologicznej w Pradze, Czechy, w grupie prof. Zdenka Sofera. W tym okresie dr Antonatos rozwijał swoje wcześniejsze zainteresowania związane z badaniami właściwości i wzrostu materiałów dwuwymiarowych, w szczególności azotowców oraz zastosowaniami elektrokatalitycznymi, wśród których najważniejszym była reakcja redukcji azotu.

3. Informacja o wcześniejszym postępowaniu habilitacyjnym

Na podstawie wykazu zawierającego dane postępowania awansowych wszczętych po 1.10.2019 r. (zintegrowana sieć informacji o nauce i szkolnictwie wyższym POL-on), Habilitant **nie ubiegał** się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

4. Informacja o ustawowych wymaganiach stawianych kandydatom do stopnia doktora habilitowanego

Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami, w art. 219. precyzuje, że:

Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub



b) 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, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

2. Osiągnięcie, o którym mowa w ust. 1 pkt 2, może stanowić część pracy zbiorowej, jeżeli opracowanie wydzielonego zagadnienia jest indywidualnym wkładem osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego.

Ustawa nie wprowadza ilościowych kryteriów oceny.

5. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta stanowiącego podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Jako podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego dr Antonatos wskazał cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod tytułem „*Advancements in 2D Material Synthesis and Applications: From Pnictogen Synthesis to Nitrogen Reduction Reaction*”. Cykl ten obejmuje 9 publikacji z listy Journal Citation Reports, indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus, opublikowanych w latach 2019 – 2024. Publikacje te wymieniam poniżej, w kolejności zaproponowanej przez Habilitanta w autoreferacie:

[H1] N. Antonatos, D. Bouša, E. Kovalska, D. Sedmidubský, K. Růžicka, P. Vrbka, M. Veselý, J. Hejtmánek, Z. Sofer. *Large-Scale Production of Nanocrystalline Black Phosphorus Ceramics*. ACS Appl. Mater. Interfaces, **2020**, 12, 7381-7391

[H2] N. Antonatos, J. Sturala, V. Mazánek, D. Sedmidubský, M. Veselý, K. Růžicka, J. Hejtmánek, P. Levinsky, Z. Sofer. *Black Phosphorus: Fundamental Properties and Influence of Impurities Induced by its Synthesis*. ACS Appl. Mater. Interfaces, **2022**, 14, 34867-34874

[H3] N. Antonatos, D. Bouša, S. Shcheka, S.M. Beladi-Mousavi, M. Pumera, Z. Sofer. *In Situ Doping of Black Phosphorus by High-Pressure Synthesis*. Inorg. Chem., **2019**, 58, 10227-10238

[H4] N. Antonatos, J. Luxa, J. Sturala, Z. Sofer. *Black Arsenic: A New Synthetic Method by Catalytic Crystallization of Arsenic Glass*. Nanoscale, **2020**, 12, 5397-5401

[H5] N. Antonatos, V. Mazánek, P. Lazar, J. Sturala, Z. Sofer. *Acetonitrile-Assisted Exfoliation of Layered Grey and Black Arsenic: Contrasting Properties*. Nanoscale Adv., **2020**, 12, 5397-5401

[H6] N. Antonatos, V. Mazánek, I. Plutnarová, Z. Sofer. *Mineralizer-Free Synthesis of Orthorhombic Arsenic-Phosphorus Alloys*. FlatChem, **2021**, 30, 100297



- [H7] N. Antonatos, J.D. Elliott, V. Mazánek, P. Marvan, P. Carbone, W. Geng, Y. Jing, Z. Sofer. *Dealloying PdBi₂ Nanoflakes to Palladium Hydride Leads to Enhanced Electrocatalytic N₂ Reduction*. J. Mater. Chem. A, **2022**, 10, 11904-11916
- [H8] N. Antonatos, E. Kovalska, V. Mazánek, M. Veselý, D. Sedmidubský, B. Wu, Z. Sofer. *Electrochemical Exfoliation of Janus-Like BiTe Nanosheets for Electrocatalytic Nitrogen Reduction*. ACS Appl. Nano Mater., **2021**, 4, 590-599
- [H9] J.B. Matsoso, N. Antonatos, L. Děkanovský, R.L. Fomekong, J.D. Elliott, D. Gianolio, V. Mazánek, C. Journet, Z. Sofer. *Enhancing Nitrogen Reduction Reaction through Formation of 2D/2D Hybrid Heterostructures of MoS₂@rGO*. ACS Appl. Mater. Interfaces, **2024**, 16, 24514-24524

Należy podkreślić, że publikacje ukazały się w renomowanych periodykach naukowych o obiegu międzynarodowym, które charakteryzują bardzo wysokie wskaźniki oddziaływania (IF) w przedziale od 4,553 (H5) do 11,9 (H7). Sumaryczny wskaźnik wpływu publikacji wchodzących w skład przedłożonego cyklu habilitacyjnego wynosi 67,966 (według roku publikacji), co przekłada się na 1080 punktów w klasyfikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (również według roku publikacji). Osiągnięte wartości należy uznać za bardzo wysokie, szczególnie w kontekście dyscypliny inżynieria materiałowa.

Wszystkie publikacje wchodzące w skład przedłożonego cyklu habilitacyjnego mają charakter prac wieloautorskich, obejmujących od 4 do 9 współautorów (odpowiednio: 4 autorów – H4, H6; 5 autorów – H5; 6 autorów – H3; 7 autorów – H8; 8 autorów – H7; 9 autorów – H1, H2, H9). W ośmiu spośród dziewięciu prac Habilitant figuruje jako pierwszy autor (H1–H8), natomiast w jednej jako drugi autor (H9). W dwóch publikacjach (H2, H7) dr Antonatos pełnił funkcję autora korespondencyjnego, przy czym w obu przypadkach funkcja ta była współdzielona z innym współautorem. Zgodnie z informacjami zawartymi w autoreferacie, Habilitant odegrał wiodącą rolę w przygotowaniu wszystkich prac, a deklarowany udział autorski waha się od 45% do 90%, odpowiednio: 90% (H7), 85% (H4, H8), 75% (H7), 70% (H3), 55% (H1), 50% (H5) oraz 45% (H2, H9). Na szczególną uwagę zasługują publikacje, w których udział ten został oszacowany na poziomie 90% (H7) oraz 85% (H4, H8). W kontekście liczby współautorów – odpowiednio ośmiu (H7), czterech (H4) oraz siedmiu (H8) – tak wysoki udział wymaga szczególnego uzasadnienia. W przypadku prac z dużą liczbą współautorów, udział przekraczający 80% może budzić wątpliwości co do proporcjonalności wkładu poszczególnych autorów, zwłaszcza jeśli nie towarzyszy mu jednoznaczna dokumentacja potwierdzająca zakres odpowiedzialności Habilitanta. Wysoki udział autorski w pracach zespołowych może być uzasadniony w sytuacjach, gdy autor pełni rolę lidera projektu, odpowiada za koncepcję badawczą, realizację eksperymentów, analizę danych oraz redakcję manuskryptu. Niemniej jednak, dla zapewnienia rzetelności i przejrzystości oceny dorobku naukowego, wskazane jest, aby tak wysoki udział został poparty szczegółowym opisem zakresu prac wykonanych przez Habilitanta oraz – w miarę możliwości – potwierdzeniem ze strony współautorów.



Należy odnotować, iż załączone do wniosku oświadczenie współautorów nie zawiera informacji o procentowym udziale Habilitanta w poszczególnych publikacjach, wskazanym uprzednio w autoreferacie. Dokument ten w sposób syntetyczny określa jednak zakres wkładu Habilitanta, który pozostaje spójny z opisem zawartym w autoreferacie. Warto również zaznaczyć, iż przedmiotowe oświadczenie zostało podpisane wyłącznie przez kierownika grupy badawczej, w której dr Antonatos odbywał staż podoktorski – prof. Zdenka Sofera – i stanowi jednostronne potwierdzenie udziału Habilitanta we wszystkich pracach wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego. Choć brak jest formalnych wymogów ustawowych dotyczących formy takich oświadczeń, należy zauważyć, iż przyjęta forma odbiega od najczęściej stosowanej praktyki w przypadku prac wieloautorских.

W toku analizy dokumentacji habilitacyjnej zauważono pewne różnice pomiędzy opisem indywidualnego wkładu Autora przedstawionym w autoreferacie a informacjami zawartymi w sekcjach „*Author Contributions*” w publikacjach. Warto podkreślić, że tego rodzaju rozbieżności mogą wynikać z przyjętych konwencji redakcyjnych oraz skrótowego charakteru tych sekcji, które nie zawsze w pełni oddają rzeczywisty podział pracy między współautorów. Należy również zaznaczyć, że omawiana sekcja występuje jedynie w pięciu publikacjach wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego, co może ograniczać możliwość jednoznacznej oceny zakresu indywidualnego zaangażowania.

Przykładowo, w publikacji H1 znajduje się zapis: „*The manuscript was written through contributions of all authors*”, który może być interpretowany jako ogólna formuła stosowana w wielu czasopismach, a niekoniecznie jako precyzyjne odzwierciedlenie rzeczywistego wkładu. Tymczasem w autoreferacie Autor wskazuje na samodzielne przygotowanie manuskryptu. Podobne różnice występują w publikacjach H6, H7 oraz H8, gdzie Autor deklaruje, że był pomysłodawcą badań, natomiast w artykułach ten zakres przypisany jest innemu współautorowi. Tego typu sytuacje nie muszą świadczyć o niezgodności, lecz raczej o różnicach w sposobie prezentacji informacji w różnych dokumentach. W przypadku wątpliwości warto rozważyć ich dodatkowe wyjaśnienie, co mogłoby przyczynić się do pełniejszego zrozumienia rzeczywistego wkładu Autora.

Dodatkowym aspektem, który miał wpływ, aczkolwiek niewielki, na przebieg oceny, był brak w załączonej dokumentacji elektronicznych wersji publikacji wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego.

Powyższy cykl publikacji **spełnia kryterium określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. B ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce**, a mianowicie *wskazane publikacje zostały opublikowane 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 tejże ustawy*. W związku z tym artykuły te i osiągnięcie w nich zawarte stanowią przedmiot niniejszej recenzji.



Dr Nikolaos Antonatos prowadził zaawansowane badania nad materiałami dwuwymiarowymi, koncentrując się na pierwiastkach grupy azotowców — fosforze i arsenie — oraz ich zastosowaniach w elektrochemicznej reakcji redukcji azotu. Jego dorobek obejmuje zarówno opracowanie nowych metod syntezy, jak i pogłębioną analizę właściwości fizykochemicznych oraz potencjalnych zastosowań technologicznych tych materiałów. Opis osiągnięć Habilitanta przedstawiony w autoreferacie ukazuje trzy główne obszary zagadnień: precyzyjne metody wytwarzania i modyfikacji 2D-fosforu oraz 2D-arsenu, badanie właściwości stopów As–P, a następnie przejście do opracowania i optymalizacji katalizatorów reakcji redukcji azotu opartych na materiałach z grupy azotowców i heterołączach 2D/2D.

W zakresie badań fosforu czarnego (BP) kandydat opracował szybką, wysokociśnieniową i skalowalną metodę jego syntezy z czerwonego fosforu z użyciem Sn/SnI₄ jako katalizatorów. Uzyskany materiał wykazuje ortorombiczną strukturę, wysoką mobilność nośników ładunku oraz stabilność termiczną, co czyni go atrakcyjnym dla zastosowań w elektronice, magazynowaniu energii i fotonice [H1]. W kolejnej pracy [H2] dr Antonatos przeprowadził również szczegółową analizę wpływu domieszek Sn i I, wykazując, że są one obecne głównie na powierzchni, co potwierdzono technikami SIMS i XPS, i nie wpływają istotnie na właściwości BP. Dodatkowo, badania nad domieszkowaniem BP pod wysokim ciśnieniem atomami Ge, S, Se i Te wykazały, że choć struktura krystaliczna pozostaje niezmienną, materiał staje się bardziej podatny na utlenianie, a jego właściwości elektrochemiczne mogą być modyfikowane w zależności od rodzaju domieszki [H3]. Dzięki kompleksowej analizie elektrochemicznej Autor wykazuje, że czysty BP dorównuje lub przewyższa pod względem szybkości wymiany elektronowej materiały domieszkowane, co otwiera perspektywę zastosowań w czujnikach i urządzeniach elektrochemicznych.

W ramach badań arsenu czarnego (b-As), po raz pierwszy zsyntetyzowano ten materiał metodą bezciśnieniową z amorficznego arsenu przy użyciu par rtęci jako katalizatora. Na podstawie szczegółowej analizy XRD, spektroskopii Ramana oraz mikroskopii SEM/EDS potwierdzono jego ortorombiczną strukturę oraz wysoką czystość [H4]. W porównaniu z arsenem szarym (g-As), b-As wykazał wyższą czułość i selektywność w detekcji pięciu lotnych związków organicznych, co czyni go obiecującym materiałem dla czujników gazów [H5].

Kolejnym etapem badań dr. Antonatosa była synteza stopów fosforowo-arsenowych (As–P) bez zastosowania katalizatorów. Wykazano, że przy stosunku As:P wynoszącym 70:30 dochodzi do przejścia strukturalnego z fazy romboedrycznej do ortorombicznej, co potwierdzono za pomocą spektroskopii Ramana oraz analizy SEM/EDS [H6]. Opracowane stopy wykazały potencjał jako przewodniki dziurowe w ogniach perowskitowych, osiągając wydajność przekraczającą 22%. Dodatkowo, w formie interkalowanych kryształów wykazano ich właściwości nadprzewodzące. Wyniki te stanowią istotny wkład w projektowanie stopów azotowców o kontrolowanej strukturze i własnościach optoelektronicznych.



W ramach badań nad elektrochemiczną redukcją azotu, dr Nikolaos Antonatos skoncentrował się na zastosowaniu materiałów dwuwymiarowych jako katalizatorów tej reakcji, stanowiącej ekologiczną alternatywę dla energochłonnego procesu Habera–Boscha. W pracy [H7] wykazano, że stop PdBi_2 po kilku cyklach katalitycznych znacząco zwiększa swoją aktywność dzięki selektywnemu wymywaniu bizmutu i tworzeniu aktywnego wodorku palladu. Mechanizm reakcji został szczegółowo opisany na podstawie obliczeń dyskretnych transformaty Fouriera i wykresach Pourbaix, co dostarczyło wniosków o roli uwolnionego wodoru w tworzeniu amoniaku. W kolejnej publikacji [H8] przedstawiono pierwszy przypadek elektrochemicznej eksfoliacji materiału typu Janus – BiTel – w obecności różnych kationów (Li^+ , TBA^+) w dimetyloformamidzie. Uzyskane płatki BiTel wykazały selektywność wobec NH_3 oraz stabilność strukturalną po reakcji, mimo umiarkowanej wydajności. Badania te podkreślają potencjał bizmutowych materiałów 2D jako alternatywy dla katalizatorów na bazie metali szlachetnych. Największy postęp został osiągnięty dzięki opracowaniu nanokompozytowego heterozłącza MoS_2/rGO . Dzięki synergii komponentów uzyskano znaczące zwiększenie wydajności katalitycznej, stabilności oraz efektywnego transferu elektronów. Wzrost aktywności przypisano obecności defektów (wakancji siarkowych) oraz poprawie przewodnictwa elektronowego przez rGO, przy jednoczesnym ograniczeniu konkurencyjnej reakcji wydzielania wodoru.

Podczas lektury autoreferatu zauważono drobne niedociągnięcie związane z użyciem skróconej terminologii technicznej bez uprzedniego podania ich pełnych nazw (np. DMF – str. 8; VOCs – str. 13; FE – str. 16; DFT – str. 17). Tego rodzaju skrócona terminologia, choć powszechnie stosowana w literaturze specjalistycznej, może utrudniać odbiór tekstu czytelnikom spoza wąskiej dziedziny badawczej. Dla zwiększenia przejrzystości oraz ułatwienia interpretacji treści, zasadne byłoby wprowadzenie pełnych rozwinięć nazw przy pierwszym użyciu każdego skrótu.

Cykl publikacji habilitacyjnych dr. Nikolaosa Antonatosa cechuje się wysokim stopniem spójności tematycznej, zarówno pod względem obszaru badawczego, jak i zastosowanych metod eksperymentalnych. Wszystkie prace koncentrują się na syntezie, modyfikacji oraz zastosowaniach materiałów dwuwymiarowych, ze szczególnym uwzględnieniem azotowców (fosforu, arsenu) oraz ich stopów, a także ich wykorzystania w elektrochemicznej reakcji redukcji azotu. Wspólnym mianownikiem wszystkich prac jest dążenie do zrozumienia zależności pomiędzy strukturą a właściwościami fizykochemicznymi materiałów oraz ich potencjałem aplikacyjnym w nowoczesnych technologiach energetycznych i sensorycznych. Zarówno dobór tematyki, jak i konsekwentne rozwijanie zagadnień w kolejnych publikacjach świadczą o przemyślanej koncepcji cyklu oraz o dojrzałości naukowej Kandydata. Prace są ze sobą logicznie powiązane, a ich układ pozwala na stopniowe pogłębianie wiedzy w obrębie wybranej niszy badawczej.



6. Aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Dr Nikolaos Antonatos wykazuje znaczącą aktywność naukową prowadzoną w uznanych ośrodkach zagranicznych. W latach 2014–2018 odbył studia doktoranckie na Uniwersytecie w Liverpoolu (Wielka Brytania), gdzie prowadził badania nad strukturą silicenu oraz adsorpcją na elektrodach monokrystalicznych. W latach 2019–2023 był zatrudniony na stanowisku post-doc w Wyższej Szkole Chemiczno-Technologicznej w Pradze (Czechy), gdzie prowadził badania nad materiałami 2D, w szczególności azotowcami, oraz ich zastosowaniami w elektrokatalizie.

W ramach współpracy międzynarodowej dr Antonatos utrzymuje aktywne kontakty naukowe z University College London (Wielka Brytania), ośrodkiem synchrotronowym Diamond Light Source (Wielka Brytania) oraz Politechniką Mediolańską (Włochy). Ponadto odbył krótkoterminowe staże i wizyty badawcze w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (2010–2011), Diamond Light Source (2016) oraz realizował pomiary eksperymentalne na Politechnice Wrocławskiej (2022–2023).

Aktywność Habilitanta w licznych ośrodkach naukowych, w tym w renomowanych instytucjach zagranicznych, potwierdza jego zaangażowanie w międzynarodową współpracę badawczą oraz wysoki poziom prowadzonych badań. Tym samym **spełnia on wymóg określony w art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce**, dotyczący istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.

7. Ocena innych osiągnięć naukowych

Dorobek naukowy dr. Nikolaosa Antonatosa poza przedłożonym cyklem habilitacyjnym należy ocenić jako znaczący, interdyscyplinarny i posiadający wyraźny wymiar międzynarodowy. Kandydat jest autorem 32 publikacji naukowych spoza cyklu habilitacyjnego (dane na podstawie autoreferatu), z których znaczna część została opublikowana w prestiżowych czasopismach z zakresu inżynierii materiałowej, chemii nieorganicznej oraz fizyki materii skondensowanej (*Small*, *Applied Materials Today*, *Nanoscale*, *ACS Applied Materials Interfaces*, *ACS Nano*, *Carbon*, *ACS Catalysis*, *Small Methods*). Kandydat pełnił funkcję pierwszego autora w 2 publikacjach poza cyklem habilitacyjnym, natomiast w żadnym przypadku nie pełnił roli autora korespondencyjnego. Warto podkreślić, iż tylko jedna publikacja została opublikowana przed uzyskaniem stopnia doktora. Aktualny dorobek naukowy Habilitanta (stan na dzień sporządzenia niniejszej recenzji) obejmuje **46 publikacji** opublikowanych w ciągu ostatnich siedmiu lat, co odpowiada średniej przekraczającej sześć publikacji rocznie. Publikacje powstały głównie w ramach współpracy z Wyższą Szkołą Chemiczno-Technologiczną w Pradze. W zakresie klasyfikacji tematycznej, ponad 80% publikacji przypisanych jest do kategorii *Materials Science – Multidisciplinary*. Tematyka publikacji obejmuje m.in. syntezę i charakterystykę materiałów dwuwymiarowych, takich jak fosforen, arsenen, tellurki i chalcogenki metali przejściowych, a także ich



zastosowania w elektrochemii, katalizie, magazynowaniu energii, fotodetekcji oraz inżynierii defektów. Kandydat prowadził również badania nad strukturą i właściwościami stopów azotowców oraz nad zastosowaniem materiałów MXene i PdTe₂ w reakcjach elektrochemicznych. Habilitant współredagował rozdział „Arsenene and Antimonene” w monografii *Xenes* (Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, 2022), co potwierdza uznanie jego ekspertyzy w zakresie 2D-azotowców i daje wkład w literaturę referencyjną dla młodych badaczy. Jego dorobek został uhonorowany m.in. wyróżnieniem „HOT Article” w czasopiśmie *Nanoscale*.

W przypadku publikacji nieuwzględnionych w cyklu habilitacyjnym Habilitant nie określił swojego udziału autorskiego dlatego też udział ten nie podlegał ocenie.

Wskaźniki bibliometryczne, takie jak h-index (18 - Web of Science, 19 - Scopus), liczba cytowań (857 z czego 840 bez autocytowań – Web of Science, 985 z czego 953 bez autocytowań - Scopus) oraz sumaryczny współczynnik wpływu na poziomie 320,4 (co odpowiada 4980 punktom wg wykazu MNiSzW) świadczą o wysokim wpływie publikacji Kandydata na rozwój dyscypliny. W kontekście inżynierii materiałowej, w której średnie wartości cytowań są relatywnie niższe niż w naukach biologicznych czy medycznych, osiągnięcia dr. Antonatosa należy uznać za ponadprzeciętne.

Dr Nikolaos Antonatos aktywnie uczestniczy w procesie recenzowania manuskryptów naukowych, co stanowi wyraz uznania jego kompetencji w środowisku międzynarodowym. Dotychczas przygotował recenzje dla takich czasopism jak *ACS Applied Materials & Interfaces*, *Nanoscale Advances*, *FlatChem*, *Catalysts*, *Molecules*, *Materials*, *Micromachines*, *Journal of Colloid and Interface Science* oraz *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*. Łącznie wykonał co najmniej 18 recenzji, w tym 8 dla czasopisma *FlatChem*, co świadczy o jego specjalistycznej wiedzy i aktywności w obszarze materiałów funkcjonalnych.

Dr Nikolaos Antonatos kieruje obecnie projektem badawczym SONATA finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki, realizowanym na Politechnice Wrocławskiej. Projekt koncentruje się na opracowaniu nowych materiałów katalitycznych do zrównoważonej produkcji amoniaku. Wcześniej uczestniczył w projektach finansowanych przez Czech Science Foundation (GACR) oraz Engineering and Physical Sciences Research Council (Wielka Brytania), badając materiały 2D i ich właściwości elektrochemiczne.

Aktywność konferencyjna dr. Nikolaosa Antonatosa, choć obecna, wydaje się ograniczona w porównaniu do jego intensywnej działalności publikacyjnej. Z dokumentacji wynika, iż Kandydat uczestniczył w kilku konferencjach międzynarodowych, głównie jako autor posterów. Po uzyskaniu stopnia doktora, odnotowano dwa wystąpienia ustne – podczas konferencji *Electrochem 2017* oraz *International Workshop on Advanced Quantum Materials 2023*. Zważywszy na interdyscyplinarny charakter prowadzonych badań oraz ich potencjał aplikacyjny, wskazane byłoby intensyfikowanie



aktywności konferencyjnej w przyszłości, zwłaszcza w kontekście prezentacji wyników badań w szerszym gronie specjalistów oraz budowania sieci współpracy naukowej.

8. Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej.

Z uwagi na zatrudnienie Habilitanta na stanowisku adiunkta badawczego, jego doświadczenie dydaktyczne pozostaje ograniczone. Jedyną formą aktywności w tym zakresie było uczestnictwo w procesie kształcenia studentów podczas studiów doktoranckich na Uniwersytecie w Liverpoolu, gdzie Habilitant koordynował warsztaty z zakresu matematyki, chemii ogólnej oraz fizyki materii skondensowanej dla studentów studiów licencjackich. Ponadto pełnił funkcję promotora jednej pracy magisterskiej oraz jednej pracy licencjackiej. Obecnie Habilitant sprawuje opiekę naukową, jako konsultant w jednym doktoracie realizowanym w ramach Szkoły Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej w dyscyplinie nauki fizyczne, przy czym dokumentacja nie zawiera szczegółowych informacji dotyczących charakteru tej funkcji.

Zakres działalności organizacyjnej Habilitanta również nie jest rozbudowany. Na podstawie przedłożonej dokumentacji wynika, iż był organizatorem jednej konferencji wewnętrznej w trakcie studiów doktoranckich na Uniwersytecie w Liverpoolu oraz uczestniczył w organizacji międzynarodowej konferencji naukowej *Flatlands Beyond Graphene 2023* w Pradze. Należy jednak zaznaczyć, że funkcja pełniona przez Habilitanta w ramach tej konferencji nie została jednoznacznie określona – w autoreferacie figuruje jako przewodniczący komitetu organizacyjnego, natomiast w Załączniku nr 4 wskazano go jako członka tego komitetu. Z oficjalnych źródeł dotyczących konferencji wynika, iż głównym organizatorem był prof. Zdenek Sofer.

Poza wskazanymi aktywnościami, brakuje informacji o systematycznym zaangażowaniu w działalność organizacyjną w jednostce macierzystej, uczestnictwie w pracach komisji uczelnianych, organizacji seminariów, warsztatów czy innych wydarzeń naukowych. Nie odnotowano również aktywności w gremiach doradczych, stowarzyszeniach naukowych ani w komitetach redakcyjnych czasopism. Habilitant nie przedstawił w dokumentacji innych form związanych z popularyzacją nauki, w tym w obszarze inżynierii materiałowej. W kontekście procedury habilitacyjnej, która zakłada wykazanie kompetencji w pełnym spektrum działalności akademickiej, przedstawiona aktywność organizacyjna wymaga dalszego rozwoju.

Wymienione obszary stanowią niewątpliwie słabsze strony dorobku Kandydata, niemające jednak – w ocenie Recenzenta – istotnego wpływu na ocenę jego osiągnięć naukowych, które pozostają głównym przedmiotem niniejszej oceny. Wskazane byłoby jednak w przyszłości intensyfikowanie działań w tym obszarze, zwłaszcza w ramach instytucji zatrudniającej Kandydata oraz poprzez aktywne uczestnictwo w strukturach organizacyjnych środowiska naukowego.



9. Wniosek końcowy

Dorobek naukowy dr. Antonatosa wnosi istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej, szczególnie w obszarze projektowania i funkcjonalizacji materiałów dwuwymiarowych o kontrolowanych właściwościach strukturalnych, elektronicznych i katalitycznych. Opracowane metody syntezy BP i b-As oraz ich stopów z fosforem wyznaczają nowe standardy w przemysłowej produkcji i modyfikacji 2D-azotowców oraz stanowią podstawę dla dalszych prac nad materiałami o wysokiej czystości i stabilności, co jest kluczowe dla ich zastosowań w elektronice, fotonice i energetyce. Badania reakcji redukcji azotu z wykorzystaniem materiałów 2D wpisują się w aktualne trendy związane z zieloną chemią i zrównoważonym rozwojem, oferując alternatywę dla przemysłowych procesów o wysokim śladzie węglowym. Kandydat wykazał się umiejętnością łączenia zaawansowanej syntezy materiałowej z aplikacyjnym podejściem inżynierskim, co czyni jego dorobek interdyscyplinarnym i wysoko wartościowym dla rozwoju nowoczesnych technologii materiałowych.

Podsumowując uważam, że dr Nikolaos Antonatos spełnia wymagania stawiane osobom ubiegającym się o nadanie stopnia doktora habilitowanego określone w art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Popieram wniosek dr. Nikolaosa Antonatosa o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa i wnoszę do Komisji Habilitacyjnej o dalsze procedowanie postępowania zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa.