



Mainz, 11 września 2025 r.

Recenzja

wniosku habilitacyjnego **dr. inż. Mariusza Szkody**

wraz z oceną osiągnięcia naukowego będącego podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne pt. „Metody otrzymywania, modyfikacji oraz wykorzystania materiałów do konwersji i magazynowania energii”

Niniejszej oceny dokonuję na podstawie dokumentacji przekazanej przez Wydział Chemiczny Politechniki Gdańskiej i uchwały Wysokiej Rady Nr 101/2025 z dn. 20 maja 2025 roku. Dokumentacja, kompletna, została mi przekazana w formie elektronicznej i zawiera wszystkie pozycje niezbędne do dokonania przedmiotowej oceny w świetle wymagań określonych w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669 z późn. zm.). Ocenę przeprowadzam wyłącznie w charakterze jakościowym.

1. Informacje i wnioski ogólne

Dr inż. Mariusz Szkoda związany jest z Politechniką Gdańską i Wydziałem Chemicznym od początku swojej naukowej (a wcześniej studenckiej) kariery. Na etapie pracy dyplomowej magisterskiej (wyróżnionej, w tym także uhonorowanej złotą odznaką JM Rektora Politechniki Gdańskiej) dołączył do zespołu prof. Anny Lisowskiej-Oleksiak i tam rozpoczął swoją „elektrochemiczną” podróż. Jestem przekonany, że był to wybór świadomy i w mojej ocenie niezwykle trafny, ponieważ współpraca w ramach pracy dyplomowej była kontynuowana również w ramach pracy doktorskiej (obrona w 2018 roku, praca została wyróżniona). Oznacza to, że interakcja mentor-student była owocna, inspirująca, a co najważniejsze, postawiła doskonałe podwaliny do dalszego rozwoju.

Wnioskując z informacji przedstawionych we wniosku, zatrudnienie w Politechnice Gdańskiej rozpoczął pod koniec studiów doktoranckich, obejmując stanowisko asystenta, a w 2019 roku został awansowany na stanowisko adiunkta. W tym aspekcie, uważam, że przebieg kariery wskazuje na trwały (w pozytywnym kontekście) związek Habilitanta z macierzystą Uczelnią. Biorąc pod uwagę całokształt dorobku, stabilną pozycję na Uczelni wykorzystał właściwie, rozwijając naukowy warsztat i budując ugruntowaną pozycję w środowisku elektrochemików w Polsce.

Patrząc na dorobek Habilitanta całościowo, nie mam najmniejszych wątpliwości, że **jest to badacz ambitny, posiadający naukowe aspiracje właściwe na tym etapie kariery, zdolny do interdyscyplinarnej współpracy i wielowymiarowej dyskusji.**

Rozważając obszar elektrochemii w którym Habilitant ujawnia największą część swojego dorobku (materiały do magazynowania i konwersji energii), należy także zaznaczyć, że jest to obszar atrakcyjny, rozwijający się bardzo dynamicznie, ale i eksplorowany w wielu zespołach naukowych na świecie. To stawia zaś Pana dr. inż. Mariusza Szkodę na określonej pozycji w wyścigu, który w dzisiejszym czasie bywa pełen nieoczekiwanych zwrotów akcji.

2. Ocena osiągnięcia naukowego oraz jego poszczególnych komponentów, w tym publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego

Osiągnięcie, przedstawione jako „Metody otrzymywania, modyfikacji oraz wykorzystania materiałów do konwersji i magazynowania energii” uważam za istotne i kompletne, w szczególności w kontekście przytoczonych przez Habilitanta publikacji.

Wybór tematyki badawczej, inspirowanej zapewne wcześniejszymi pracami w zespole prof. Lisowskiej-Oleksiak, uważam za trafny i wpisujący się w jeden z (wielu) trendów współczesnej inżynierii materiałowej i elektrochemii stosowanej.

Zgadzam się z formułowanymi we wstępie do „Autoreferatu” тезami, dotyczącymi dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na energię i koniecznością rozwoju systemów pozwalających na konwersję energii i jej magazynowanie (w różnych formach). W tym sensie, podejmowane przez Habilitanta wysiłki badawcze są w mojej ocenie uzasadnione.

Zgadzam się, że dwutlenek tytanu, TiO_2 posiada wiele zalet, jednak trudno mi zgodzić się ze stwierdzeniem jego nietoksyczności (jeśli przypisać tożsamość „toksyczności” do jego ewentualnej, wciąż dyskutowanej w literaturze, kancerogenności, w szczególności w formie nanomateriału). Jednakowoż, uwaga badawcza Habilitanta koncentruje się wokół zupełnie innych jego właściwości i ta dyskusja ma tutaj charakter poboczny. Przytoczone właściwości WO_3 , MoO_3 , polimerów przewodzących oraz struktur perowskitowych wydają się uzasadnione w kontekście dalszej dyskusji, opisującej motywację Habilitanta i jego cele badawcze.

Zdecydowana większość prac Habilitanta, nie tylko tych przedstawionych do oceny w ramach osiągnięcia, koncentruje się wokół korelacji pomiędzy teksturą, w tym mikroteksturą, strukturą i właściwościami (foto)elektrochemicznymi. Ocenie poddaje Habilitant pewne elementy syntezy i ich wpływ na właściwości otrzymywanych materiałów, które podzielił (słusznie) na 4 grupy i w takim podziale omawia je w treści „Autoreferatu”.

Publikacje oznaczone [H1]-[H4] dotyczą mechanizmów i zastosowań warstwowych materiałów interkalacyjnych, które również mogą ulegać eksfoliacji. W szerszym kontekście, dotyczą one tematyki związanej z konwersją promieniowania słonecznego, które może posłużyć do fotokatalitycznego rozkładu wody. W pracach [H1]-[H2] potwierdza Habilitant, że fotointerkalacja istotnie wpływa na właściwości fotoelektrochemiczne i fotokatalityczne badanych materiałów warstwowych. Habilitant przyznaje, że ten temat „nie jest obecnie tematem dużego zainteresowania”, jednak w pracach i treści „Autoreferatu” nie znalazłem jednoznacznej odpowiedzi na pytanie „dlaczego”? Nie mam wątpliwości, iż jest to temat wart

naukowej uwagi, aczkolwiek uważam, że warto ten temat podjąć w trakcie dyskusji podczas kolokwium habilitacyjnego.

W pracy **[H1]** wykazał Habilitant, iż możliwe jest indukowanie znikomego fotoprądu, przypisanego fotoutlenieniu wody, a wynik ten przypisał ewentualnemu zużyciu elektronów w procesie interkalacji jonów potasu. W tym miejscu chciałbym zapytać, czy można założyć pojemnościowe pochodzenie tego zjawiska (rejestracja znikomego wzrostu prądu), związane z procesem interkalacji i ewentualną zmianą rzeczywistej, elektroaktywnej powierzchni elektrody? Wnioski sformułowane dla pracy **[H1]** uważam za uzasadnione.

W pracy **[H2]** zbadał Habilitant wpływ interkalacji kationów metali alkalicznych na fotoaktywność różnych form WO_3 . Interesujące jest wykorzystanie amorficznego, eksfoliowanego WO_3 . Nie mam zastrzeżeń merytorycznych do tej pracy, aczkolwiek chciałbym zapytać o ogólną możliwość interkalacji kationów w strukturę amorficzną. Chciałbym także zapytać, w odniesieniu do insercji tych (jonów) metali w strukturę grafitu, na ile pomijalny jest w tym przypadku efekt różnego współczynnika dyfuzji? Habilitant dyskutuje głównie kwestię promienia, wskazując, że w przypadku fotodegradacji błękitu metylenowego obecność jonów cezu niemal nie wpływa na wydajność degradacji.

W badaniach przedstawionych w publikacji **[H3]** pokusił się Habilitant o zastosowanie WO_3 w układach magazynujących energię. To ciekawa inicjatywa, ale moją uwagę zwróciły pewne kwestie, które wymagają zapewne drobnych wyjaśnień i doprecyzowań.

Fachowa literatura wskazuje, iż termin „superkondensator” odnosi się do produktu komercyjnego i jako taki powinien być zastępowany przez „kondensator elektrochemiczny”. To oczywiście wskazówka, a nie uwaga o merytorycznym charakterze.

Chciałbym także zapytać, w kontekście przedstawionych wartości energii właściwej (60 Wh/kg) jaka była pojemność właściwa materiału elektrodowego? Aby otrzymać wartość energii właściwej tego rzędu (imponującego jakkolwiek), pojemność elektrody w układzie symetrycznym musiałaby wynosić ok. 1800 F/g jeśli napięcie operacyjne kondensatora wynosi 1,0 V. Nie znalazłem takiej wartości w pracy.

Chciałbym także zaznaczyć, że półogniwo $\text{Li}|\text{WO}_3$ nie jest „typowym” akumulatorem Li-ion. Nadmiarowa pojemność litu nie pozwala ocenić rzeczywistej pracy materiału, aczkolwiek wnioski wyciągnięte z tej pracy są słuszne – materiał nie może znaleźć zastosowania w ogniwach Li-ion w podanej konstrukcji. Podane pojemności warto zweryfikować w tzw. pełnym ogniwie. Chciałbym także zaznaczyć, że metodologicznie, badanie materiałów mających znaleźć zastosowanie jako anoda (tak zakładam, skoro prowadzono wyładowanie do potencjału bliskiego 0 V względem $\text{Li}|\text{Li}^+$, prowadzi się do potencjałów nieprzekraczających 1.5 V – z praktycznego punktu widzenia, pojemności powyżej tej wartości nie mają dla anody żadnego znaczenia.

W kontekście prac nad WO_3 , w szczególności dotyczących magazynowania energii, chciałbym zwrócić uwagę Habilitanta na prace zespołu prof. Bruce Dunn’a (UCLA, US) oraz prof. Veroniki Augustyn (North Carolina State University, US). Z pewnością znajdzie się w nich sporo wskazówek dla Habilitanta istotnych, w szczególności jeśli chodzi o korelację

parametrów morfologicznych i strukturalnych z właściwościami elektrochemicznymi WO_3 (i nie tylko).

Dodatkowo, warto w tym miejscu, w aspekcie czysto edukacyjnym, zaznaczyć, że w języku polskim zaleca się używać pojęcia „wyładowanie”, co nadaje znaczenie ukierunkowanego, kontrolowanego procesu. Przez analogię - zwykle mówi się, że akumulator się wyczerpał a nie rozczepał. Ponownie zaznaczam, że jest to uwaga mająca znaczenie czysto edukacyjne.

Publikacja **[H4]** dotyczy właściwości kompozytu polianilina/ WO_3 . Zaobserwowano wzrost pojemności w stosunku do kompozytu PANI/CI w środowisku kwaśnym, co zgadza się z teoretyczną aktywnością WO_3 w środowisku kwaśnym. Wzrost ten należy przypisać aktywności redoks WO_3 , z zaznaczeniem, że nie jest to zjawisko pseudopojemności. Myślę, że nie można również pominąć insercji protonu i pojemności, którą należy z tym procesem powiązać. Wciąż, bardzo istotnym elementem pozostaje tutaj kwestia ewentualnej ko-insercji rozpuszczalnika, ale w przypadku kompozytu, można założyć, że nie jest to zjawisko decydujące o ostatecznie ujawnianej pojemności.

W tym miejscu chciałbym także zaznaczyć, że o ile język polski nie rozróżnia pojemności „baterijnej” od „kondensatorowej”, o tyle w języku angielskim „capacity” i „capacitance” nie mogą być stosowane zamiennie i mają różne jednostki.

Nie mam zastrzeżeń do publikacji **[H5]-[H8]**. Uważam, że ich struktura i treść jasno wskazują na umiejętności syntetyczne i analityczne Habilitanta. Słusznie powiązał korelację temperatury kalcynacji ze zmianami w morfologii materiałów. Wykazał, że kompozyt $\text{MoS}_2/\text{SnO}_2$ może pełnić rolę katalizatora w rozkładzie związków organicznych jak i redukcji związków nieorganicznych.

Uważam, że w cyklu tym, prace dotyczące skalowania procesu anodyzacji tytanu (w celu wytworzenia TiO_2) są najbardziej wartościowe i przynoszą sporo cennych informacji, w szczególności jeśli chodzi o zmiany w morfologii anodyzowanych materiałów. Biorąc pod uwagę miejsce zatrudnienia Habilitanta (Politechnika Gdańska), to ważny nurt badawczy w karierze.

Ciekawa ścieżka, prezentowana w publikacjach **[H9]-[H11]** dotyczy generowania wodoru, a ściślej zastosowania materiałów reakcjach wydzielania wodoru i tlenu. Tutaj ocenił Habilitant m.in. możliwości zastosowań BiMeVO_x , MoS_2 i hybryd z niklem i platyną jako katalizatorów rozkładu wody. Udowodnił, że w szczególności BiCoVO_x może być aktywnym katalizatorem zarówno w reakcji wydzielania wodoru jak i tlenu i stanowić tzw. katalizator bifunkcyjny. Interesujące wyniki uzyskał również dla chalkogenków (MoS_2), ale uważam, że w tym kontekście prace te wymagają dalszych badań.

W publikacjach **[H12]-[H14]** powrócił Habilitant do badań nad magazynowaniem energii. W publikacji **[H12]** poruszył kwestię stabilności (trwałości cyklicznej) polianiliny i jej kompozytów. W pracy tej pojawia się niemal kompleksowa charakterystyka elektrochemiczna tych kompozytów. Ponownie, zwracam uwagę na kwestię rozróżnienia pojemności i jej jednostek. Odnoszę wrażenie, że w pracy tej nieco ostrożniej odniósł się

Habilitant do obliczenia energii właściwej, aczkolwiek należy pamiętać, że odnoszenie się do pojemności grawimetrycznych w przypadku badanych tutaj urządzeń może być mylące i warto w przyszłości rozważyć inne metryki (np. wolumetryczną). Odnoszenie się do powierzchni nie jest jednak błędem.

Rzadko (jeśli w ogóle) zdarza się, by materiał który wykazuje obiecujące właściwości pojemnościowe, miał możliwość zastosowania w odwracalnych ogniwach metalo-jonowych. Nie neguję tej ścieżki badawczej, aczkolwiek uzyskane wyniki wskazują, że materiały te (MoS_2 i hybrydy) trudno rozważać jako materiał dla ogniw. Typowo pojemnościowe zachowanie ujawnione choćby w badaniach galwanostatycznych praktycznie wykluczają tę aplikację. W tym aspekcie, mam zdanie od Habilitanta odmienne, aczkolwiek jestem przekonany, że w trakcie dyskusji z pewnością znajdziemy konsensus.

W pracy [H14] obserwuje Habilitant dość istotny wzrost pojemności w trakcie pracy cyklicznej. Zwracam uwagę, że jest to często związane z parametrem zwilżalności, jak również możliwością aktywacji lub eksfoliacji elektrody – co powoduje wzrost pojemności podwójnej warstwy elektrycznej. Tutaj, częściowo zgadzam się z Habilitantem w kwestii możliwej „aktywacji” elektrody.

Przedstawiona koncepcja fotokondensatora jest przekonująca i uważam, że stanowi ciekawy kierunek badawczy, który z pewnością wpisuje się w obszar kompetencji Habilitanta. Zwracam tutaj uwagę na pominięty aspekt samorzutnego wyładowania takiego kondensatora oraz możliwą poprawę w obszarze wydajności energetycznej. Niemniej jednak, opracowanie takiego prototypu zasługuje na uznanie.

Przedstawiony cykl publikacji, konkludując, uważam za spójny i dotyczący ciekawych rezultatów.

3. Ocena innych elementów dorobku Habilitanta

Współpraca z innymi ośrodkami naukowymi nie jest najmocniejszą stroną dorobku Habilitanta, aczkolwiek zakładam, że utrudnienia związane z pandemią wywołaną koronawirusami mogła utrudnić nawiązanie kontaktów naukowych, w szczególności zagranicznymi. Koszmarny czas izolacji, kładący się cieniem na niejednej naukowej karierze, jest tutaj okolicznością łagodzącą, z nadzieją, że na dalszym etapie współpraca międzynarodowa zostanie rozwinięta. Nie uważam jednak, aby brak współpracy naukowej czy dłuższego wyjazdu miał stanowić jakiś specjalny mankament, choć z pewnością warto zadbać o ten element na dalszej drodze i skorzystać z wielu możliwości, które pozwolą zdobyć międzynarodowe doświadczenie.

Przedstawiona aktywność dydaktyczna związana jest z obszarem aktywności naukowej i prowadzona jest w dość szerokim spektrum przedmiotów i kursów, w tym w języku angielskim. Habilitant wskazał również opracowanie skryptów i ćwiczeń laboratoryjnych, co zasługuje na uwagę w kontekście wprowadzania nowych ćwiczeń i materiałów edukacyjnych dla studentów.

Habilitant wykazał również **dużą aktywność jako promotor prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich, a jego dyplomantki i dyplomanci byli nagradzani za swoje**

naukowe dokonania. To akurat ważki element dorobku, ponieważ świadczy o umiejętnościach dydaktycznych i kreuje Habilitanta jako dobrego nauczyciela bądź przyszłego lidera grupy badawczej.

Uważam, że na **docenienie zasługuje również element popularyzacji nauki** – podejmowany przez niektórych niechętnie, a jednak ważny w kontekście doskonalenia własnego warsztatu dydaktycznego ale i upowszechnienia rzetelnej wiedzy.

Biorąc pod uwagę **aktywność w zakresie ochrony praw własności intelektualnej**, uważam, że **jest ona bardzo dobra**. Na dzień złożenia wniosku, aspekt ten obejmował 2 uzyskane patenty i 9 zgłoszeń patentowych (w tym 2 europejskie).

Uważam, że **aktywność w pozyskiwaniu środków na badania ze źródeł zewnętrznych jest w przypadku Habilitanta ponadprzeciętna** i doskonale dokumentuje jego ambicje badawcze. Wskazuje również na samodzielność jeśli chodzi o planowanie ścieżki badawczej, dalszych etapów kariery oraz odpowiedzialność w zakresie wydatkowania środków publicznych.

Biorąc pod uwagę ogólną sylwetkę Habilitanta, uważam, że jego **aktywność naukowa z pewnością plasuje się w obszarze ponadprzeciętnym**. Bardzo żałuję, że z niewiadomych przyczyn pokusił się Habilitant o publikację niektórych swoich prac w Scientific Reports czy w czasopiśmie wydawanych przez MDPI, które niestety nie cieszą się renomą w międzynarodowej opinii. Mam jednak świadomość niewłaściwych praktyk projakościowych w Polsce w ostatnich latach, na które Habilitant raczej nie miał wpływu. Na szczęście jest w tym dorobku dobry balans z publikacjami w czasopiśmie o dobrej renomie, uznawanych w obiegu międzynarodowym.

4. Wnioski końcowe oraz konkluzja

Dr inż. Mariusz Szkoda jest badaczem ambitnym, słusznie aspirującym do kolejnych etapów naukowej kariery. Jego naukowy dorobek, w tym osiągnięcie przedstawione do oceny **uważam za spełniające wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego**.

Jak wskazałem w treści recenzji, z pewnością można wskazać obszary, w których dorobek ten można poprawić, ale jestem przekonany, iż moje uwagi zostaną odebrane w sposób konstruktywny i będą stanowić katalizator dalszego naukowego rozwoju Habilitanta.

Biorąc pod uwagę powyższe, niniejszym potwierdzam, iż popieram i uważam za uzasadniony wniosek **dr. inż. Mariusza Szkody o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego**. Uważam, że dorobek naukowy **spełnia wszystkie wymogi** przedstawione w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1669 z późn. zm.).

Z wyrazami szacunku,
Krzysztof Fic