

Warszawa, 28.04.2023

Instytut Chemii Organicznej
Polskiej Akademii Nauk
01-224 Warszawa
ul. Kasprzaka 44/52
Prof. dr hab. Jarosław Jaźwiński

**Recenzja pracy habilitacyjnej dr Tomasza Pawlaka
„Krystalografia NMR jako uniwersalne narzędzie badań form krystalicznych na
przykładzie leków i materiałów funkcjonalnych”**

Opinia o dr Tomaszu Pawlaku i jego działalności naukowej

Opinia została przygotowana na podstawie załączonych dokumentów:

1. Autoreferat
2. Wykaz osiągnięć naukowych
3. Dane wnioskodawcy
4. Kopie artykułów naukowych dokumentujących osiągnięcie naukowe (6 prac)
5. Oświadczenia współautorów
6. Kopia dyplomu

Dokumenty są napisane w dwóch wersjach, polskiej i angielskiej.

Pan Tomasz Pawlak uzyskał licencjat w Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, na Wydziale Chemii, w 2008 roku, a dwa lata później stopień magistra na tej samej uczelni. Opiekunem naukowym tych prac był Leszek Pazderski, profesor UMK, a tematyka badawcza dotyczyła związków kompleksowych palladu, platyny, i złota z ligandami organicznymi. W tym czasie pan Pawlak został współautorem sześciu prac, których tematyką były kompleksy metali przejściowych, ich badanie metodą spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (MRJ) oraz metodami kwantowo-chemicznym. Dwie prace o podobnej tematyce, z współautorstwem mgr Pawlaka, zostały opublikowane w okresie późniejszym (2013). Od roku 2011 mgr Pawlak zatrudniony był (i jest do chwili obecnej) w Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN w Łodzi (CBMiM PAN), jako chemik,

potem asystent i adiunkt (od 2018). W międzyczasie mgr Pawlak ukończył studia podyplomowe w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej na Wydziale Nauk Przyrodniczych i Technicznych w Skierniewicach, w zakresie rolnictwo-ogrodnictwo. W czasie pracy w CBMiM, do uzyskania stopnia doktora, mgr Pawlak był współautorem dwunastu prac, które w większości dotyczyły badań MRJ w ciele stałym materiałów o znaczeniu biologicznym lub farmaceutycznym. Należy zaznaczyć, że wszystkie prace zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, o IF od 2.176 do 4.020 (z wyjątkiem jednej pracy o IF 0.247). W 2016 roku mgr Pawlak uzyskał stopień doktora nauk chemicznych, za rozprawę zatytułowaną "Zastosowanie spektroskopii NMR w ciele stałym i metod obliczeniowych w badaniach nieuporządkowania molekularnego w kryształach peptydów i polimerów syntetycznych" (CBMiM PAN, promotor prof. Marek Potrzebowski). Po uzyskaniu stopnia doktora dr Pawlak był współautorem dwudziestu pięciu prac, również opublikowanych w dobrych czasopismach o zasięgu międzynarodowym (IF od 2.388 do 7.336; jedna praca w czasopiśmie *Advanced Materials*, IF 32.086). Sześć z tych prac zostało wybranych jako dokumentacja osiągnięcia naukowego. Podsumowując, dr Tomasz Pawlak do momentu złożenia wniosku o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego był współautorem 45 prac, opublikowanych w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Sumaryczny IF wynosi 191.06 (po uzyskaniu stopnia doktora 129.40), prace były cytowane 536 razy, z czego po doktoracie 443 razy (bez autocytowań). Indeks Hirscha dr Pawlaka wynosi 16.

Do czasu uzyskania stopnia doktora, Mgr Pawlak miał osiem wystąpień ustnych i trzy wystąpienia w formie plakatów na konferencjach krajowych oraz siedem prezentacji ustnych i trzy w formie plakatów na konferencjach zagranicznych lub polskich o zasięgu międzynarodowym. Po uzyskaniu stopnia doktora aktywność była trochę mniejsza: cztery wystąpienia ustne i trzy plakaty na konferencjach polskich, i cztery plakaty na konferencjach zagranicznych.

Dr Pawlak odbył trzy staże zagraniczne, trzymiesięczny pobyt naukowy w Central European Institute of Technology w ramach programu Erasmus, w Masaryk University w Republice Czeskiej, miesięczny staż naukowy w Advance Solid-State NMR Unit, RIKEN CLST-JEOL Collaboration Centre, RIKEN Centre for Life Science Technologies, w Japonii, oraz najważniejszy, roczny ("postdoc") od marca 2016 do marca 2017 w Department of Physics, University of Warwick, w Wielkiej Brytanii. Oprócz dłuższych wyjazdów, mgr Pawlak odbył dwa dwutygodniowe pobyty naukowe w ramach POIG Biogratex, w Department of Physics, Martin-Luther University Halle, Niemcy.

Przed uzyskaniem stopnia doktora mgr Pawlak brał udział w czterech projektach, jako wykonawca w dwóch grantach "Opus", w latach 2011-2014 i 2015-2016, kierownik grantu "Preludium" w latach 2011-2014, oraz wykonawca kluczowego programu operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Po uzyskaniu stopnia doktora dr Pawlak był kierownikiem grantu (Homing) Fundacji na rzecz Nauki Polskiej pt. „NMR Crystallography as the state-of-art tool for insight into structural properties of active pharmaceutical ingredients and their formulations - Innovative methodology to improve the quality of medical products” (2018-2022).

Lista nagród i stypendiów dr Pawlaka liczy 17 pozycji, przykładowo, tytuł Najlepszego Studenta Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja (dwukrotnie, w 2007 i 2009 roku), tytuł Najlepszego Absolwenta Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu (dwukrotnie, w 2008 i 2010 roku), nagrody „The best lecture of young scientists” na międzynarodowych konferencjach „Symposium Nuclear Magnetic Resonance in Chemistry, Physics and Biological Sciences” w Warszawie (dwukrotnie, w 2012 i 2014 roku), nagroda imienia Josefa Dadoka za referat na międzynarodowej konferencji „26th Central European NMR meeting” w Valticach, Czechy (2011 rok), wyróżnienie pracy doktorskiej przez Radę Naukową Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk w Łodzi (2016), nagroda za pracę doktorską zrealizowaną w oparciu o zasoby obliczeniowe ACK Cyfronet AGH (2016), oraz nagroda Polskiego Towarzystwa Chemicznego za Wyróżnioną Pracę Doktorską (2017). Ostatnią wymienioną jest nagroda „Polskie Diamenty Krystalograficzne” za wyróżniającą się pracę krystalograficzną (Pawlak *et. al.* Crystal Growth & Design, 2021), przyznana w 2022 roku.

Dr Pawlak jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego (PTChem) od 2007 roku, oraz członkiem International Society of Magnetic Resonance (ISMAR) od 2013 roku. Ponadto dr Pawlak był recenzentem 8 artykułów naukowych w latach 2014-2021 w następujących czasopismach: Organic Chemistry Frontiers (2014), Crystal Growth & Design (2015, 2018, 2021), Spectroscopy Letter (2016, 2017), Macromolecules (2018) oraz Chemistry (2020). Bardzo skromnie przedstawiają się osiągnięcia dydaktyczne dr Pawlaka: opieka nad dwiema studentkami realizującymi grant. Na usprawiedliwienie trzeba przyznać, że praca w Instytucie Polskiej Akademii Nauk nie daje zbyt wielu okazji do działalności dydaktycznej.

Działalność naukowa dr Pawlaka (inna niż osiągnięcia będące podstawą habilitacji) była skoncentrowana na dwóch obszarach. Pierwszy z nich to rozwój strategii badawczych

opartych o magnetyczny rezonans jądrowy, na potrzeby opisu struktury i dynamiki molekularnej w sieciach krystalicznych biomolekuł. W ramach tej tematyki dr Pawlak uczestniczył w rozwijaniu metodyki pomiarów sprzężeń dipolowych $^{13}\text{C}/^{15}\text{N}-^1\text{H}$, wykorzystując wielowymiarową spektroskopię MRJ w ciele stałym (sekwencje pomiarowe typu 3D CPVC-RFDR i CPVC-SHANGHAI), przy czym rolą dr Pawlaka było wsparcie obliczeniowe tych badań. Prace rozwijały się od prostych układów do obiektów tak złożonych jak białka. Wyniki okazały się bardzo obiecujące i pozwoliły na zaobserwowanie zróżnicowania dynamiki różnych fragmentów łańcucha peptydowego.

Drugi obszar badań obejmował poszukiwanie nowych organicznych materiałów wykorzystywanych do wytwarzania ogniw słonecznych o wysokim współczynniku konwersji energii elektrycznej. Zadanie to dr Pawlak realizował w ramach współpracy międzynarodowej, przy czym jego część pracy dotyczyła obliczeń kwantowo-chemicznych. Podstawową trudnością była obecność setek atomów w badanej komórce elementarnej materiału. Badania miały na celu m. in. powiązanie struktury badanych obiektów z obrazem widm w ciele stałym (^{13}C CP MAS oraz ^1H MAS NMR).

Do uzupełnienia tego obrazu należy wspomnieć, że przed uzyskaniem stopnia magistra dr Pawlak uczestniczył w badaniach związków kompleksowych metali przejściowych, co wiązało się z pomiarami MRJ oraz obliczeniami kwantowo-chemicznymi parametrów MRJ. Wynikiem tej pracy było osiem publikacji, których dr Pawlak był jednym z współautorów.

Podsumowując, dr Pawlak wykazuje się znacznym dorobkiem publikacyjnym (45 publikacji); osiem prac dotyczy tematyki związanej z badaniami kompleksów metali, pozostałe prace (12 przed uzyskaniem stopnia doktora i 25 prac po uzyskaniu stopnia doktora) związane były ze spektroskopią MRJ w ciele stałym oraz obliczeniami kwantowo-chemicznymi. Większość prac została opublikowana w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym o IF od 2.388 do 7.336 (dwie prace nie mieszczą się w tym zakresie: jedna praca o IF 0.247 i jedna o IF 32.083). Sześć z tych prac zostało wybranych jako dokumentacja osiągnięcia naukowego. Dr Pawlak wykazywał się też dużą aktywnością konferencyjną; swoje wyniki prezentował 18 razy na konferencjach polskich i międzynarodowych, bądź w formie wystąpień ustnych, lub plakatów. Lista nagród i wyróżnień liczy 17 pozycji. Dr Pawlak był wykonawcą w trzech grantach, i kierownikiem grantu Preludium oraz grantu Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (ten ostatni grant po uzyskaniu stopnia doktora). Dr Pawlak odbył cztery krótkie staże naukowe (zagraniczne), oraz przez rok (2016/2017) przebywał na stażu w ramach stypendium Ministerstwa Nauki i

Szkolnictwa Wyższego (Mobilność Plus) w University of Warwick, w Wielkiej Brytanii. Słabą stroną dr Pawlaka jest jego doświadczenie dydaktyczne, które sprowadza się do opieki nad studentami w trakcie realizacji ostatniego grantu. Dr Pawlak jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego (od 2007 roku) i członkiem International Society of Magnetic Resonance (ISMAR) od 2013 roku. W okresie od 2014 do 2021 roku był recenzentem prac w czasopismach zagranicznych.

Ocena osiągnięcia naukowego dr Pawlaka.

Osiągnięcie naukowe dr Tomasza Pawlaka jest zatytułowane „Krystalografia NMR jako uniwersalne narzędzie badań form krystalicznych na przykładzie leków i materiałów funkcjonalnych”, i udokumentowane jest sześcioma publikacjami (2016-2022), w czasopismach Crystal Growth&Design (IF 4.076, trzy prace, 2016, 2020, 2021), Materials (IF 3.748, 2021), Molecular Pharmaceutics (IF 5.364, 2022), i Solid State Nuclear Magnetic Resonance (IF 2.812, 2022). Wszystkie prace są wielo-autorskie; w czterech pracach dr Tomasz Pawlak jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym, w jednej pracy jest jednym z dwóch autorów korespondencyjnych, i w jednej pracy jest drugim autorem. Dwie ostatnie prace są jednocześnie pracami najstarszymi (2016, 2020). Publikacje liczą w sumie 86 stron, autorski komentarz do wyników liczy 24 strony włączając w to spis literatury. Załączone są oświadczenia wszystkich współautorów. Przy każdej publikacji habilitant zadeklarował swój udział w wykonanych pracach.

Wstępna analiza oświadczeń dr Pawlaka dokumentuje zakres badań wykonanych przez habilitanta: dobór i przeprowadzenie krystalizacji badanych próbek, wykonanie oraz analiza pomiarów NMR w ciele stałym, w tym przeprowadzenie procedury przypisania sygnałów oraz analizę dynamiki molekularnej dla wszystkich badanych obiektów (we wszystkich sześciu publikacjach), oraz zaplanowanie, wykonanie i analizę wyników obliczeń kwantowo-chemicznych (w czterech pracach). W innym miejscu autoreferatu habilitant oświadcza, że nie porusza w swoim komentarzu aspektu technicznego badań, który stanowi istotną składową osiągnięć, a które są przedstawione w częściach eksperymentalnych wymienionych publikacji. Analiza materiałów przedstawionych do oceny jednoznacznie dowodzi, że dr Pawlak jest bardzo sprawnym eksperymentatorem. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że zaawansowane pomiary MRJ w ciele stałym są bardzo wymagające, jeśli chodzi o dobór parametrów pomiaru. Zakres badań deklarowany przez dr Pawlaka tłumaczy też wielo-autorswo publikacji; każda publikacja zawiera rozdział dotyczący badań MRJ (wykonanych w większości przez habilitanta), oraz opis innych badań, np. synteza, badania rentgenograficzne itp. wykonywane przez inne osoby.

Warto w tym miejscu wymienić metody MRJ stosowane przez habilitanta: techniki PISEMA MAS NMR, w której uzyskuje się widmo dwuwymiarowe z rozdzielonymi przesunięciami chemicznymi i bezpośrednimi sprzężeniami spin-spin (D), PASS MAS NMR w której na widmie 2D rozdzielone są przesunięcia chemiczne i anizotropia przesunięcia chemicznego, ^{13}C SPE MAS NMR, która umożliwia wykrywanie sygnałów "ruchomych" atomów w sieci krystalicznej, a także pomiary widm protonowych w ciele stałym przy ultraszybkim wirowaniu próbki. Badania MRJ uzupełnione były technikami obliczeniowymi DFT, z których najważniejsze było podejście GIPAW (Gauge Including Projector Augmented Waves), które uwzględnia oddziaływania międzyatomowe w kryształach i umożliwia obliczenie odpowiednich parametrów spektralnych MRJ, w tym tensora ekranowania jąder. W swoich badaniach dr Pawlak wykorzystał zależność anizotropii przesunięcia chemicznego oraz sprzężenia dipol-dipol od ruchliwości fragmentów cząsteczki w ciele stałym (w przypadku atomów poruszających się te wielkości ulegają redukcji). Oprócz wyżej wymienionych metod habilitant wykorzystał rutynowe już techniki jednowymiarowe (CP MAS NMR, MAS NMR, DD MAS NMR) i dwuwymiarowe (korelacja ^1H - ^{13}C). Podstawowe widma umożliwiły wykrycie polimorfów w mieszaninach oraz śledzić procesy usuwania rozpuszczalnika z próbki w czasie pomiaru.

Deklarowany cel badań dr Pawlak przedstawia w ośmiu punktach. Celem nadrzędnym jest rozwój metodologii badań poprzez wykorzystanie synergii spektroskopii NMR w ciele stałym, dyfrakcji rentgenowskiej oraz metod obliczeniowych w badaniach strukturalnych układów krystalicznych na potrzeby lepszego zrozumienia relacji pomiędzy ich budową a właściwościami. Najważniejsze cele szczegółowe to opracowanie procedur wykorzystania krystalografii NMR w celu uzyskania istotnych parametrów strukturalnych, opracowania techniki komputerowego przewidywania struktur krystalicznych i ich wykorzystanie jako wsparcia procedur krystalografii NMR, implementacja sekwencji pomiarowych NMR w ciele stałym oraz kwantowo-chemicznych technik obliczeniowych na potrzeby rozwoju krystalografii NMR (należy zwrócić uwagę na zwrot "implementacja sekwencji pomiarowych"; jak wyżej wspomniałem, zaawansowane pomiary MRJ w ciele stałym wymagają żmudnego doboru parametrów!). Drugi zestaw celów, dotyczący badanych obiektów, to wykorzystanie analizy procesów dynamiki molekularnej, propozycję metod pozwalających przeprowadzić charakterystykę odwracalnych i nieodwracalnych przemian fazowych z oceną ich wpływu na strukturę krystaliczną, oraz zaproponowanie procedur krystalografii NMR do śledzenia *in situ* procesów termicznych.

Metodologia badań i wyżej wymienione techniki, zostały wykorzystane i przetestowane przez habilitanta w badaniach kilku obiektów, opisanych w sześciu publikacjach (H1-H6). Pierwsza praca to badanie rotorów molekularnych (publikacje H1-H2, najstarsze), ważnych związków docenionych nagrodą Nobla w 2016 roku. Obiektami badań były acykliczne związki, w których część zwana „statorem” zbudowana była z pochodnych steroidowych natomiast część tzw. „rotatora” stanowiły 1,4-dietynylfenyl bądź 1,4-dietynyl-2,3-difluoro-fenyl. Wykorzystując połączenie technik eksperymentalnych (NMR w ciele stałym) i obliczeniowych (DFT) dr Pawlakowi udało się w sposób precyzyjny scharakteryzować dynamikę molekularną dla form krystalicznych związków i oszacować energetyczne bariery rotacji pierścienia fenyłowego. Dla jednego związku nie udało się otrzymać kryształu odpowiedniego do badań rentgenograficznych. Metody MRJ okazały się w tym przypadku niezastąpione; niezbędne okazało się również zastosowanie technik obliczeniowych (GIPAW). W przypadku związków z grupą difluorofenyłową spodziewano się zahamowanej rotacji, co potwierdziły badania. Dr Pawlak wykrył szereg form solwatomorficznych, zbadał ich wpływ na rotację grupy difluorofenyłowej, na podstawie widm ^{19}F w ciele stałym prześledził desolvatację związków, oraz wykrył interesujący skok obrotu pierścienia $\text{C}_6\text{H}_2\text{F}_2$ wraz ze zmianą polimorficzną związku.

Cztery następne publikacje, w których dr Pawlak jest jedynym autorem korespondencyjnym, dotyczą badania związków o znaczeniu farmakologicznym. Publikacja H3 i H6 opisuje badania teriflunomidu, aktywnej substancji leku Aubagio stosowanego w terapii stwardnienia rozsianego. Punktem wyjścia badań była rozbieżność pomiędzy opublikowaną wcześniej strukturą krystalograficzną teriflunomidu oraz opublikowanymi w tej samej pracy danymi pochodzącymi z pomiarów NMR w ciele stałym. Zastosowanie rutynowych pomiarów MRJ w ciele stałym, oraz analiza termograficzna doprowadziły do wykrycia przemiany fazowej w kryształach związku zachodzącej w niskiej temperaturze (pomiar MRJ odbywał się w temperaturze pokojowej, analiza rentgenograficzna w 173 K). W drugim etapie badań dr Pawlak zastosował dość złożoną procedurę obliczeniową CSP ("Crystal Structure Prediction") w celu poszukiwania innych polimorfów teriflunomidu. Przeprowadzone obliczenia uwzględniające przemiany konformacyjne doprowadziły do uzyskania wykresu tzw. krajobrazu energii krystalicznej. Każdy punkt wykresu odpowiada innej strukturze krystalicznej, w tym tej o najniższej energii, obserwowanej eksperymentalnie. Ponieważ teriflunomid jest słabo rozpuszczalny w wodzie, kontynuacją tych badań było otrzymanie przez habilitanta soli związku, z kationami litu, sodu, potasu, rubidu oraz cezu, a

także z jonem amonowym, oraz badania struktury polimorficznej tych związków z wykorzystaniem zaawansowanych pomiarów MRJ w ciele stałym, wliczając w to ^{23}Na MQ-MAS NMR oraz ^{19}F MAS NMR, połączonych z obliczeniami kwantowo-chemicznymi struktur w ciele stałym.

Następna praca dr Pawlaka (publikacja H4) dotyczyła badania struktury N-[3-[4-(6-fluoro-1,2-benzoxazol-3-yl)piperidin-1-yl]propyl]-3-methylbenzenesulfonamidu, potencjalnego leku na symptomy demencji. Badania obejmowały różnice pomiędzy wolną formą związku oraz jego modyfikacją w postaci chlorowodoru. W ramach badań dr Pawlak wykazał, że związek występujący zarówno w formie wolnej jak i chlorowodoru nie wykazuje znaczącej dynamiki molekularnej i nie ulega niepożądanym z punktu widzenia zastosowań farmaceutycznych przemianom polimorficznym. Przypisania sygnałów na widmach ^1H MAS, ^{13}C CP MAS oraz ^{13}C - ^1H inv-HETCOR MAS NMR były możliwe dzięki przeprowadzonym obliczeniom GIPAW i ich niemalże doskonałej zgodności z wynikami eksperymentalnymi (RMSE < 0.5 ppm).

Ostatnim badanym związkiem była sól mesylova safinamidu, substancji czynnej leku Xadago, stosowanego w terapii choroby Parkinsona. Porównanie dyfraktogramów proszkowych oraz widm ^{13}C CP MAS NMR zarejestrowanych przez dr Pawlaka dla materiału zawartego w tabletkie i materiału wyekstrahowanego wykazały znaczące różnice, co świadczyło o innej formie krystalicznej związku w obu próbkach. Dalsze badania wykazały, że związek wyekstrahowany jest półhydratem, który ulega dehydratacji w temperaturze 55°C , co połączone jest z przemianą fazową. Druga przemiana fazowa zachodzi w temperaturze pokojowej; wynik ten sugeruje, że lek może ulec tej przemianie w trakcie przechowywania. Na zakończenie opisu swoich wyników, dr Pawlak podsumował swoje osiągnięcia naukowe dziecięciu punktach, których analiza prowadzi do konkluzji, że cel postawiony na wstępie opisu został w całości osiągnięty.

Podsumowanie

Dr Pawlak ma znaczący dorobek publikacyjny (45 prac opublikowanych w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, z czego osiem prac z materiałów uzyskanych przed otrzymaniem stopnia magistra, 25 prac po uzyskaniu stopnia doktora), oraz znaczącą liczbę wystąpień konferencyjnych. Odbył roczny staż zagraniczny, oraz brał udział w realizacji grantów, jako wykonawca lub kierownik. Działalność naukowa dr Pawlaka dotyczy w głównie zaawansowanej spektroskopii MRJ w ciele stałym (bardzo wymagającej technicznie), oraz związanych z nią obliczeń kwantowo-chemicznych. Załączone prace wskazują, że dr Pawlak jest wysoko kwalifikowanym i zręcznym eksperymentatorem,

potrafiącym przygotować próbki do badań, wykonać odpowiednie pomiary MRJ (jak wspominałem, bardzo wymagające technicznie), dokonać analizy otrzymanych wyników, uzupełnić je odpowiednimi (również zaawansowanymi) obliczeniami, oraz powiązać z innymi danymi (np. z badaniami rentgenograficznymi). Zwraca uwagę praktyczna strona badań dr Pawlaka: cztery prace dotyczą związków o znaczeniu farmakologicznym. Badanie polimorfów ma podstawowe znaczenie w farmacji, przy tworzeniu tzw. formy leków. Działalność dr Pawlaka obejmuje również inne dziedziny, takie jak badanie materiałów przydatnych w ogniwach słonecznych. Badania dr Pawlaka wpisują się w dziedzinę "krytalografii NMR", tematyki dość "gorącej", rozwijanej od 2014 roku. Słabą stroną dr Pawlaka wydaje się brak większego doświadczenia dydaktycznego, a także brak publikacji monograficznej (tzn. z jednym autorem). Z drugiej strony, prowadzone prace są w pewnym stopniu multidyscyplinarne, i wymagają udziału specjalistów z wielu dziedzin. Cztery prace, w których dr Pawlak jest autorem korespondencyjnym, świadczą o jego umiejętności pracy w zespole badawczym. Opracowane procedury badawcze oraz metodyka analiz stanowi istotny wkład w rentgenografię NMR i możliwości badań związków biologicznie czynnych.

Uważam, że dr Tomasz Pawlak spełnia wszelkie ustawowe warunki do otrzymania stopnia doktora habilitowanego (Dz. U. 2023 rok, poz. 742, art. 219) i wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania.

