



Wrocław, 14 listopada 2022r.

dr hab. Wiktor Zierkiewicz, prof. PWr.
Katedra Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej
Wydział Chemiczny, Politechnika Wroclawska
Wyb. St. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: Wiktor.zierkiewicz@pwr.edu.pl
tel. 071 320 3455

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr. Grzegorza Mierzwy, zatytułowanej:

*„Quantum chemical topology investigation of the nature
of boron chemical bonds”*

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska została wykonana w Zakładzie Chemii Teoretycznej, w Zespole Teoretycznego Modelowania Procesów Chemicznych, na Wydziale Chemii Uniwersytetu Wroclawskiego pod kierunkiem dr. hab. Sławomira Berskiego, prof. UW.

Zagadnienia podjęte w rozprawie doktorskiej przez mgr. Grzegorza Mierzwę wpisują się w aktualny w skali światowej nurt badań podstawowych w chemii dotyczących kwantowo-chemicznego opisu natury wiązań chemicznych. W dysertacji Doktorant przedstawił wyniki badań opartych przede wszystkim na wykorzystaniu funkcji lokalizacji elektronów (ELF) do opisu rozkładu gęstości elektronowej wybranych molekuł posiadających motyw strukturalny wiązania typu B-X gdzie X to atom B, C, N, O, F lub Cl. Wspomagająco do metody ELF użyta została również metoda „Atomy w Molekułach” (AIM). Obie te metody można przypisać do metodologii, za Popelierem zwanej „Chemiczną Topologią Kwantową”, która grupuje wszystkie sposoby opisu struktury elektronowej cząstek bazujące na właściwościach topologicznych. Analiza topologiczna funkcji lokalizacji elektronów stanowiąca atrakcyjną alternatywę dla metod klasycznych (takich jak teoria orbitali molekularnych czy teoria wiązań walencyjnych) wydaje się adekwatnym podejściem do uzyskania odpowiedzi na pytania stawiane w dysertacji, dotyczące natury wybranych wiązań kowalencyjnych, w których zaangażowany jest atom boru.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Niniejsza dysertacja jest zbiorem pięciu spójnych tematycznie publikacji naukowych uzupełnionych przewodnikiem w języku angielskim, w którym Autor w sposób zwięzły omówił kluczowe wyniki. Artykuły wchodzące w skład cyklu zostały dołączone do przewodnika w postaci przedruków. Prace jednak nie zostały zamieszczone w porządku chronologicznym ponieważ ich sekwencja nawiązuje do kolejności dyskutowanych wiązań pomiędzy atomem boru a atomami czterech następujących po sobie grup układu okresowego.

Ze względu na to, że publikacje stanowiące zbiór składający się na dysertację, nie są monoautorskie, istotne są oświadczenia o wkładzie pracy samego Autora jak i pozostałych Współautorów. Z przedłożonych oświadczeń wynika, że Doktorant zaplanował oraz przeprowadził większość obliczeń dyskutowanych we wspomnianych artykułach, zatem materiał naukowy przedstawiony do recenzji może być rozpatrzony jako dorobek stanowiący podstawę nadania stopnia naukowego doktora. Warto dodać, że we wszystkich artykułach wchodzących w skład cyklu Pan mgr Grzegorz Mierzwa jest pierwszym Autorem, co świadczy o pewnej jego samodzielności naukowej. W czterech pracach zaliczających się do cyklu publikacyjnego liczba Współautorów wynosi trzy, natomiast w jednej cztery. Dodatkowo warto nadmienić, że we wszystkich artykułach Autorem korespondującym jest Promotor Pana Grzegorza Mierzwę, nie mam zatem wątpliwości co do rzetelności przeprowadzonych badań jak i wysokiej jakości prezentowanych wyników.

Aktywność publikacyjna Doktoranta rozpoczyna się w roku 2015 kiedy to ukazała się pierwsza praca współautorstwa Pana mgr. Grzegorza Mierzwę, w czasopiśmie *Comp. Theor. Chem.*, cytowana według bazy Web of Science 12 razy (do 7.11.2022r.). W roku 2018 ukazały się dwie publikacje, w których powstawaniu uczestniczył Doktorant. Jedna, wchodząca w skład cyklu składającego się na dysertację, opublikowana w *Int. J. Quantum. Chem.* (cytowana 2 razy) oraz druga, spoza cyklu, opublikowana w *New J. Chem.* (cytowana 3 razy). W kolejnych dwóch latach ukazały się trzy prace opublikowane w *Polyhedron*, *J. Mol. Model.* oraz *J. Mol. Struct.* cytowane łącznie 22 razy. Podsumowując tą część recenzji dotyczącą liczby cytowań publikacji, których współautorem jest Pan mgr Grzegorz Mierzwa, według bazy Web of Science na dzień 7.11.2022r., dane te przedstawiają się następująco: liczba cytowań 5 prac składających się na cykl wynosiła 36 a wszystkich 6 publikacji 39. Natomiast wskaźnik Hirscha wynosił 4.

Podane wskaźniki scjentometryczne są typowe dla osoby starającej się o nadanie stopnia naukowego doktora.

Z racji tego, że Doktorant nie dołączył do przewodnika wykazu osiągnięć naukowych nie dowiedziałem się np. czy brał czynny udział w konferencjach krajowych i/lub międzynarodowych. W związku z tym, liczę na to, że Kandydat poda te informacje podczas publicznej obrony.

W dalszej części recenzji został omówiony przewodnik wraz z załączonymi publikacjami. I tak pierwszą część przewodnika (zaraz po spisie treści) stanowi obszerne wprowadzenie, w którym zarysowany został opis problemu naukowego rozważanego w pracy, jakim było zbadanie natury kowalencyjnych wiązań, w których zaangażowany jest atom boru. Autor słusznie rozpoczyna wstęp od przedstawienia ujęcia wiązania chemicznego wg teorii Lewisa i nakreśla jak istotna we współczesnej chemii jest dyskusja dotycząca tego jakże fundamentalnego pojęcia. Na kolejnych stronach omówione zostały dwie podstawowe teorie używane powszechnie do opisu wiązania chemicznego: teoria orbitali molekularnych oraz teoria wiązań walencyjnych, po czym Autor płynnie przeszedł do krótkiej charakterystyki zastosowanych metod, na które składają się metoda AIM oraz analiza funkcji lokalizacji elektronów (ELF). Ten fragment pracy oceniam wysoko, ponieważ dostarcza istotnych informacji o zastosowanej metodologii.

Kolejne części przewodnika stanowią rozdziały mówiące o celu pracy oraz szczegółach technik obliczeniowych (odpowiednio rozdziały: drugi i trzeci). Cel pracy został sformułowany poprawnie. Autor odwołał się ponownie do opisu wiązania chemicznego wg teorii Lewisa oraz pracy Strauba dotyczącej układów z wiązaniami wielokrotnymi, w których uczestniczy atom boru. Następnie poddał ten opis rzeczowej dyskusji, zadając pytanie o naturę wiązań z atomem boru. Dodatkowo na końcu rozdziału Doktorant sformułował kolejne dwa podstawowe pytania: jedno dotyczące tego jaki jest związek pomiędzy wartościami populacji elektronowych basenów lokalizacyjnych a długością wiązań, oraz drugie brzmiące następująco „Czy rzeczywiście krótsze wiązania tego samego typu mają większe wartości populacji basenów niż wiązania dłuższe?”.

Tego typu rozważania wpisują się w kluczową funkcję uprawiania nauki, którą jest falsyfikacja proponowanych teorii, która często może prowadzić nie tyle do ich obalenia, co do ich wartościowego uzupełnienia. Odnośnie wiązania kowalencyjnego, atom boru jest szczególnie wdzięcznym obiektem do prowadzenia tego typu rozważań, ponieważ jego struktura elektronowa z trzema elektronami walencyjnymi jak i dwoma pustymi orbitalami $2p$ pozwala mu być zarówno donorem jak i akceptorem gęstości elektronowej w tworzonych wiązaniach.

Dlatego też uważam cel pracy za atrakcyjny z punktu widzenia roli badań podstawowych jako sposobu opisu rzeczywistości w skali pojedynczych cząstek. Kolejny rozdział poświęcony detalom technicznym używanych metod został przygotowany właściwie. Zamieszczono w nim wyczerpujące informacje dotyczące wykorzystywanych protokołów obliczeniowych jak i skojarzonego z nimi oprogramowania kwantowo-chemicznego.

Zasadniczą część przewodnika stanowi rozdział „*Results and discussion*” (rozdział nr 4), w którym omówione zostały wyniki badań. W tym fragmencie dość dużą rolę odgrywają odniesienia do prac innych autorów, przez co wyniki opublikowane w pracach, które współtworzył Doktorant przedyskutowane zostały w szerokim kontekście. Jednak co zastanawiające i wymagające

wyjaśnienia podczas publicznej obrony, jednej z własnych prac (chodzi o publikację w *Int. J. Quantum. Chem.*, która jest piątą pracą w cyklu) Autor postanowił w ogóle nie cytować. Nie znalazłem tej pracy nawet w bibliografii. Wracając do opisu przewodnika, kompozycja czwartego rozdziału odnosi się do cyklu wiązania współtworzonego przez atom boru. W ten sposób czytamy po kolei o wiązaniu bor-bor, bor-węgiel, bor-azot, bor-tlen oraz bor-halogen (fluor lub chlor), zatem dokładnie w takiej samej kolejności tematycznej w jakiej występują załączone na końcu przewodnika przedruki artykułów naukowych. Warto dodać, że każdy z tych podrozdziałów zawiera dane dotyczące różnych konfiguracji konkretnych typów wiązań boru. I tak, na przykład w części dotyczącej wiązania B-B, zostało opisane: wiązanie potrójne bor-bor w układach z gazami szlachetnymi, wiązanie podwójne w wybranych układach, pojedyncze w dwuatomowej cząsteczce boru i układach z atomami tlenu, wodoru i fluoru, czy też wiązanie B-B w wieloatomowych strukturach oraz interesujące jednoelektronowe-dwucentrowe wiązanie B·B w rodniku anionowym, którego struktura krystaliczna została oznaczona nazwą kodową w bazie CSD jako „qockie”. Na marginesie muszę zaznaczyć, że słowo „refcode” zamiast pojawić się z objaśnieniem na stronie 19, gdzie Autor po raz pierwszy odwołuje się do struktury krystalicznej z bazy CSD, pojawia się po raz pierwszy dopiero na stronie 43, co może powodować pewną konfuzję.

Podobnie skonstruowany został każdy z dalszych czterech podrozdziałów tej zasadniczej części przewodnika. Należy podkreślić, że każdy z nich został zakończony, krótkim podsumowaniem diskutowanych wyników, co wpłynęło pozytywnie na organizację i czytelność całej pracy.

Przewodnik zwieńczony został 3,5-stronicowymi wnioskami (rozdział piąty – „Conclusions”). Autor rozprawy odnotował, że koncepcja wiązań wielokrotnych boru z atomami tlenu, fluoru oraz chloru nie została potwierdzona przez analizę ELF. Wynika z niej, że elektrony walencyjne w tych wiązaniach są raczej zlokalizowane w obrębie niewiążących basenów (wolnych par elektronowych) aniżeli w obszarze typowym dla wiązania chemicznego. Niewątpliwie wyniki te można uznać za jedno z najważniejszych w recenzowanej rozprawie.

Cały 60-stronicowy przewodnik zawierający 19 rysunków, 9 tabel oraz 151 odnośników literaturowych sprawia pozytywne wrażenie i stanowi dobry wstęp przed lekturą artykułów składających się na cykl publikacyjny Doktoranta.

W publikacji otwierającej cykl (*J. Mol. Struct.*, 2020, 1221, 128530) omówiona została natura wiązań bor-bor o różnej krotności (pojedyncze, podwójne, potrójne), także z uwzględnieniem jednoelektronowego wiązania B·B w wybranych 23 układach molekularnych. Ujęcie jakie zastosowali Autorzy polegało na topologicznej analizie gęstości elektronowej realizowanej za pomocą metod ELF i QTAİM. Do optymalizacji badanych układów użyto metody sprzężonych klasterów ze wzbudzeniami potrójnymi CCSD(T) oraz metody DFT(M062X) wraz z bazami funkcyjnymi typu triple-zeta aug-cc-pVTZ oraz 6-311+G(d,p). Metody zastosowane w pracy

posłużyły do dyskusji na temat rzeczywistej struktury elektronowej badanych systemów, zwłaszcza w odniesieniu do dotychczas proponowanych wzorów Lewisa oraz teorii orbitali molekularnych. Autorzy wykazali, że w wiązaniu potrójnym B-B populacja basenów odpowiadających atraktorom disynaptycznym $V(B,B)$ wynosiła w granicach od 4.7 do 5.8e, w podwójnym ok. 4e, a w pojedynczym nieznacznie odbiegała od 2e. W ten sposób badania te częściowo potwierdziły klasyczny opis struktury elektronowej tych wiązań, z zastrzeżeniem, że jednoznaczne klasyfikowanie ich jako pojedynczych lub podwójnych powinno być stosowane ostrożnie, w oparciu o struktury rezonansowe. W anionie rodnikowym $B\cdot B$ występującym w układzie, którego struktura krystaliczna została zdeponowana w bazie CSD pod nazwą kodową „qockie” analiza ELF zasugerowała fluktuację gęstości elektronowej w obrębie tego wiązania. Według Autorów opis tego wiązania lepiej byłby odzwierciedlony gdyby zastosować struktury rezonansowe: B^+B^- , B^-B^+ aniżeli używając opisu takiego, jak: B-B lub $B\cdot B$, choćby ze względu na wartość średniej populacji elektronowej basenu lokalizacyjnego $V(B,B)$ wynoszącą 0.38e, a zatem znacznie mniej niż spodziewana wartość 1e. Autorzy w tej pracy wykazali również korelację pomiędzy populacjami basenów a częstościami drgań rozciągających wiązania B-B, jak również zgodność rezultatów uzyskanych dla tych samych kompleksów za pomocą różnych metod chemii kwantowej, co wskazuje na to, że metoda ELF jest stosunkowo „stabilna” dając podobne wyniki bez względu na zastosowany poziom teorii.

W drugiej publikacji (*Polyhedron* 2019, 170, 180–187) zostały opisane ideowo zbliżone badania teoretyczne układów z wiązaniem B-C, ponownie o różnej krotności (od pojedynczego do potrójnego) bazując na zestawie 19 modelowych układów. Autorzy konsekwentnie zastosowali te same metody obliczeniowe CCSD(T) oraz M062X dodatkowo używając również do optymalizacji struktur badanych układów metody MP2. Praca wpisuje się w uprawianą przez Autorów dyskusję nad fundamentalnymi kwestiami dotyczącymi opisu wiązania chemicznego w oparciu o analizę topologiczną ELF. Warto wspomnieć o niewątpliwiej zalecie tej analizy polegającej na tym, że jest ona wolna od arbitralnego wyboru orbitali molekularnych co umożliwia precyzyjne określenie formalnej krotności wiązania. W omawianej pracy rezultaty wskazały na obecność jednego lub dwóch atraktorów i ich basenów disynaptycznych $V(B,C)$ w każdym z badanych przypadków, a co za tym idzie charakteru tych wiązań jako kowalencyjnych, spolaryzowanych w kierunku bardziej elektroujemnego atomu węgla. Populacja basenu dla wiązania $B\equiv C$ wynosiła pomiędzy 5.16 i 5.46e, wiązania $B=C$ między 3.52 i 4.58e oraz pojedynczego wiązania B-C w granicach 2e. Nieco mniejsza niż spodziewana wartość tej populacji została wyjaśniona jako efekt przemieszczenia się niewielkiej części gęstości elektronowej do niewiążących basenów $V(B)$ i $V(C)$. Godne podkreślenia jest to, że w dyskutowanej pracy modele teoretyczne zostały opracowane w oparciu o struktury krystaliczne zdeponowane w bazie CSD.

Kolejna z prac (*J. Mol. Model.*, 2020, 26, 136) dowodzi spójności całego cyklu składającego się na rozprawę doktorską. Tym razem Autorzy stosując zbliżoną metodologię badawczą pochylili się nad zagadnieniem natury wiązania B-N. Obiektem rozważań było 25 układów molekularnych wyłonionych po wcześniejszej analizie struktur eksperymentalnych (znaleziono w bazie CSD ponad 48 000 struktur krystalicznych zawierających motyw strukturalny B-N, gdzie odległość między odpowiednimi atomami wahała się od 1.230 do 2.319 Å). Wyniki analizy statystycznej dotyczącej znalezionych struktur przedstawiono w bardzo klarowny sposób, a mianowicie w formie histogramu. W tej pracy jako metody obliczeniowe zastosowano następujące funkcjonały DFT: B3LYP, M062X, ω B97X-D czy B97D3 razem z bazami funkcyjnymi 6-311+G(d,p), 6-311++G(2d,2p) oraz aug-cc-pVTZ. Aby skonfrontować wyniki uzyskane za pomocą analizy ELF z powszechnie używanymi podejściami teoretycznymi, dokonano także analizy AIM oraz NBO. Jako jedno z ciekawszych odkryć zaprezentowanych w tej publikacji należy wymienić niezwykle złożoną analizę wiązania potrójnego B $\equiv$ N. Zarówno analiza ELF jak i baderowska analiza AIM wykazały, że tego wiązania nie należy utożsamiać z klasycznym wiązaniem potrójnym znajdującym np. w cząsteczce etynu. W przypadku zbadanych czterech układów, indeks delokalizacji otrzymany z analizy AIM był dużo niższy niż oczekiwana wartość 3 i wynosił od 0.85 do 1.28. Analiza ELF wskazała ponad 90% wkład gęstości elektronowej atomu N do populacji basenu lokalizacyjnego V(B,N). Stąd Autorzy wyprowadzili słuszną konkluzję, iż to wiązanie ma naturę koordynacyjną i jako takie wiązanie powinno być klasyfikowane. Podobnie w przypadku wiązań B-N o niższych krotnościach zauważono silną polaryzację gęstości elektronowej w kierunku azotu. Analiza wartości średnich populacji elektronowych basenów lokalizacyjnych V(B,N) w zdecydowanej większości wykazała zgodność wyników analizy ELF z klasyczną koncepcją wiązań wielokrotnych. W niektórych przypadkach Autorzy sugerują aby dla układów o wartości średnich populacji ok. 3e raczej stosować do opisu wiązania struktury rezonansowe, zatem B-N, B $\equiv$ N.

Czwarta publikacja (*Comp. Theor. Chem.* 2015, 1053, 130–141) zajmuje się opisem oddziaływania bor-tlen na bazie 16 wybranych systemów molekularnych. Wyniki zamieszczone w tej pracy pokazują, że wiązanie pojedyncze B-O charakteryzuje się największym zróżnicowaniem w całej rodzinie wiązań z udziałem boru rozpatrywanych w niniejszym cyklu publikacyjnym. Według teorii Lewisa można wyróżnić cztery rodzaje pojedynczego wiązania bor-tlen: (i) klasyczne pojedyncze wiązanie B-O, (ii) będące mieszaniną hybryd jonowych B-O, B⁺O⁻, (iii) z niewielkim udziałem wiązania koordynacyjnego O $\rightarrow$ B oraz (iv) typ wiązania z dużym udziałem wiązania koordynacyjnego O $\rightarrow$ B. Badania teoretyczne wykonane kilkoma metodami (B3LYP, M062X, ω B97X-D, MP2, CCSD-T) wykazały dla wszystkich przypadków znaczącą polaryzację tego wiązania w kierunku atomu tlenu (indeks polarności wynosił od 0.77 do 0.89), co implikuje konieczność nazywania tego wiązania jako kowalencyjne spolaryzowane. Analiza ELF wskazała

również na duże niespójności związane z kategoryzacją wiązania potrójnego bor-tlen. Populacja basenów $V(B,O)$ osiągała maksymalne wartości wynoszące zaledwie 3.5e, zatem obecność potrójnego wiązania jest na podstawie analizy ELF silnie wątpliwa. Autorzy proponują, aby opisywać taki typ wiązania jako „zubożone” wiązanie podwójne (*depleted double bond*), w którym różnica między elektroujemnościami obu atomów bierze górę nad regułą oktetu. Pokazanie tego wiązania z innej perspektywy niż dotychczas znana wydaje się kolejnym istotnym osiągnięciem uzyskanym przez Doktoranta.

Ostatnia z prezentowanych w cyklu publikacji (*Int. J. Quantum. Chem.* 2018, 118, e25781), opisuje brakujący element układanki, a mianowicie opis natury wiązania bor-halogen (gdzie atom halogenu to atom fluoru lub chloru). Tym razem Autorzy przebadali 26 modelowych układów, których wybór zainspirowany był wynikami przeszukania bazy CSD. Optymalizacji struktur i wygenerowania funkcji falowej do analizy ELF dokonano przy użyciu szeregu metod DFT oraz metod CCSD(T) i MP2. Uzyskane rezultaty silnie korelują z tymi opisywanymi w poprzedniej publikacji. Wiazania B-F i B-Cl o podwójnej i potrójnej krotności nie zostały potwierdzone przez analizę ELF, jako że uzyskane wartości średnich populacji elektronowych basenów lokalizacyjnych disynaptycznych $V(B,F)$ i $V(B,Cl)$ były niższe niż te sugerowane przez opis w teorii Lewisa. Dla przykładu układy z wiązaniem B-Cl o formalnej krotności 1, 2 lub 3 osiągały maksymalną wartość populacji wynoszącą niespełna 2e. Podobna sytuacja została zaobserwowana w przypadku wiązania B-F. Oba te typy wiązań cechowały się, zgodnie z metodologią ELF wysoką polarnością. Indeksy polarności kształtowały się w zakresie 0.81-0.89 dla układów B-F oraz 0.71-0.81 dla układów B-Cl. Symptomatyczne były również wartości udziału atomów halogenu (X) w gęstości elektronowej basenów $V(B,X)$, które wynosiły w okolicach 80-90%. Przytoczone tutaj konkretne wartości liczbowe dotyczą wyników uzyskanych metodą CCSD, jednak warto podkreślić, że różnice pomiędzy rezultatami uzyskanymi różnymi metodami obliczeniowymi nie wprowadziły żadnych zmian jakościowych w końcowym obrazie. Niezwykle skrupulatna i wyczerpująca analiza tych układów niewątpliwie rzuca nowe światło na opis natury wiązania bor-atom halogenu.

Kolejna część recenzji dotyczy uwag szczegółowych.

W przewodniku Autor nie ustrzegł się pewnych błędów, które z recenzenckiego obowiązku jestem zobligowany nadmienić:

- 1) Numeracja rysunków rozpoczyna się od numeru 3.
- 2) Brak numeracji wzorów.
- 3) Na wykresach przedstawiających zależności pomiędzy wartościami średnimi populacji elektronowych odpowiednich basenów lokalizacyjnych a długościami dyskutowanych wiązań pomiędzy atomami nie podano równań linii trendu jak i wartości współczynników korelacji R^2 .

- 4) Na str. 22 Autor napisał, że w Tabeli 1 oprócz wartości średnich populacji elektronowych basenów lokalizacyjnych znajdują się inne parametry topologiczne uzyskane w wyniku analizy metody funkcji lokalizacji elektronów. Takowych jednak tam nie znalazłem.
- 5) Na str. 29 pojawiają się cytowania w nawiasach okrągłych, które prawdopodobnie znalazły się tam niezamierzenie.
- 6) Omawiając wybrane układy z pojedynczym wiązaniem B-N (str. 35) wspomniano, że każde wiązanie reprezentowane jest przez disynaptyczne lub monosynaptyczne baseny walencyjne. Nie znalazłem w tym rozdziale jednak informacji na temat tych drugich.

Przechodząc do podsumowania pragnę zaznaczyć, że powyższe uwagi nie mają wpływu na moją pozytywną ocenę przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej. Wysoko oceniam zarówno wkład pracy Doktoranta w przeprowadzone badania naukowe jaki poziom tych badań, których wyniki zostały opublikowane w pięciu artykułach naukowych w renomowanych czasopismach, a w sposób skrócony przedstawione w przewodniku do cyklu publikacji. Stwierdzam, że przedstawiona przez Pana mgr. Grzegorza Mierzwę rozprawa doktorska zatytułowana „*Quantum chemical topology investigation of the nature of boron chemical bonds*” spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789 z późniejszymi zmianami) i z pełnym przekonaniem wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. Grzegorza Mierzwy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. Wiktor Zierkiewicz, prof. PWr.