Uniwersytet w Siedlcach

Instytut Nauk Chemicznych
Wydział Nauk Ścisłych i Przyrodniczych
dr hab. Anna Kamecka
profesor uczelni

08-110 Siedlce, ul. 3-go Maja 54, pok. 118, 643 1097 e-mail:anna.kamecka@uws.edu.pl

Siedlce, 4 sierpnia 2025 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Jankowskiej
pt. *Nowe związki cynku(II) i miedzi(II), ich charakterystyka i zastosowanie do otrzymywania nowych materiałów o właściwościach fluorescencyjnych*

Informacje o pracy oraz ocena strony formalnej

Przedłożona do recenzji praca doktorska Pani mgr Dominiki Jankowskiej została przygotowana pod opieką naukową promotora Pani dr hab. Magdaleny Barwiołek, prof. UMK na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Zasadniczą część ocenianej rozprawy doktorskiej, zgodnie z art. 187 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz. U. z 2024 poz. 1571 ze zm.) stanowi zbiór pięciu opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, które wraz z materiałami dodatkowymi zostały zamieszczone na stronach 103-257 rozprawy (łącznie 155 stron). Wszystkie artykuły zostały poddane procedurze recenzyjnej w procesie wydawniczym. Artykuły te zostały opublikowane w latach 2021 - 2025 w wysoko punktowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym: *RSC Advances*, *Molecules*, *Polyhedron*, *International Journal of Molecular Sciences*, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Wszystkie wymienione czasopisma są przypisane do dyscypliny nauki chemiczne, zgodnie z klasyfikacją Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, oraz są indeksowane w bazach Scopus lub Web of Science. Łączny współczynnik oddziaływania (Impact Factor) czasopism, w których opublikowano prace wchodzące w skład rozprawy, wynosi około 21 (zgodnie z rokiem publikacji). Publikacje te były cytowane 21 razy (z wyłączeniem autocytowań), natomiast indeks Hirscha Doktorantki wynosi 3. Wszystkie publikacje powstały we współautorstwie z promotorką oraz innymi badaczami z kraju i z zagranicy. W czterech z nich mgr Dominika Jankowska figuruje jako druga autorka, a w jednej – jako pierwsza. Noty redakcyjne zamieszczone w artykułach oraz oświadczenia Doktorantki i współautorów, znajdujące się na ostatnich 29 stronach rozprawy (strony 258–286), wskazują na istotny i samodzielny wkład Doktorantki w przygotowanie wszystkich zawartych w rozprawie prac. Jej udział obejmował syntezę ligandów makrocyklicznych typu [2+2] oraz [3+3], ligandów benzimidazolowych modyfikowanych różnymi podstawnikami,

a także kilku makrocyklicznych kompleksów cynku(II) oraz miedzi(II). Doktorantka dokonała charakterystyki fizykochemicznej i strukturalnej otrzymanych ligandów i związków koordynacyjnych oraz przeprowadziła badania ich właściwości fluorescencyjnych — zarówno w roztworach, jak i w ciele stałym. Ponadto opracowała warunki depozycji cienkich warstw z wykorzystaniem metody powlekania wirowego oraz scharakteryzowała otrzymane materiały za pomocą metod mikroskopowych AFM oraz SEM-EDS. Udział Doktorantki obejmował również współtworzenie merytorycznej koncepcji prac i redagowanie manuskryptów publikacji. Taki zakres zaangażowania świadczy o wysokim poziomie samodzielności badawczej oraz o ugruntowanym doświadczeniu laboratoryjnym i znajomości nowoczesnych technik badawczych Doktorantki. Potwierdza również, że Doktorantka potrafi adaptować istniejącą metodykę i metodologię, aby skutecznie realizować postawione cele.

Przedstawiony zbiór anglojęzycznych artykułów naukowych poprzedzony jest autoreferatem opracowanym w języku polskim, który wraz z bibliografią obejmuje 81 stron (strony 10–90). Autoreferat zawiera wszystkie zasadnicze elementy charakterystyczne dla tego typu opracowania. Składa się z następujących rozdziałów: *Wprowadzenie*, *Cele pracy badawczej*, *Część eksperymentalna*, *Wyniki oraz ich dyskusja*, *Uwagi końcowe i wnioski*, *Najważniejsze osiągnięcia*, a także rozdział *Perspektywy – rozwój badań*. Autoreferat został poprzedzony wykazem skrótów, spisem treści oraz streszczeniami w języku polskim i angielskim, a jego końcową część stanowi bibliografia obejmująca cytowaną literaturę naukową. W mojej opinii przedstawiona do oceny praca doktorska zawiera wszystkie elementy wymagane dla rozprawy przygotowanej w formie zbioru powiązanych tematycznie artykułów naukowych.

Wartość naukowa i merytoryczna pracy

W dobie nieustannego postępu technologicznego oraz rosnących oczekiwań konsumentów wobec jakości obrazu, technologia OLED zyskuje coraz większe znaczenie. Jej unikalna zdolność do generowania głębokiej czerni, większy kontrast, szeroki zakres barw i energooszczędność czyni ją jednym z najważniejszych kierunków rozwoju w dziedzinie wyświetlaczy. Pomimo, że początki technologii OLED sięgają połowy XX wieku, nie jest to wciąż technologia doskonała, gdyż posiada szereg ograniczeń związanych m.in. z dostępnością materiałów o wysokiej wydajności i trwałości. Dlatego prowadzenie systematycznych badań nad poszukiwaniem materiałów spełniających określone wymagania fizykochemiczne, optyczne i elektroniczne jest nie tylko uzasadnione, ale wręcz niezbędne dla dalszej ewolucji tej technologii i jej zastosowań w różnych dziedzinach – od elektroniki użytkowej po medycynę. W tym kontekście badania podjęte przez Doktorantkę doskonale wpisują się w nurt badań prowadzonych w kraju i za granicą, są aktualne i stanowią istotny wkład w rozwój chemii materiałów. Jednakże tytuł rozprawy wydaje się być zbyt zawężony, gdyż sugeruje, że praca koncentruje się wyłącznie na badaniu właściwości związków koordynacyjnych cynku(II) i miedzi(II). Tymczasem w rozprawie znajduje się również istotna część

poświęcona charakterystyce samych makrocyklicznych zasad Schiffa oraz ligandów benzimidazolowych, co nie znajduje odzwierciedlenia w obecnym tytule.

Rozprawa doktorska rozpoczyna się dość obszernym *Wprowadzeniem* (17 stron) podzielonym na kilka podrozdziałów, które w sposób przystępny wprowadzają czytelnika w tematykę pracy i uzasadniają potrzebę prowadzenia tego typu badań naukowych. W mojej ocenie podrozdział 1.1.1 jest zbędny, gdyż zawiera jedynie podstawowe informacje dotyczące wpływu różnych czynników na właściwości fluorescencyjne związków chemicznych, zaczerpnięte z ogólnodostępnych podręczników akademickich. Treści te mają charakter elementarny i nie wnoszą istotnej wartości merytorycznej do rozprawy. W dalszych częściach *Wprowadzenia* (podrozdziały 1.1.2–1.1.4) Doktorantka syntetycznie charakteryzuje makrocykliczne zasady Schiffa oraz ligandy benzimidazolowe, a także makrocykliczne kompleksy z jonami Zn(II) i Cu(II), stanowiące główny przedmiot badań opisanych w pracy. Kompleksy te zostały przedstawione głównie w kontekście ich otrzymywania, właściwości luminescencyjnych oraz potencjalnych zastosowań, co stanowi wartościowe tło dla dalszych rozdziałów. W kolejnych podrozdziałach Autorka omawia również zastosowania związków wykazujących właściwości fluorescencyjne w nowoczesnych urządzeniach optoelektronicznych, takich jak diody OLED czy sondy fluorescencyjne, co pozwala na osadzenie prowadzonych badań w szerszym kontekście aplikacyjnym. Warto podkreślić, że Autorka odwołuje się do bogatej bazy literaturowej – w samym wprowadzeniu zacytowano 108 pozycji, z których zdecydowana większość to oryginalne publikacje naukowe, aktualne i opublikowane w ciągu ostatnich 10 lat. Dodatkowym atutem tej części pracy jest umieszczenie 9 rysunków, które zawierają wzory omawianych ligandów i kompleksów, a także schematy reakcji i procesów. Ilustracje te znacząco ułatwiają odbiór treści, poprawiają przejrzystość narracji i dobrze wizualizują omawiane zagadnienia. Niewielkie uchybienie stanowi fakt, że w tekście *Wprowadzenia* wielokrotnie – i niekiedy kilkukrotnie – definiowane są te same skróty, mimo że zostały one już jasno wyjaśnione w *Wykazie skrótów*, zamieszczonym przed rozpoczęciem części zasadniczej rozprawy. Powtórzenia te są zbędne i nieco obniżają spójność oraz płynność lektury.

Przedstawione na stronie 27 rozprawy *Cele pracy badawczej* zostały podzielone na cele główne oraz cele szczegółowe. Cele główne obejmują kilka obszarów badawczych. Doktorantka zalicza do nich: syntezę określonych ligandów, takich jak makrocykliczne zasady Schiffa oraz ligandy benzimidazolowe; syntezę makrocyklicznych związków koordynacyjnych miedzi(II) i cynku(II); pełną charakterystykę strukturalną, fizykochemiczną i optyczną zsyntezowanych związków; wytworzenie cienkich warstw z otrzymanych związków chemicznych przy jednoczesnej optymalizacji warunków nanoszenia z wykorzystaniem metody powlekania wirowego „spin coating" oraz metody termicznego osadzania z fazy gazowej; analizę morfologii i struktury uzyskanych cienkich warstw; a także zastosowanie wybranych ligandów i związków kompleksowych jako materiałów aktywnych w strukturach OLED oraz ocenę ich wpływu na parametry pracy urządzenia. W ramach celów szczegółowych Doktorantka postawiła sobie za zadanie m.in.: przeanalizowanie

zależności pomiędzy strukturą otrzymanych związków a ich właściwościami; ocenę wpływu rodzaju jonu metalu na stabilność i właściwości fizykochemiczne zsyntezowanych związków kompleksowych; analizę poziomów energetycznych HOMO i LUMO oraz symulację widm z wykorzystaniem metody DFT; a także poprawę wydajności i stabilności struktur OLED poprzez odpowiednią modyfikację strukturalną badanych związków. Przedstawione cele badawcze zostały sformułowane w sposób jasny, logiczny i ambitny. Obejmują szerokie spektrum zagadnień - od syntezy związków chemicznych, przez ich zaawansowaną charakterystykę z wykorzystaniem różnych metod badawczych, aż po praktyczne zastosowania w nowoczesnych technologiach optoelektronicznych. Świadczy to o kompleksowym i interdyscyplinarnym podejściu do tematu badań oraz wysokim poziomie merytorycznym podjętych zadań badawczych. Należy podkreślić, że podjęte cele są nie tylko ambitne, ale również aktualne z punktu widzenia rozwoju nowoczesnych materiałów funkcjonalnych. Szczególnie wartościowa jest próba powiązania właściwości strukturalnych badanych związków z ich praktycznym zastosowaniem w urządzeniach OLED, co nadaje pracy zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny.

W przedstawionej na dwóch stronach (strony 30–31) *Części eksperymentalnej* autoreferatu Doktorantka wymieniła ligandy i związki koordynacyjne otrzymane w ramach przeprowadzonych syntez oraz wypunktowała zrealizowane zadania badawcze. Część z tych prac została wykonana we współpracy z badaczami z kilku krajowych ośrodków naukowych, co świadczy o jej wysokiej aktywności w środowisku naukowym. Jedno z zadań badawczych, dotyczące syntezy nowego materiału kompozytowego pełniącego funkcję sondy fluorescencyjnej selektywnie reagującej na jony cynku(II) i magnezu(II), zostało przez nią zrealizowane podczas stażu zagranicznego w Instytucie Fizyki Atomowej i Spektroskopii Uniwersytetu Łotewskiego w Rydze, we współpracy z zespołem dr. Romana Vitera. Dowodzi to, że Doktorantka nabyła umiejętność podejmowania efektywnej współpracy naukowej, co umożliwiło jej poszerzanie interdyscyplinarnego charakteru prowadzonych badań we współpracy z zespołami badawczymi zarówno w środowisku krajowym, jak i międzynarodowym.

Rozdział zatytułowany *Wyniki oraz dyskusja*, obejmujący 28 stron (strony 31-59), Autorka podzieliła na dwie części tematyczne: strukturalno-spektroskopową oraz aplikacyjną. W pierwszej z nich Doktorantka przedstawiła w sposób schematyczny syntezę ligandów i związków kompleksowych, a także omówiła wyniki rentgenowskiej analizy strukturalnej tych związków. W odniesieniu do badań spektroskopowych ograniczyła się do charakterystyki właściwości fluorescencyjnych badanych związków, jako najbardziej istotnych z punktu widzenia tematyki rozprawy. Część strukturalno-spektroskopową zakończyła zwięzłą prezentacją właściwości fluorescencyjnych cienkich warstw ligandów makrocyklicznych i benzimidazolowych oraz kompleksów makrocyklicznych otrzymanych za pomocą metody powlekania wirowego lub termicznego osadzania z fazy gazowej. Uważam, że jest to podejście uzasadnione, ponieważ pozostałe dane spektroskopowe, potwierdzające skład chemiczny i czystość badanych związków, jak również szczegóły eksperymentalne dotyczące przeprowadzonych badań, zostały

opublikowane w artykułach naukowych stanowiących integralną część rozprawy. W tej części Doktorantka odwołuje się do siedmiu publikacji, jednak pojawia się tu pewna nieścisłość – dwie z nich, oznaczone numerami 6 i 7, nie zostały załączone do rozprawy. Co prawda, na stronie 29 Autorka wymienia te prace, informując, że znajdują się w recenzji (praca oznaczona numerem 7 została w międzyczasie opublikowana), niemniej jednak ich brak w materiałach źródłowych zawartych w pracy znacznie utrudnia ocenę prezentowanych wyników. W szczególności dotyczy to omówienia właściwości fluorescencyjnych ligandów benzimidazolowych oznaczonych jako B1, B2 oraz B3, zawartego na stronach 43 i 45, oraz ich zastosowania w diodach OLED, przedstawionego w części aplikacyjnej na stronach 56-58 rozprawy. W konsekwencji, dyskusja w tych fragmentach rozprawy staje się powierzchowna i trudna w odbiorze. Z kolei dyskusja dotycząca pozostałych związków oraz wyników badań powiązanych z publikacjami oznaczonymi numerami od 1 do 5 jest wystarczająco szczegółowa, rzeczowa i nie budzi większych zastrzeżeń. Pokazuje również, że Doktorantka potrafi opracowywać i interpretować wyniki badań w konfrontacji z aktualną literaturą naukową, dokonywać ich krytycznej analizy i oceny, rozwiązywać złożone problemy badawcze, a także określać potencjał aplikacyjny uzyskanych rezultatów.

Rozdział zatytułowany *Uwagi końcowe i wnioski* (strony 60–70) zawiera podsumowanie oraz najważniejsze wnioski z przeprowadzonych badań, zestawione w punktach w sposób zwięzły i syntetyczny. Podsumowanie i wnioski zostały przedstawione w logicznym porządku i z konsekwencją, odpowiadając układowi wcześniejszej dyskusji.

Przedstawiony przez Doktorantkę materiał badawczy jest znaczący i zróżnicowany. Do najważniejszych osiągnięć uzyskanych w trakcie realizacji zadań badawczych, składających się na recenzowaną rozprawę doktorską, należy zaliczyć:

1. Otrzymanie interesujących ligandów i związków kompleksowych, w tym: dwóch makrocyklicznych wielodonorowych ligandów (zasad Schiffa) typu [2+2], dwóch ligandów typu [3+3], pięciu ligandów benzimidazolowych, zawierających podstawniki o zróżnicowanych efektach elektronowych i sterycznych, a także dwóch makrocyklicznych homodijądrowych kompleksów miedzi(II) oraz dwóch makrocyklicznych homodijądrowych kompleksów cynku(II); przeprowadzenie ich charakterystyki strukturalnej i spektroskopowej oraz zbadanie właściwości emisyjnych w roztworach i ciele stałym;
2. Opracowanie i optymalizacja warunków osadzania cienkich warstw metodą powlekania wirowego (spin-coating, SC) lub metodą termicznego osadzania z fazy gazowej (TVD), umożliwiających uzyskanie jednorodnych cienkowarstwowych materiałów; szczegółowa charakterystyka uzyskanych cienkich warstw z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM/EDS), mikroskopii sił atomowych (AFM) oraz spektroskopii fluorescencyjnej;
3. Wykazanie potencjału aplikacyjnego uzyskanych wyników poprzez zastosowanie ligandów benzimidazolowych jako warstwy emisyjnej w skonstruowanych diodach OLED;

4. Syntezę nowego kompozytu fluorescencyjnego ZnOnf-L1, zawierającego ligand benzimidazolowy oznaczony w pracy jako L1 – materiału o potencjalnym zastosowaniu jako sonda fluorescencyjna – oraz określenie jego właściwości sensorycznych względem wybranych jonów metali.

Warto pozytywnie ocenić decyzję Doktorantki o zamieszczeniu w rozprawie rozdziału zatytułowanego *Perspektywy – rozwój badań*. Tego typu uzupełnienie, choć nieobowiązkowe, świadczy o dojrzałości naukowej Autorki oraz jej świadomym podejściu do kontynuacji prac badawczych. Umiejętność zaprezentowania dalszego kierunku badań, poparta już uzyskanymi wstępnymi wynikami, potwierdza, że Doktorantka nie traktuje rozprawy jako zamkniętego etapu, lecz jako element szerszego projektu badawczego. Wskazuje to również na zdolność samodzielnego planowania i przewidywania kolejnych etapów pracy naukowej. Zamieszczone w tym rozdziale dane, dotyczące właściwości diod OLED zawierających makrocykliczne ligandy w warstwie emisyjnej oraz fotofizycznych właściwości nowych kompleksów Zn(II) i Cu(II), świadczą o ciągłości prowadzonych badań oraz podkreślają potencjał aplikacyjny dotychczasowych rezultatów. Tego rodzaju rozdział wzbogaca pracę, nadając jej szerszy kontekst oraz potwierdzając samodzielność i zaangażowanie Doktorantki w rozwój wybranej tematyki badawczej.

W trakcie lektury recenzowanej rozprawy doktorskiej nasunęły mi się pewne pytania/zagadnienia do dyskusji:

1. Dlaczego w pracy przedstawiono kompleksy Zn(II) i Cu(II) wyłącznie z ligandami makrocyklicznymi? Czy podejmowano próby otrzymania kompleksów tych metali z ligandami benzimidazolowymi, a jeśli nie – z czego wynikała rezygnacja z ich syntezy? Czy Doktorantce znane są z literatury kompleksy Cu(II)/Zn(II) z ligandami benzimidazolowymi i jakie właściwości spektroskopowe oraz luminescencyjne wykazują te kompleksy?
2. Na rysunku 10 przedstawiono schemat syntezy, z którego wynika, że w reakcji kondensacji 2-hydroksy-5-metylo-1,3-benzenodikarboaldehydu z o-fenylenodiaminą powstają dwa różne ligandy: makrocykliczny oraz benzimidazolowy. W publikacji oznaczonej w pracy numerem 2 podano, że w wyniku kondensacji równomolowych ilości substratów w roztworze metanolu otrzymano ligand makrocykliczny z wydajnością 50%, natomiast w publikacji oznaczonej numerem 3 – że w takich samych warunkach powstaje ligand benzimidazolowy z wydajnością 30%. Jak należy rozumieć te różnice w uzyskiwanych produktach? Jaki jest mechanizm tej reakcji oraz w jaki sposób przebiega izolacja, oczyszczanie lub ewentualny rozdział otrzymanych związków?
3. Na stronach 44 i 45 rozprawy Doktorantka omawia właściwości fluorescencyjne ligandów benzimidazolowych oznaczonych jako L1B, L2B oraz L1. Zwraca uwagę, że widma emisji tych związków, zarejestrowane w stanie stałym, wykazują przesunięcie batochromowe względem widm zarejestrowanych w roztworze. Jako przyczynę przesunięcia wskazano

oddziaływania π–π pomiędzy płaskimi pierścieniami aromatycznymi w cząsteczkach. Proszę o rozwinięcie tego zagadnienia i wyjaśnienie, dlaczego obecność oddziaływań π-π prowadzi do przesunięcia pasm emisji w widmach fluorescencyjnych.

4. W Tabeli 1 na stronie 53 rozprawy Doktorantka zestawiła dane dotyczące pasm emisji cienkich warstw ligandów makrocyklicznych, benzimidazolowych oraz kompleksów makrocyklicznych. W przypadku niektórych związków widma emisji zostały zarejestrowane przy różnych długościach fal wzbudzenia, natomiast w przypadku innych – tylko przy jednej. Proszę o wyjaśnienie, czym podyktowany był wybór długości fali wzbudzenia w poszczególnych przypadkach. Dodatkowo, w tej samej tabeli odnotowano brak emisji dla cienkiej warstwy liganda oznaczonego jako B1. Proszę o omówienie możliwych przyczyn wygaszenia emisji w przypadku tego związku.
5. Na stronie 65 rozprawy Doktorantka sformułowała wniosek: „Ligandy B2 oraz B3 wykazują podobny czas zaniku luminescencji ok. 1,7 ns. Szybki czas rozpadu podkreśla znaczenie procesów nieradiacyjnych." Druga część tego stwierdzenia wydaje się nie do końca jasna i może stanowić zbyt duży skrót myślowy. Proszę Doktorantkę o doprecyzowanie i rozwinięcie tego wniosku.

W pracy znajduję niewielką liczbę błędów językowych, interpunkcyjnych oraz redakcyjnych, o których – zgodnie z obowiązkiem recenzenta – wspominam, lecz jako nieistotne dla meritum pracy pozwalam sobie je pominąć. Doktorantka posługuje się poprawną terminologią, z wyjątkiem kilku niefortunnych sformułowań. Drobne uwagi zamieszczam poniżej:

- W *Wykazie skrótów* skróty ICT oraz ILCT zostały zdefiniowane identycznie. Zwracam uwagę, że nie są to pojęcia tożsame. Zalecam większą precyzję terminologiczną w przyszłości, aby unikać niejasności w kolejnych publikacjach czy innych pracach naukowych;
- Odsyłacz nr 115 zamieszczony na stronie 40 wydaje się nieuzasadniony, ponieważ w tekście nie wskazano, do jakich konkretnych treści lub danych z cytowanej publikacji się odnosi;
- Zastosowanie dwóch różnych oznaczeń – L1B i B3 – dla tego samego liganda jest mylące, zwłaszcza w kontekście porównania właściwości poszczególnych związków w różnych częściach pracy;
- W podpisie rysunku 13 na stronie 46 rozprawy wskazano odniesienie do artykułu oznaczonego jako [5], jednakże prawidłowe odniesienie powinno być do artykułu oznaczonego jako [7];
- W podpunktach b na stronach 67 i 70 rozprawy zamieszczono odniesienie do artykułu oznaczonego jako [5], jednakże prawidłowe odniesienie powinno być do artykułu oznaczonego jako [4];

- w pracy występuje kilka niefortunnych sformułowań, np. str. 13: „...nisko położony stan wzbudzony....", str. 18: „.....Związki na bazie 2,6-dimetylo-4-R-fenolu oraz X-aminy stanowią dobrą bazę do syntezy....", str. 23: „Diody OLED ulegają różnego rodzaju modyfikacjom", str. 33 „Wydajność ligandów bezimidazolowych plasowała się na poziomie....", str. 45 „Związki charakteryzujące się szeroką emisją...", str. 67 „..., co zmniejsza nieradiacyjny kanał rozpadu w stanie wzbudzonym...";
- W bibliografii zauważalne są niekonsekwencje dotyczące podawania numerów stron — niektóre odsyłacze zawierają tylko pierwszą stronę (np. 2, 10, 94), inne podają zakres stron (np. 8, 11, 15), a w niektórych brak jest numerów stron całkowicie (np. 6, 12, 107). Ponadto w odsyłaczu 115 podano błędny rok publikacji. Dodatkowo akronimy czasopism naukowych są podawane nieregularnie — czasem z kropkami (np. 5, 7, 8), a czasem bez nich (np. 3, 4, czy 6). Format bibliografii powinien być ujednolicony zgodnie z obowiązującymi standardami.

Pomimo wspomnianych powyżej uwag i zastrzeżeń, uważam, że pani mgr Dominika Jankowska przygotowała interesującą i aktualną pracę doktorską. Dużym atutem przedstawionej do recenzji pracy jest wyraźny charakter aplikacyjny podejmowanego problemu badawczego.

Do rozprawy doktorskiej został dołączony szczegółowy życiorys naukowy Doktorantki, który świadczy o jej aktywnym zaangażowaniu w działalność naukową, projektową oraz organizacyjną w trakcie całego okresu kształcenia w Szkole Doktorskiej Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Academia Scientiarum Thoruniensis. W zakresie działalności publikacyjnej Doktorantka jest autorką sześciu artykułów naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym; kolejne dwie prace znajdują się obecnie w procesie recenzyjnym. Doktorantka uczestniczyła w realizacji grantu międzynarodowego w ramach programu Horizon Europe Framework Programme (HORIZON), a także trzykrotnie uzyskała finansowanie w konkursie Grants4NCUStudents, prowadzonym w ramach projektu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (IDUB)". Wzięła również udział w programie PROM – międzynarodowej wymianie stypendialnej doktorantów i kadry akademickiej na UMK, odbywając staż zagraniczny na Uniwersytecie Łotewskim. Ponadto była laureatką konkursu GRANT MŁODYCH, w ramach którego realizowała badania naukowe wchodzące w zakres przygotowywanej rozprawy doktorskiej. Działania te wskazują na dobrą znajomość przez Doktorantkę dostępnych źródeł finansowania badań naukowych oraz zasad konstruowania projektów badawczych. Uzupełnieniem tych osiągnięć jest uzyskanie ośmiu Minigrantów przyznawanych w ramach Szkoły Doktorskiej. W trakcie kształcenia w Szkole Doktorskiej Doktorantka uczestniczyła w kilkunastu konferencjach naukowych, na których prezentowała wyniki swoich badań w formie wystąpień ustnych lub posterów. Brała również udział w szeregu kursów specjalistycznych i warsztatów, podnosząc swoje kwalifikacje zawodowe. Wykazała się także aktywnością organizacyjną, angażując się m.in. w organizację konferencji naukowych, Dni Otwartych Wydziału Chemii UMK oraz Festiwalu Nauki i Sztuki.

Podsumowanie

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Dominiki Jankowskiej zawiera oryginalne i wartościowe wyniki badań, które wnoszą istotny wkład w rozwój wiedzy dotyczącej otrzymywania i zastosowania związków chemicznych o właściwościach fluorescencyjnych. Choć Doktorantka nie pracowała samodzielnie, lecz w zespole badawczym (co obecnie w dyscyplinie nauki chemiczne jest powszechną praktyką), jej znaczny wkład na wszystkich etapach prac badawczych potwierdza, że posiada ona umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Uzyskane wyniki mają charakter nie tylko badań podstawowych, ale wykazują również duży potencjał aplikacyjny. Wszystkie sformułowane przeze mnie uwagi nie wpływają na moją jednoznacznie pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Jankowskiej.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, potwierdzając zarówno ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki, jak i jej umiejętność samodzielnego prowadzenia badań. Tym samym praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2024 poz. 1571 ze zm.). W związku z powyższym wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie Pani mgr Dominiki Jankowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Anna Kamecka