



**dr hab. inż. Łukasz Kłapiszewski, prof. PP**

WYDZIAŁ TECHNOLOGII CHEMICZNEJ  
ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań, tel.: +48 61 665 37 48  
e-mail: lukasz.klapiszewski@put.poznan.pl, www.put.poznan.pl

Poznań, 25.01.2023 r.

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgr farm. Joanny MUSIAŁ**

zatytułowanej

**„Ocena fotodegradacji wybranych substancji leczniczych z użyciem katalizatorów opartych na tlenku tytanu(IV) modyfikowanym ftalocyjaninami”**

**Podstawa:** *Uchwała nr 89/2022 Kapituły Kolegium Nauk Farmaceutycznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu z dnia 15 grudnia 2022 r. oraz stosowne pismo nr KKN-1493/2022 Pani Kanclerz Kolegium Nauk Farmaceutycznych prof. dr hab. Judyty Cieleckiej-Piontek z dnia 16 grudnia 2022 r.*

**Podstawa prawna:** *zgodność z elementami uwzględnionymi w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.).*

**Cel i zakres pracy**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr farm. Joanny Musiał została zrealizowana w Katedrze i Zakładzie Chemii Farmaceutycznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu. Pracę wykonano pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Beaty J. Stanisł, specjalistki w zakresie szeroko rozumianej chemii farmaceutycznej. Rolę promotora pomocniczego powierzono Panu dr. n. farm. Dariuszowi T. Młynarczykowi.

Założeniem badań, przeprowadzonych przez Doktorantkę, było opracowanie skutecznej metody fotokatalitycznej degradacji wybranych substancji leczniczych poprzez dokonanie powierzchniowej modyfikacji tlenku tytanu(IV) za pomocą odpowiednio sfunkcjonalizowanych ftalocyjanin. Autorka dodatkowo wyszczególniła następujące cele szczegółowe pracy doktorskiej: (i) przygotowanie materiałów fotokatalitycznych opartych na tlenku tytanu(IV) i ftalocyjaninach, (ii) określenie właściwości fotokatalitycznych otrzymanych kompozytów oraz (iii) wykorzystanie katalizatorów

do przeprowadzenia serii eksperymentów fotodegradacyjnych do opracowania skutecznej metody fotodegradacji wybranych substancji leczniczych.

Tematyka rozprawy doktorskiej zaproponowana przez mgr farm. Joannę Musiał jest jak najbardziej istotna z naukowego punktu widzenia oraz bardzo ambitnie łączy w sobie takie zagadnienia, jak: chemia farmaceutyczna, ochrona zdrowia człowieka czy monitoring środowiska naturalnego. Wszystkie zaproponowane badania są obecnie bardzo aktualne i ściśle ze sobą powiązane. O znaczeniu wyżej nakreślonych kierunków badań świadczą dodatkowo dane statystyczne zaczerpnięte z bazy SCOPUS, z dnia 22.01.2023 roku. I tak dla poszczególnych obszarów tematycznych wynoszą one odpowiednio (jeśli chodzi o ilość odślon/rekordów): *photodegradation* – 171 442, *pharmaceutical contaminants* – 119 946 czy *phthalocyanines* – 155 299.

### **Ocena układu rozprawy**

Oceniana rozprawa doktorska została przedstawiona na 178 stronach maszynopisu w języku polskim. Pełen tytuł osiągnięcia naukowego zdefiniowanego przez mgr farm. Joannę Musiał brzmi: „*Ocena fotodegradacji wybranych substancji leczniczych z użyciem katalizatorów opartych na tlenku tytanu(IV) modyfikowanym ftalocyaninami*”. Został on sformułowany poprawnie i w pełni odnosi się do prezentowanych w rozprawie wyników badań i całego zawartego w niej materiału naukowego.

Rozprawę doktorską otwiera *Wykaz skrótów*, po którym Autorka zamieściła *Spis treści*. Kolejno, Pani mgr farm. Joanna Musiał zamieściła *Wykaz publikacji stanowiących podstawę postępowania w sprawie o nadanie stopnia naukowego doktora oraz Aktywność naukową*. Dalsza część pracy to tzw. *Przedmiot badań i komentarz*, na który składają się kolejno: (i) *Wstęp*, (ii) *Założenia i cele pracy*, (iii) *Omówienie cyklu publikacji*, (iv) *Podsumowanie i wnioski* oraz (v) *Piśmiennictwo*. Po tej części Autorka przedstawiła *Streszczenie* w języku polski oraz angielskim (tzw. *Summary*). Pracę domykają: *Kopie artykułów składających się na cykl publikacji*, *Oświadczenia współautorów*, *Orzeczenie Komisji Bioetycznej* oraz stosowne *Oświadczenie* Autorki dysertacji.

Przedstawione przez Panią mgr farm. Joannę Musiał elementy rozprawy są poprawnie ułożone i oznaczone, umożliwiając czytelnikowi właściwą orientację oraz zapoznanie się z materiałem badawczym w niej zawartym. Jedyną uwagą (chciałbym podkreślić, że bardzo drobną), która nasuwa się oceniając układ pracy jest ta, dotycząca kolejności prezentowanych danych. Aktywność naukowa niezwiązana bezpośrednio z rozprawą doktorską (jak rozumiem ważna dla Doktorantki) zwyczajowo umieszczana jest na końcu dysertacji.

### Ocena merytoryczna rozprawy

Widoczny w ostatnich latach zintensyfikowany postęp w zakresie medycyny, farmacji oraz kosmetologii przynosi nieustannie nowe rozwiązania, które udoskonalają już istniejące terapie lub wprowadzają nowatorskie, ulepszone metody. Dzięki temu leczenie staje się mniej uciążliwe, a pacjent odczuwa zdecydowaną poprawę swojego zdrowia. Poszukiwanie nowych substancji leczniczych, które mogłyby zastąpić stosowane dotychczas preparaty, to bardzo żmudny i trudny proces, ale ważny i perspektywiczny. Z drugiej strony trzeba pamiętać o właściwej utylizacji wybranych substancji leczniczych, m.in. w wyniku oceny fotodegradacji tychże układów z użyciem różnego rodzaju katalizatorów, w tym np. opartych na ditlenku tytanu modyfikowanym ftalocyjaninami. Kluczowe zagadnienia w obrębie tego właśnie obszaru, stanowią domenę ewaluowanej dysertacji doktorskiej, co świadczy pośrednio, jak już wcześniej wspominałem, o aktualności problemu badawczego, jak i bardzo dobrej umiejętności doboru tematyki badawczej.

Rozprawa doktorska mgr farm. Joanny Musiał została przedłożona jako opracowanie zawierające cztery opublikowane artykuły naukowe w renomowanych czasopismach z bazy *Journal Citation Reports*. Artykuły ukazały się w latach 2020-2023 w następujących czasopismach: *Nanomaterials* – 2 prace (IF=5,719; MEiN=100), *Materials Science and Engineering: B* – 1 praca (IF=3,407; MEiN=100) oraz *Science of The Total Environment* – 1 praca (IF=10,753; MEiN=200). Łączny IF zgodny z rokiem opublikowania wyniósł 24,955 a liczba punktów MEiN = 500, co stanowi bardzo dobry wynik. Analizując udział Doktorantki w tworzeniu artykułów naukowych wchodzących w cykl postępowania doktorskiego to w każdym przypadku była Ona pomysłodawczynią koncepcji badań, twórczynią metodologii badań oraz czynnie uczestniczyła w opracowaniu i przygotowaniu finalnej wersji prac. Według mojej oceny udział Pani mgr farm. Joanny Musiał w każdej z wyszczególnionych prac wchodzących w skład osiągnięcia jest dominujący i nie budzi moich najmniejszych wątpliwości. Wniosek ten wysuwam po szczegółowym zapoznaniu się ze wszystkimi oświadczeniami współautorów, które zostały przygotowane bardzo rzetelnie.

Autorami korespondencyjnymi w pracach byli: prof. dr hab. Beata J. Stanisł (prace: 1, 3 i 4) oraz dr. n. farm. Dariusz T. Młynarczyk (prace: 1 i 2). Doktorantka w pracy nr 3 także była Autorem korespondencyjnym, co z pewnością świadczy o Jej wielkim zaangażowaniu w powstanie tego artykułu. Wszystkie prace są pracami wieloautorskimi, mają od 3 do 13 autorów. W przypadku prac eksperymentalnych, szczególnie z pogranicza dziedzin, jest to oczywiście typowe. Zapewne nie byłoby tak ciekawych prac, gdyby nie doświadczone grono naukowców, z którymi Autorka miała możliwość współpracować, na czele z promotorami dysertacji doktorskiej.

Wszystkie prace opublikowane zostały w renomowanych czasopismach obejmujących tematykę zawartą w przedłożonej dysertacji. W publikacji przeglądowej nr 1 (*Titanium Dioxide Nanoparticles*

in Food and Personal Care Products—What Do We Know about Their Safety? *Nanomaterials* 2020, 10(6), 1110) Autorka skupiła się na określeniu bezpieczeństwa stosowania nanocząstek ditlenku tytanu, jako dodatku do żywności i kosmetyków. Ponadto, w publikacji omówiono potencjalne zmiany genotoksyczne, efekty zapalne, zwiększoną produkcję ROS i akumulację  $\text{TiO}_2$  w organach po doustnym przyjęciu nanocząstek  $\text{TiO}_2$ . Rozpatrując możliwość narażenia na  $\text{TiO}_2$  NPs po zastosowaniu kosmetyków przeciwsłonecznych zwrócono uwagę na kształt, wielkość, agregację oraz zawartość ditlenku tytanu w preparatach. Przegląd badań toksyczności, przeprowadzony przez Doktorantkę w ramach publikacji nr 1, wskazał na brak zgodności w środowisku naukowym zarówno w kwestii absorpcji E171 z przewodu pokarmowego, jak i przenikania nanocząstek  $\text{TiO}_2$  przez skórę.

W publikacji nr 2 (*Simple modification of titanium(IV) oxide for the preparation of a reusable photocatalyst, Materials Science and Engineering: B* 2022, 276, 115559) opisano przygotowanie kompozytów  $\text{Pc/TiO}_2$ , polegające na osadzaniu  $\text{CuPc}$  (ftalocyjaninie miedzi(II)) lub  $\text{ZnPc}$  (ftalocyjaninie cynku) na nanocząstkach anatazu na zasadzie adsorpcji fizycznej. Otrzymane materiały scharakteryzowano z użyciem różnorodnych metod badawczych czy technik pomiarowych. Na podstawie wyników proszkowej rentgenografii strukturalnej (XRPD) potwierdzono, że fazą krystaliczną  $\text{TiO}_2$  jest anataz oraz, że zastosowana metoda osadzania związków makrocyklicznych na powierzchni ditlenku tytanu nie spowodowała zmian fazy krystalicznej. Dodatkowo, z użyciem analizy termogravimetrycznej (TGA) stwierdzono ubytek masy w zakresie  $120\text{-}500^\circ\text{C}$  odpowiadający rozkładowi związków makrocyklicznych. Z kolei z wykorzystaniem techniki spektroskopii elektronowego rezonansu paramagnetycznego (ESR) potwierdzono zdolność kompozytów  $\text{Pc/TiO}_2$  oraz czystych  $\text{Pc}$  do generowania ROS. Ponadto, wyznaczono stosowane średnice nanocząstek, z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) oraz analizy śledzenia cząstek (NTA). Na podstawie przeprowadzonych badań wnioskowano, że średnica hydrodynamiczna kompozytów oraz czystego ditlenku tytanu jest większa niż geometryczna pojedynczych cząstek anatazu, co wskazuje na tendencję do agregacji materiałów w środowisku wodnym. Dopełnieniem badań fizykochemicznych była analiza struktury porowatej metodą adsorpcji-desorpcji azotu z wykorzystaniem równania Brunauera-Emmeta-Tellera (BET), która wykazała, że materiał  $\text{CuPc/TiO}_2$  miał najmniejszą powierzchnię właściwą, co było zgodne z wynikami badań NDA, w których to cząstki  $\text{CuPc/TiO}_2$  miały największy rozmiar. W ramach publikacji nr 2, Doktorantka przeprowadziła także eksperymenty fotokatalityczne z użyciem promieniowania UV, które potwierdziły skuteczność obu wytworzonych kompozytów w fotodegradacji dwóch wybranych leków przeciwzapalnych, ibuprofenu oraz naproksenu. Reakcje rozkładu zachodziły zgodnie z kinetyką I rzędu. Dodatkowo, na podstawie wyników testu Microtox wykazano wyższą toksyczność mieszanin podegradacyjnych wobec bakterii *Aliivibrio fischeri*, co sugeruje, że pomimo zaobserwowanego

całkowitego rozkładu badanych API substancje nie uległy mineralizacji. W ramach pracy oceniono także potencjał mutageny materiałów, przeprowadzając test Ames, którego wyniki potwierdziły, że przygotowane kompozyty fotokatalityczne nie są czynnikami mutagennymi.

W ramach publikacji **nr 3** (*Nanocomposites of Titanium Dioxide and Peripherally Substituted Phthalocyanines for the Photocatalytic Degradation of Sulfamethoxazole*, *Nanomaterials* 2022, 12(19), 3279) Doktorantka przedstawiła kontynuację badań nad zastosowaniem kompozytów Pc/TiO<sub>2</sub> w fotokatalitycznej remediacji wody. Głównym założeniem pracy było użycie ditlenku tytanu P25 oraz podstawionych Pc do przygotowania wysoce aktywnych materiałów fotokatalitycznych. TiO<sub>2</sub> P25, mieszanina anatazu i rutylu, jest uznawany za materiał bardziej aktywny fotokatalitycznie niż czysty anataz czy rutyl. Ponadto, wykorzystanie Pc z grupami kotwicznymi umożliwia ich osadzenie na powierzchni ditlenku tytanu poprzez adsorpcję chemiczną. Dzięki wytworzeniu wiązań chemicznych między peryferium makrocykla a powierzchnią TiO<sub>2</sub>, silniejszych niż słabe oddziaływania w przypadku adsorpcji fizycznej, możliwym stało się zwiększenie wydajności transferu ładunków i zapewnienie stabilności kompozytów. W wyniku przeprowadzonych w ramach publikacji nr 3 badań otrzymano serię siedmiu kompozytów, tj.: CuPc\_p/TiO<sub>2</sub>, CuPc\_s/TiO<sub>2</sub>, 2HPc\_p/TiO<sub>2</sub>, NiPc\_s/TiO<sub>2</sub>, ZnPc\_p/TiO<sub>2</sub>, ZnPc\_s/TiO<sub>2</sub> oraz ZnPc/TiO<sub>2</sub>. Dogłębna analiza wyników dokonana przez Doktorantkę pozwoliła na udowodnienie między innymi, że materiały oparte na TiO<sub>2</sub> i Pc podstawione grupami kotwicznymi, wykazują szerszy zakres absorpcji promieniowania UV oraz Vis, a także niższe wartości przerwy energetycznej niż czysty TiO<sub>2</sub> lub ZnPc/TiO<sub>2</sub>. Dodatkowo, potwierdzono skuteczność metody chemicznego osadzenia Pc na TiO<sub>2</sub> oraz stabilność termiczną materiałów. Porównano również wartości powierzchni właściwej i stwierdzono obecność przestrzeni mezoporowatych między cząstkami kompozytów. Z kolei pomiary rozmiarów i dystrybucji cząstek pozwoliły na potwierdzenie ich tendencji do agregacji. W podsumowaniu Doktorantka wnioskuje, że najskuteczniejszym materiałem modyfikowanym, użytym do rozkładu sulfametoksazolu, w wyniku przeprowadzonych badań aktywności fotokatalitycznej w środowisku wodnym pod wpływem promieniowania UV, jest NiPc\_s/TiO<sub>2</sub>.

Ostatnią publikacją naukową włączoną przez Doktorantkę w cykl postępowania w sprawie o nadanie stopnia naukowego doktora jest praca przeglądowa **nr 4** (*Photocatalytic degradation of sulfamethoxazole using TiO<sub>2</sub>-based materials – Perspectives for the development of a sustainable water treatment technology*, *Science of The Total Environment* 2023, 856, 159122). W pracy Doktorantka dokonała porównania fotokatalitycznej degradacji sulfametoksazolu przy użyciu materiałów opartych na ditlenku tytanu. Ponadto, wykazała, że wpływ na efektywność procesu ma nie tylko rodzaj zastosowanego w eksperymencie fotokatalizatora, ale również warunki reakcji. Szczególną uwagę Doktorantka zwróciła na rozwiązania ekologiczne i ekonomiczne – najbardziej

obiecujące według mgr farm. Joanny Musiał okazały się fotokatalizatory kompozytowe, będące połączeniem kilku substancji i form morfologicznych, co zapewnia możliwość odseparowania i recyklingu fotokatalizatora. Dodatkowo, w ramach pracy przeglądowej opisano potencjał wykorzystania naturalnego światła słonecznego i lamp LED. Wykazano, że mechanizm fotokatalitycznego rozkładu oraz produkty reakcji różnią się w zależności od środowiska reakcji. Podkreślono także konieczność wprowadzenia standardów badania nowych materiałów fotokatalitycznych.

Podsumowując cykl prac naukowych włączonych do postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora przez Panią mgr farm. Joannę Musiał stwierdzam, że cele/koncepcje są właściwie opracowane, a zrealizowane przez Doktorantkę badania w pełni potwierdzają, że zostały one osiągnięte. Chciałbym jednak w tym miejscu zachęcić Doktorantkę, aby przed postawieniem właściwych celów w jakiegokolwiek pracy naukowej, jaką będzie realizować w przyszłości, pomyślała najpierw nad hipotezą badawczą – myślę, że to ułatwia dalsze, merytoryczne precyzowanie celu badawczego i określanie zakresu działań w obrębie realizowanego tematu.

Dysertacja doktorska zawiera niewielką ilość błędów edytorskich i stylistycznych (brak znaków interpunkcyjnych, literówki, podwójne spacje *etc.*), które nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów. Pozwolę sobie przytoczyć jedynie wybrane uchybienia czy drobne uwagi:

- w języku polskim na końcu podpisów rycin i tabel nie stosuje się kropki,
- proszę pamiętać, że w tekstach naukowych zawsze piszemy bezosobowo.

Wyżej wymienione uwagi/komentarze są jedynie drobnymi sugestiami i proszę, aby Doktorantka nie ustosunkowywała się do nich podczas publicznej obrony. Ponadto, pozwolę sobie w tym miejscu wskazać kilka kwestii dyskusyjnych czy problematycznych, a wynikają one z obowiązków recenzenta i dają pośrednio dowód na zapoznanie się z pracą:

- co skłoniło Panią do wyboru takich właśnie substancji leczniczych? Jakie inne substancje wybrałaby Pani do swoich dalszych badań?
- czy może Pani przedstawić w krótki sposób, najlepiej w formie tabelarycznej, porównanie swoich badań do tych dostępnych w literaturze, w obrębie uprawianej tematyki badawczej?
- czy podczas prowadzonych optymalizacji posługiwała się Pani metodą planowania eksperymentów (ang. *Design of Experiments*), która w sposób systematyczny i strukturalny pozwoliłaby na zrozumienie relacji przyczynowo-skutkowej w realizowanych procesach? Jeśli nie to zachęcam do tego w przyszłości – to przydatne narzędzie, dzięki któremu jesteśmy w stanie wygenerować duże ilości informacji z względnie niewielkiej liczby eksperymentów,

a optymalizację reakcji, procesów czy innych parametrów będzie można wykonać w relatywnie krótszym czasie.

- czy zastanawiała się Pani może nad realizacją badań na większą skalę z przemysłem? Uzyskane wyniki Pani badań są bardzo obiecujące, dlatego szersze badania są tu jak najbardziej uzasadnione.

Wypunktowane powyżej pytania czy komentarze są symboliczne i nie umniejszają mojej bardzo pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy.

### **Ocena całego dorobku naukowego i zawodowego**

Na koniec, chciałbym pokrótce podsumować dotychczasową aktywność zawodową i naukową Pani mgr farm. Joanny Musiał. Od 1 stycznia 2022 r. Doktorantka jest zatrudniona w Katedrze i Zakładzie Chemii Farmaceutycznej UMP (3/4 etatu). Dodatkowo, w okresach pomiędzy 19.07–20.08.2021 r., 21.07–21.08.2020 r. oraz 02.05–05.07.2019 r. pracowała w Aptece „Libra” w Mrzeżynie.

Pani mgr farm. Joanna Musiał brała udział w realizacji dwóch projektów badawczych, tj.:

- projektu OPUS 11 nr 2016/21/B/NZ9/00783 pt. „*Remediacja wody z wykorzystaniem hybrydowego materiału opartego na tlenku tytanu(IV) i porfiryroidach*” (kierownik projektu: prof. dr hab. Tomasz Gośliński);
- małego grantu badawczego Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu nr SDUM-GB30/03/21 pt. „*Ocena przemian katalitycznych wybranych substancji leczniczych*” (kierownik projektu: mgr farm. Joanna Musiał).

Na szczególną uwagę zasługuje także odbycie przez Doktorantkę stażu naukowo-badawczego w grupie *Nanomaterials, Catalysis, Electrochemistry* w Faculté des Sciences Appliquées de Liège (Belgia) w okresie 13.09–10.12.2021 r.

Z kolei, dorobek naukowy Doktorantki wyrażony jest w postaci 25 prac naukowych, w tym 8 prac z *Impact Factor*, znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports* – 4 prace stanowią podstawę osiągnięcia naukowego Doktorantki, 4 prace nie wliczają się w cykl rozprawy doktorskiej. Łączna wartość współczynnika oddziaływania *Impact Factor* z roku opublikowania prac dla wszystkich pozycji wynosi 39,737, co stanowi średnią na publikację równą ~4,97. To bardzo dobry wynik, stąd wyrazy mojego uznania. Ponadto, Doktorantka prezentowała wyniki swoich badań na różnych konferencjach międzynarodowych oraz krajowych, które wielokrotnie były nagradzane. Pani mgr farm. Joanna Musiał otrzymała także Stypendium JM Rektora Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu dla najlepszych doktorantów w roku akademickim 2021/2022 oraz List Gratulacyjny JM Rektora UMP za wybitne osiągnięcia naukowe w roku 2020.

Całokształt dorobku zawodowego i naukowego Doktorantki oceniam bardzo pozytywnie. Uważam, że jak na relatywnie krótki okres Jej dotychczasowej działalności naukowej jest on wyróżniający.

### **Wniosek końcowy**

Podsumowując, chciałbym zaznaczyć wkład Pani mgr farm. Joanny Musiał w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej, w szczególności w zakresie działań dotyczących oceny fotodegradacji wybranych substancji leczniczych z użyciem katalizatorów opartych na ditlenku tytanu modyfikowanym flatocyjaninami. Sposób zaplanowania eksperymentów, zrealizowania badań, jak i forma przedstawienia wyników świadczą o kompetencjach naukowo-badawczych Doktorantki i są dowodem Jej bardzo dobrego poziomu przygotowania do prowadzenia badań naukowych czy pracy w przemyśle.

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej Pani mgr farm. Joanny Musiał zatytułowanej „*Ocena fotodegradacji wybranych substancji leczniczych z użyciem katalizatorów opartych na tlenku tytanu(IV) modyfikowanym flatocyjaninami*” stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymogi formalne i zwyczajowe w świetle istniejącego prawa.

Wniosuję zatem do Kapituły Kolegium Nauk Farmaceutycznych Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę istotny wkład w rozwój uprawianej przez Doktorantkę dyscypliny, a nade wszystko Jej ponadprzeciętne zaangażowanie na różnych obszarach naukowych wniosuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej. Ponadto, kluczowe wyniki, stanowiące odniesienie do celu i zakresu pracy, zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o obiegu międzynarodowym. Dodatkowo, sama praca doktorska stanowi kompendium wiedzy o wysokich walorach poznawczych i praktycznych.

