



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, 2.11.2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Anny JAKIMIŃSKIEJ

z tytułu

*„Processes of energy and electron transfer in photocatalytic systems
containing metallic nanostructures”*

Podstawa: *Uchwała Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz stosowne pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne UJ prof. dra hab. Artura Michalaka z dnia 23 października 2023 roku.*

Podstawa prawna: *zgodność z elementami uwzględnionymi w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.*

Cel i zakres pracy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Anny Jakimińskiej została zrealizowana w Zakładzie Chemii Nieorganicznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (Zespół Fizykochemii Koordynacyjnej i Bionieorganicznej, Grupa Fotokatalizy). Pracę wykonano pod kierunkiem Pana prof. dra hab. Wojciecha Macyka, uznanego autorytetu w zakresie fotokatalizy i fotomateriałów, w tym badań nad mechanizmami reakcji fotochemicznych i procesów fotokatalitycznych.

Założeniem badań, przeprowadzonych przez Doktorantkę, było zbadanie możliwości przekazywania energii lub przenoszenia elektronów podczas procesów fotokatalitycznych w układach zawierających ditlenek tytanu i różne nanostruktury metaliczne. Autorka położyła dodatkowo nacisk na wyjaśnienie efektywności mechanizmów fotokatalizy plazmonicznej oraz rzeczywistej roli nanostruktur metalicznych w powszechnie stosowanych układach fotokatalitycznych. Ponadto, przedstawiła niespotykane dotąd zastosowanie modów plazmonicznych w fotokatalizie, czyli zdalną fotokatalizę indukowaną poprzez propagujące polarytony plazmonów powierzchniowych w pojedynczych nanodrutach srebra, które umożliwiają wzbudzenie układu fotokatalitycznego bez

jego bezpośredniego naświetlania. Jak wskazała w dysertacji doktorskiej Autorka, wykazanie takiej możliwości może wyznaczyć nowy sposób konstruowania układów fotokatalitycznych o większej wydajności, zawierających nanostruktury plazmoneczne.

Tematyka rozprawy doktorskiej zaproponowana przez Panią mgr Annę Jakimińską jest jak najbardziej istotna z naukowego punktu widzenia. Wszystkie zaproponowane badania są bardzo aktualne i ściśle ze sobą powiązane. Ponadto, wpisują się one w nurt najwyższej jakości międzynarodowych badań naukowych prowadzonych w tym obszarze w najlepszych światowych ośrodkach akademickich.

Ocena układu rozprawy

Oceniana rozprawa doktorska została złożona w formie hybrydowej, to jest spójnego zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych rozszerzonych o dodatkowe rozdziały klasyczne nieopublikowane. Taka forma pracy nie budzi moich najmniejszych wątpliwości, czego potwierdzeniem jest dodatkowo opinia Zespołu Radców Prawnych Uniwersytetu Jagiellońskiego (opinia z dnia 7 lipca 2023 r.).

Dysertacja została przedstawiona w formie maszynopisu w języku angielskim, a jej dopełnieniem są kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe wraz ze stosownymi oświadczeniami współautorów tychże publikacji (łącznie rozprawa zawiera się na 139 stronach scalonego pliku). Pełen tytuł osiągnięcia naukowego zdefiniowanego przez Panią mgr Annę Jakimińską brzmi: „*Processes of energy and electron transfer in photocatalytic systems containing metallic nanostructures*”. 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 *Abstract* (w języku angielskim, str. 3) oraz *Streszczenie* (w języku polskim, str. 4), po którym Autorka zamieściła dorobek naukowy, w tym wykaz publikacji (*List of articles*, str. 5) oraz wykaz aktywności konferencyjnych (*List of conference contributions*, str. 6–7). Kolejno, Doktorantka zamieściła wykaz skrótów (*List of abbreviations*, str. 8–9) oraz spis treści (*List of contents*, str. 10–11). Dalsza część pracy to: wprowadzenie merytoryczne (*Introduction*, str. 13–29), uwypuklenie celu rozprawy doktorskiej (*The objective of this thesis*, str. 29), krótki opis wstępny do materiału badawczego zawartego w pracy (*Foreword to the thesis*, str. 29–32) oraz teksty artykułów naukowych (opublikowanych) i rozdziałów uzupełniających (dane nieopublikowane) traktowanych jako integralna część całej rozprawy (*Texts of the articles and complementary chapters considered as the inherent part of this thesis*, str. 33–69). W końcowej części pracy Doktorantka zamieściła wnioski (*Final conclusions*, str. 70) oraz wykaz literatury (*References*, str. 71–81).

Pracę dopełniają kopie publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe (*Appendix A – Articles*) oraz stosowne oświadczenia współautorów (*Appendix B – Authors contributions*).

Przedstawione przez Panią mgr Annę Jakimińską elementy rozprawy są poprawnie ułożone i oznaczone, umożliwiając czytelnikowi właściwą orientację oraz zapoznanie się z materiałem badawczym w niej zawartym. Jediną uwagą (chciałbym podkreślić, że bardzo drobną), która nasuwa się oceniając układ pracy jest ta, dotycząca kolejności prezentowanych danych. Dziwi nieco uwzględnienie streszczeń, zarówno w języku polskim, jak i angielskim na samym początku pracy, uważam, że te rozdziały powinny zamykać, niejako spinać całą pracę, i być zamieszczone na końcu dysertacji.

Ocena merytoryczna rozprawy

Fotokataliza z użyciem materiałów zawierających nanostruktury metaliczne, w szczególności fotokataliza plazmonowa, stała się ważnym obszarem w zakresie rozwoju tematyki dotyczącej katalizy heterogenicznej. W dostępnej literaturze można znaleźć liczne doniesienia na temat korzystnego wpływu nanostruktur metalicznych na aktywność fotokatalityczną półprzewodników, takich jak m.in. ditlenek tytanu. Pomimo tego, że naukowcy zidentyfikowali kilka mechanizmów odpowiedzialnych za wzrost aktywności w takich układach, to jednak rozważania na temat faktycznego mechanizmu w każdym konkretnym przypadku mają często charakter spekulacyjny. Dlatego też dalsze, zintensyfikowane badania układów składających się z fotokatalizatorów półprzewodnikowych i nanostruktur metalicznych są istotne i ważne, przede wszystkim dla określenia czynników wpływających na aktywność fotokatalizatorów w tych układach oraz efektywność transferu energii/elektronów pomiędzy nanostrukturami plazmonicznymi a półprzewodnikiem w różnych typach tych układów. Dlatego uważam, że rozwój badań w tym zakresie jest jak najbardziej uzasadniony, a podjęcie się przez Doktorantkę próby rozwoju tych zagadnień – bardzo słuszne. Dopełnieniem wydaje się próba zbadania przez Doktorantkę możliwości zdalnego wzbudzenia układów fotokatalitycznych za pomocą energii przenoszonej przez nanostruktury plazmoniczne. To z pewnością może przyczynić się do wyjaśnienia niektórych wątpliwości dotyczących mechanizmów fotokatalizy plazmowej i stworzyć nowe sposoby rozwoju tego obszaru. Podsumowując, tematyka podjęta w pracy doktorskiej przez Panią mgr Annę Jakimińską jest niezwykle aktualna. Świadczy to zatem o umiejętności doboru przez Doktorantkę wartościowej problematyki w aspekcie dalszego, sukcesywnego rozwoju najistotniejszych i najbardziej wartkich obecnie prac z zakresu badań podstawowych oraz ich przełożenia na aspekt użytkowy.

Aktualnie chciałbym szerzej omówić problem badawczy, jakiego podjęła się Pani mgr Anna Jakimińska w ramach swojej pracy doktorskiej.

Jak już wcześniej napisałem, rozprawa doktorska została przedłożona jako opracowanie zawierające trzy opublikowane artykuły naukowe w renomowanych czasopismach z bazy *Journal Citation Reports*. Artykuły ukazały się w latach 2022-2023 i są to: (i) A. Jakimińska, M. Pawlicki, W. Macyk, *Photocatalytic transformation of Rhodamine B to Rhodamine-110: The mechanism revisited*, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2022, 433, 114176, (ii) A. Jakimińska, K. Spilarewicz, W. Macyk, *Phototransformations of TiO₂/Ag₂O composites and their influence on photocatalytic water splitting accompanied by methanol photoreforming*, *Nanoscale Adv.*, 2023, 5, 1926-1935 oraz (iii) A. Jakimińska, W. Macyk, *Photochemical transformations of AgCl in the context of its eventual photocatalytic applications*, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, 2023, 445, 115048.

Analizując udział Doktorantki w powstanie 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 Anny Jakimińskiej w każdej z wyszczególnionych prac wchodzących w skład osiągnięcia jest dominujący i nie budzi moich najmniejszych wątpliwości.

Dodatkowo, oprócz badań opublikowanych w wyżej przywołanych czasopismach na pracę doktorską składa się także materiał nieopublikowany zawarty w formie klasycznych rozdziałów w dysertacji (m.in. zawartość podrozdziałów 4.1.1., 4.1.3., 4.2.1. oraz 4.2.3.).

Przyglądając się szczegółowo całej rozprawie można wyraźnie zaobserwować podział na dwie części: (i) opisującą podejście fotokatalizy zdalnej i związane z nią układy fotokatalityczne oraz (ii) dotyczącą zjawisk wpływających na fotoaktywność układów fotokatalitycznych składających się z nanostruktur plazmonicznych osadzonych na powierzchni fotokatalizatora półprzewodnikowego. Artykuły i rozdziały ułożono zgodnie z kierunkiem rozwoju badanych systemów.

W pierwszej części, do stworzenia układu umożliwiającego zdalne wzbudzenie i obserwację zachodzącej reakcji fotokatalitycznej, Doktorantka wykorzystwała nanodruły srebra pokryte warstwą półprzewodnika oraz sondy fluorescencyjne. Powstały układ następnie poddała obserwacji z wykorzystaniem m.in. mikroskopii fluorescencyjnej. Jako falowody plazmoniczne zastosowała nanodruły srebra ze względu na ich stabilność, stosunkowo łatwą syntezę i wyraźne właściwości spektralne. W takim układzie, aby uniknąć błędnej interpretacji danych, fotokatalizator powinien być stabilny i nie powinien emitować światła w stanie wzbudzonym, dlatego też Doktorantka zdecydowała się użyć w ramach swojej pracy ditlenku tytanu, który często stosowany jest jako standard w badaniach nad reakcjami fotokatalitycznymi. Do określenia zmian zachodzących w takich układach podczas procesów fotokatalitycznych wykorzystwała sondy fluorescencyjne, a przebieg reakcji monitorowała za pomocą mikroskopii fluorescencyjnej i mikroskopii konfokalnej. W ramach prowadzonych badań Pani mgr Anna Jakimińska wyselekcjonowała sondy fluorescencyjne stosowane do monitorowania reakcji

fotokatalitycznych, aby wykazać silne zmiany emisji w takich procesach. Zastosowanymi sondami były: (i) 3'-(*p*-aminofenylo)fluoresceina (APF) i (ii) rodamina B (RhB). APF to sonda fluorescencyjna przeznaczona do wykrywania niektórych reaktywnych ugrupowań w układach biologicznych. Ponadto, uważa się ją za selektywną wobec rodników hydroksylowych (HO[•]), co czyni ją przydatną także w fotokatalizie, gdyż w procesach redoks mogą powstawać reaktywne formy tlenu (ROS). Podczas reakcji z rodnikami hydroksylowymi APF ulega utlenieniu do fluoresceiny, a tym samym można zaobserwować znaczny wzrost intensywności fluorescencji. Natomiast Rodamina B w specyficznym układzie ulega fototransformacji do Rodaminy 110 (Rh-110) w procesie *N*-deetylacji, w którym nie biorą udziału ROS. Powoduje to silne przesunięcie hipsochromiczne maksimum emisji (z 580 do 520 nm), tym samym umożliwiając obserwację postępu reakcji. Zagadnienia te zostały omówione przez Doktorantkę zarówno we wstępie, jak i w podrozdziałach 4.1.1. oraz 4.1.2.

Jak słusznie zauważyła w pracy Autorka wśród kilku mechanizmów zwiększania aktywności fotokatalitycznej w wyniku obecności nanostruktur często pomijany jest mechanizm polegający na radiacyjnym rozpadzie plazmonów. Niemniej jednak, jak wynika z danych uzyskanych przez Doktorantkę, a szczegółowo opisanych w podrozdziale 4.1.3., wydaje się, że mechanizm ten najprawdopodobniej odpowiada za zdalne wzbudzenie układów fotokatalitycznych umieszczonych na końcu nanodrutów srebra (AgNWs).

W drugiej części Pani mgr Anna Jakimińska skupiła się na określeniu roli nanostruktur metalicznych na aktywność półprzewodników pod wpływem bezpośredniego napromieniania. W celu zbadania tego efektu Doktorantka wykorzystwała ditlenek tytanu pokryty nanostrukturami metalicznymi, a następnie określiła wpływ aktywności tych układów w różnych procesach, a także dokonała oceny właściwości spektralnych, fotoelektrochemicznych i elektronicznych. Autorka wnioskuje, że istnieje wyraźna korelacja pomiędzy ilością i rozmiarem nanostruktur na podłożu a jego właściwościami elektronicznymi. We wszystkich przypadkach większa ilość nanostruktur powoduje zmniejszenie liczby stanów powierzchniowych, a co za tym idzie, zmniejszenie gęstości stanów i przesunięcie krawędzi pasma przewodnictwa w kierunku wyższej energii. Takie przesunięcie znacząco zmienia właściwości redoks materiału. Co więcej, wpływ dodatku nanostruktur metalicznych na różne formy krystalograficzne TiO₂ jest zróżnicowany, co Doktorantka przedstawiła w ramach podrozdziału 4.2.1. W tej części opisała także różnice w aktywności fotokatalitycznej w procesie utleniania wody. Jednocześnie w podrozdziale 4.2.2. zbadła fotokatalityczne rozszczepienie wody ze szczególnym uwzględnieniem procesu wydzielania się wodoru. Doktorantka wnioskuje także, że mniejsze klastry działają jako pułapki elektronowe promujące separację ładunków, podczas gdy dla większych można zaobserwować silny spadek gęstości dostępnych stanów elektronowych w pobliżu krawędzi pasma przewodnictwa. Autorka podkreśliła także zmianę

właściwości redoks i wynikające z nich różnice w aktywności fotokatalitycznej. Co więcej, wpływ rodzaju metalu na wydajność różnych procesów został wyraźnie zaznaczony zarówno w sekcji 4.2.1., jak i 4.2.2. W podrozdziale 4.2.2. przedstawiono dodatkowo porównanie wpływu struktur plazmonicznych i nieplazmonicznych oraz wprowadzono efekt katalityczny nanocząstek metalu.

W ramach dysertacji doktorskiej Pani mgr Anna Jakimińska oceniła również wpływ nanostruktur metalicznych powstających w układzie fotokatalitycznym podczas procesów reakcji. Zachowanie takich układów przedstawiła szczegółowo w podrozdziałach 4.2.3. i 4.2.4. Układ scharakteryzowany przez Doktorantkę w podrozdziale 4.2.3. składał się z ditlenku tytanu P-25 i tlenku srebra Ag_2O . Kolejno, Autorka wnioskuje, że pomiędzy składnikami nie tworzy się złącze p-n, nawet na początkowym etapie procesu fotokatalitycznego, a układ ulega natychmiastowej fototransformacji w warunkach reakcji, co prowadzi do tworzenia nanostruktur srebra na powierzchni TiO_2 . Proces ten silnie wpłynął na właściwości fotokatalityczne badanego układu i został dokładnie przez Doktorantkę zbadany i opisany. Podobnie, jak w przypadku sekcji 4.2.1. i 4.2.2., pojawienie się struktur srebra doprowadziło do zmniejszenia liczby stanów powierzchniowych. Zjawisko to znacząco zmieniło właściwości redoks otrzymanego fotokatalizatora, w wyniku czego uzyskano lepsze właściwości redukcyjne.

Z kolei w podrozdziale 4.2.4. Autorka wykorzystała dobrze znany materiał fotoaktywny, tj. chlorek srebra w postaci struktur Ag/AgCl . W ramach tej części pracy Doktorantka opisała fotoaktywność chlorku srebra i jego fotokorozję wraz z reakcjami zachodzącymi w układzie reakcyjnym pod kątem jego możliwej aktywności fotokatalitycznej. Okazało się, że rola klastrów srebra powstających w materiale jest kluczowa. Ich wkład w fotochemię materiału można przypisać wychwytywaniu elektronów i tworzeniu nowych stanów po redukcji srebra. Co więcej, Doktorantka wskazała, że materiał ten nie powinien być uważany za fotokatalizator, ponieważ ulega nieodwracalnej fotokorozji prowadzącej do powstania srebra i chloru, a reaktywne formy chloru są rzeczywiście odpowiedzialne za reakcje fotochemiczne w obecności tego materiału. W sekcji 4.2.4. opisała również oznaczanie reaktywnych gatunków generowanych w systemie. Ponadto, pomimo faktu, że jest to często wyrażane w literaturze przedmiotu, przeprowadzone przez Doktorantkę badania wykluczyły możliwość generowania rodników hydroksylowych na strukturach Ag/AgCl .

Podsumowując, w ramach drugiej części badawczej Doktorantka dokonała oceny aktywności fotokatalitycznej układów składających się z nanostruktur metalicznych oraz tych, w których nanostruktury metaliczne pojawiają się podczas procesów fotochemicznych. Zbadała właściwości strukturalne, elektroniczne i optyczne układów fotokatalitycznych, aby stworzyć możliwie najpełniejszy obraz wpływu nanostruktur metalicznych na mechanizmy wzbudzenia i fotoaktywność tych układów.

Dokonując oceny całościowej cyklu prac naukowych włączonych do postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora oraz treści zawartych w klasycznych rozdziałach (dane nieopublikowane) stwierdzam, że cele/koncepcje są właściwie opracowane, a zrealizowane przez Doktorantkę badania w pełni potwierdzają, że zostały one osiągnięte. Ponadto, wszystkie użyte przez Autorkę metody badawcze i techniki pomiarowe są ze sobą kompatybilne, a ich użycie jest w pełni uzasadnione.

Dysertacja doktorska zawiera relatywnie niewielką ilość błędów edytorskich i stylistycznych (brak znaków interpunkcyjnych, literówki, podwójne spacje, niejasne sformułowania *etc.*), które nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów, w związku z czym pominię je.

Pozwolę sobie w tym miejscu wskazać jedynie kilka kwestii dyskusyjnych czy problematycznych, a wynikają one z obowiązków recenzenta i dają pośrednio dowód na zapoznanie się z pracą:

- nie podlega wątpliwości, że tematyka rozprawy jest bardzo interesująca przede wszystkim z naukowego punktu widzenia, czy mogę jednak prosić o wskazanie najważniejszego, według Autorki, osiągnięcia naukowego? Który etap prac był kluczowy i dlaczego?
- sugeruję także, aby w przyszłości przed właściwym określeniem celów badawczych w jakiegokolwiek pracy naukowej Doktorantka pomyślała nad hipotezą badawczą – myślę, że to ułatwia dalsze, merytoryczne precyzowanie celu badawczego i określenie zakresu działań w obrębie realizowanego tematu;
- czy może Pani przedstawić w krótki sposób, najlepiej w formie tabelarycznej lub schematu/rysunku, porównanie swoich wyników badań do tych dostępnych w najnowszej literaturze przedmiotu, w obrębie uprawianej tematyki badawczej?
- czy może Pani wskazać obszar działań w obrębie uprawianej tematyki badawczej, który rozwijałaby Pani w dalszych swoich działaniach naukowych w pierwszej kolejności i dlaczego?
- czy podjęte zostały może próby zastosowania opracowanych układów na większą skalę? Czy w ogóle myślała Pani o takim kroku?

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

Ocena całego dorobku naukowego

Na koniec, chciałbym pokrótce podsumować dotychczasową aktywność naukową Pani mgr Anny Jakimińskiej.

Całkowity dorobek naukowy wyrażony jest w postaci 8 artykułów naukowych, które opublikowane zostały w następujących czasopiśmie: *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* (2 prace), *Nanoscale Advances* (2 prace), *Journal of Materials Chemistry A* (1 praca), *Journal of CO₂*

Utilization (1 praca), *Materials Science in Semiconductor Processing* (1 praca) oraz *Materials* (1 praca). Pięć z tych prac dotyczy bezpośrednio materiału uwzględnionego w dysertacji doktorskiej. Trzy z nich są uwzględnione jako spójny zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, dwie, z dostępnej mi wiedzy, zostały zaakceptowane w niedawnym okresie, ale także dotyczą bezpośrednio materiału zawartego przez Autorkę w rozprawie doktorskiej. Dodatkowo, 3 prace nie są związane bezpośrednio z tematyką rozprawy doktorskiej.

Doktorantka brała także udział w realizacji 2 projektów badawczych, które stały się wsparciem finansowym w postawianiu recenzowanej rozprawy doktorskiej Pani mgr Anny Jakimińskiej, tj.: (i) OPUS 14 (2017/27/B/ST3/02457) oraz (ii) SOLAR-DRIVEN CHEMISTRY (2019/01/Y/ST5/00027).

Doktorantka prezentowała wyniki swoich badań na różnych konferencjach krajowych i międzynarodowych, gdzie wygłosiła łącznie 6 referatów ustnych oraz przedstawiła 9 posterów.

Niestety Doktorantka nie wyszczególniła w pracy żadnych staży naukowych ani wyróżnień czy nagród. Oczywiście nie jest to obowiązkowe i nie umniejsza dorobku naukowego, jeśli jednak Autorka takowe osiągnięcia posiada to proszę, aby pochwaliła się nimi podczas publicznej obrony.

Całokształt dorobku naukowego Doktorantki oceniam pozytywnie.

Wniosek końcowy

Podsumowując, chciałbym zaznaczyć wkład Pani mgr Anny Jakimińskiej w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej, w szczególności w zakresie działań dotyczących procesów fotokatalitycznych. 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 Anny Jakimińskiej zatytułowanej „*Processes of energy and electron transfer in photocatalytic systems containing metallic nanostructures*” stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymogi formalne i zwyczajowe w świetle istniejącego prawa.

Wniosuję zatem do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Jagiellońskiego o przyjęcie pracy i przeprowadzenie dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę aktualność podjętej tematyki badawczej, zakres prac eksperymentalnych, jakość wniosków i ich wkład w istniejący stan wiedzy, wnioskuje ponadto o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Anny Jakimińskiej. Ponadto, kluczowe wyniki, stanowiące odniesienie do celu i zakresu pracy, zostały opublikowane w renomowanych czasopismach o obiegu międzynarodowym. Dodatkowo, sama praca doktorska stanowi cenne kompendium wiedzy o wysokich walorach poznawczych i praktycznych.

Julian Kyriewski