

Lublin, 06.05.2025 r.

**Recenzja****rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka****pt. „Projektowanie funkcjonalnych nano- i mikromateriałów o właściwościach fotokatalitycznych i przeciwdrobnoustrojowych”**

Praca została wykonana pod kierunkiem dr. hab. inż. Łukasza Kłapiszewskiego, prof. PP w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej.

Materiały o właściwościach fotokatalitycznych i przeciwdrobnoustrojowych wykazują wszechstronne działanie i z tego powodu znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach działalności człowieka, począwszy od oczyszczania powietrza i wody, poprzez wykorzystanie w biotechnologii, medycynie i farmacji, po opracowywanie innowacyjnych rozwiązań dla sektora budowlanego. Tlenek tytanu(IV) to doskonały przykład związku, który wykazuje obie te właściwości. W połączeniu z unikalnymi cechami powierzchniowymi, a w szczególności superhydrofilowością indukowaną promieniowaniem ultrafioletowym, materiał ten odgrywa istotną rolę w różnych obszarach związanych z wdrażaniem nowoczesnych technologii. Są to między innymi aspekty obejmujące projektowanie powierzchni samoczyszczących, syntezę fotokatalizatorów do odzysku i usuwania metali ciężkich, wytwarzanie powłok antybakteryjnych, fotodegradację zanieczyszczeń organicznych w ściekach, realizację procesu fotokatalitycznego rozkładu wody prowadzącego do produkcji wodoru, czy też konstrukcję tanich ogniw słonecznych. Pomimo wielu niewątpliwych zalet, tlenek tytanu(IV) posiada pewne ograniczenia, które wynikają przede wszystkim z jego aktywności głównie w zakresie promieniowania ultrafioletowego, stanowiącego zaledwie kilka procent promieniowania docierającego do powierzchni Ziemi. Dodatkowo silna tendencja do agregacji cząstek tego ciała stałego może niekorzystnie wpływać na wytrzymałość mechaniczną oraz aktywność fotokatalityczną materiałów kompozytowych, które go zawierają. Nie można pominąć także aspektu bezpieczeństwa zastosowania  $\text{TiO}_2$ , którego cząstki o rozmiarach nanometrycznych mogą przenikać barierę krew-mózg, stwarzając realne zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt.

Uwzględniając powyższe fakty, Pan mgr inż. Patryk Jędrzejczak w przedłożonej do oceny rozprawie doktorskiej skupił się na zaprojektowaniu i syntezie materiałów hybrydowych  $\text{TiO}_2$ /lignina (w których tlenek tytanu(IV) występował w formie niezmodyfikowanej, odmianie zmodyfikowanej węglem pochodzącym z glikolu etylenowego lub stanowił składnik tlenku

mieszanego  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ) oraz ich zastosowaniu jako domieszek do zapraw cementowych oraz napelnaczy do wybranych kompozytów polimerowych (na bazie żywicy epoksydowej i polietylenu o niskiej gęstości). Zaproponowane modyfikacje  $\text{TiO}_2$  miały na celu otrzymanie fotokatalizatora, który wykazywałby aktywność również w świetle widzialnym, a jego połączenie z ligniną kraft w materiał hybrydowy prowadziłoby do poprawy dyspersji nanocząstek tlenku tytanu(IV) w matrycy kompozytu. Takie podejście może przyczynić się do rozwiązania problemów wynikających z zastosowania niemodyfikowanego i niezwiązanego w materiał hybrydowy  $\text{TiO}_2$ , przy jednoczesnym zachowaniu korzystnych właściwości mechanicznych, w tym przede wszystkim wytrzymałości na ściskanie oraz zgniatanie. Warto również podkreślić, że Autor położył duży nacisk na dobór odpowiednich metod syntezy i modyfikacji materiałów hybrydowych, których realizacja wpisuje się całkowicie w założenia *Zielonej Chemii* poprzez wyeliminowanie ropopochodnych rozpuszczalników, ograniczenie ilości powstających odpadów, zapewnienie wysokiej czystości produktu końcowego, a także zagospodarowanie produktu odpadowego przemysłu celulozowo-papierniczego. Co więcej, zaproponowane rozwiązania przyczyniają się nie tylko do poprawy parametrów użytkowych kompozytów oraz materiałów je zawierających (zaprawy cementowej, tworzyw polimerowych), ale również do nadania/wzmocnienia właściwości, takich jak zdolność do samooczyszczania powierzchni, usuwanie zanieczyszczeń z powietrza i wody oraz aktywność przeciwdrobnoustrojowa. Takie podejście spełnia doskonale założenia budownictwa zrównoważonego, wykorzystującego nowe technologie i rozwiązania, które znacznie ograniczają zużycie zasobów naturalnych i eliminują negatywnie oddziaływanie na środowisko.

Osiągnięciem naukowym Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka jest cykl siedmiu tematycznie powiązanych artykułów naukowych, które zostały opublikowane w latach 2021-2025 na łamach czasopism naukowych o wysokim współczynniku oddziaływania *Impact Factor*, mieszczącym się w zakresie od 4,7 (*Polymers*) do 10,8 (*Cement and Concrete Composites*). Sumaryczny IF tych prac wynosi 50,6, co daje bardzo wysoką średnią na publikację wynoszącą 7,2. Artykuły stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej są wieloautorские (posiadają od 4 do 12 autorów), przy czym Doktorant występuje jako pierwszy Autor we wszystkich pracach. Stosowne oświadczenia złożone przez pozostałych Współautorów, wskazują jednoznacznie na wiodącą rolę Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka w powstaniu każdej z tych publikacji. Jego wkład naukowy obejmował wszystkie etapy procesu badawczego, począwszy od opracowania i rozwoju koncepcji badawczej (we współpracy z promotorem), zaplanowania i rozwinięcia metodyki pomiarów, poprzez przeprowadzenie prac eksperymentalnych, analizę uzyskanych danych, współudział w dyskusji i interpretacji wyników, przygotowanie grafik i rysunków wizualizujących dane, po współredakcję manuskryptów oraz udział w redagowaniu odpowiedzi na uwagi recenzentów.

Recenzowana rozprawa doktorska napisana jest w języku polskim i zawiera komentarz dotyczący załączonych artykułów naukowych, przedstawiony na 98 stronach maszynopisu. Należy podkreślić, że powstała ona w ramach realizacji projektu OPUS (nr 2019/35/B/ST8/02535) finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, częściowo również dzięki wsparciu uzyskanemu z Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej (NAWA) obejmującego program STER, a także Agencji Grantowej Czech Technical University in Prague (projekt nr SGS23/149/OHK1/3T/11).

Praca doktorska rozpoczyna się *Wykazem skrótów i oznaczeń* oraz *Streszczeniem*, które przedstawiono również w języku angielskim jako *Abstract*. W dalszej kolejności, na 26 stronach, zaprezentowano *Wprowadzenie literaturowe*. Podzielono je na 4 części, które obejmują: (1) charakterystykę tlenku tytanu(IV), ze szczególnym uwzględnieniem jego właściwości fotokatalitycznych i superhydrofilowych, a także bezpieczeństwa stosowania nanometrycznej formy  $\text{TiO}_2$ ; (2) krótki opis ligniny wraz z możliwościami jej zastosowania; (3) definicję, klasyfikację i właściwości organiczno-nieorganicznych materiałów hybrydowych, w tym tych zawierających ligninę oraz (4) przybliżenie znaczenia kompozytów cementowych w zrównoważonym budownictwie, ze wskazaniem roli ligniny jako ich składnika. Ta część pracy oparta jest na 107 pozycjach literaturowych, które ukazały się w przeciągu kilku ostatnich lat, co wskazuje na dużą aktualność podjętego problemu badawczego. W wyniku przeglądu dość obszernego materiału bibliograficznego Autor w przejrzysty i zrozumiały sposób przedstawił najważniejsze zagadnienia, które stanowią bardzo dobre wprowadzenie do dyskusji uzyskanych wyników. Świadczy to o Jego rozległej wiedzy w temacie projektowania, wytwarzania, charakterystyki i zastosowania materiałów kompozytowych, a także umiejętności wyboru i zestawienia najbardziej istotnych informacji, również w postaci samodzielnie wykonanych diagramów i schematów.

Kolejne fragmenty dysertacji zawierają rozdziały zatytułowane: *Motywacja*, *Cel i zakres pracy* oraz *Wykaz artykułów wchodzących w skład rozprawy doktorskiej*. Autor przedstawił w nich problem badawczy stanowiący podstawę rozprawy doktorskiej oraz poprawnie sformułował cel badań i dwie hipotezy badawcze. Te ostatnie dotyczyły, po pierwsze, zwiększenia aktywności fotokatalitycznej w zakresie światła widzialnego dzięki odpowiedniej modyfikacji tlenku tytanu(IV) i poprawy stopnia dyspersji  $\text{TiO}_2$  na skutek dodatku ligniny, oraz po drugie nadania nowych lub polepszenia właściwości matrycy cementowej/polimerowej w następstwie wprowadzenia tlenku tytanu(IV) w formie zmodyfikowanej i związanej w materiał hybrydowy. Weryfikację postawionych tez badawczych podzielono na trzy etapy, które obejmowały: (1) wytypowanie niezmodyfikowanej formy  $\text{TiO}_2$  o rozmiarach nanometrycznych, która wykazuje najkorzystniejsze właściwości fotokatalityczne, wytrzymałościowe, mikrostrukturalne i przeciwdrobnoustrojowe; (2) uzyskanie kompozytu cementowego



charakteryzującego się zdolnością do degradacji zanieczyszczeń organicznych pod wpływem światła widzialnego oraz (3) ograniczenie tendencji nanocząstek  $\text{TiO}_2$  do agregacji w matrycy cementowej i polimerowej poprzez wykorzystanie odpadowej ligniny.

Najobszerniejszy, a zarazem najciekawszy w mojej ocenie rozdział pracy liczy 32 strony i zawiera logiczne, systematyczne oraz syntetyczne przedstawienie wyników prac eksperymentalnych, a także analizy literatury przedmiotu badań. W pierwszej kolejności Autor skupił się na wyborze, spośród sześciu form tlenku tytanu(IV) (różniących się m.in. odmianą polimorficzną, wielkością kryształitów i powierzchnią właściwą) materiału o najkorzystniejszych właściwościach, szczególnie w odniesieniu do aktywności fotokatalitycznej i przeciwdrobnoustrojowej (praca A1). W tym celu zastosował cztery komercyjnie dostępne związki oraz dwa zsyntezowane z różnych prekursorów – tj. z izopropanolanu tytanu(IV) z użyciem metody zol-żel i siarczanu tytanu stosując reakcję hydrolizy w kontrolowanym pH (równym 5,5). W dalszych badaniach, opisanych w pracy A2, Doktorant przeprowadził modyfikację wybranych tlenków (dwóch komercyjnych i dwóch syntetycznych), wprowadzając do ich struktury węgiel, którego źródło stanowił glikol etylenowy. Pełna charakterystyka fizykochemiczna, wytrzymałościowa i fotokatalityczna kompozytów cementowych zawierających cztery modyfikowane węglem tlenki tytanu(IV) doprowadziła do wyłonienia dwóch, które zastosowano w kolejnych etapach badawczych, mianowicie modyfikowany węgiel komercyjnie dostępny  $\text{TiO}_2$  w formie anatazu i modyfikowany węgiel  $\text{TiO}_2$  uzyskany w reakcji hydrolizy siarczanu tytanu.

Niemniej jednak wprowadzone modyfikacje, mimo wielu pożądaných ich aspektów, nie rozwiązały problemu tendencji nanocząstek  $\text{TiO}_2$  do agregacji i aglomeracji w matrycy cementowej. W poszukiwaniu sposobów wyeliminowania lub przynajmniej ograniczenia tego niekorzystnego zjawiska Pan mgr inż. Patryk Jędrzejczak dokonał obszernego przeglądu literaturowego dotyczącego zastosowania ligniny i jej pochodnych w zrównoważonym budownictwie (praca A3). Na tej podstawie wyłonił najbardziej obiecujące rozwiązanie, które opierało się na połączeniu ligniny z komponentem nieorganicznym w strukturę materiału hybrydowego na drodze syntezy mechanochemicznej – metody doskonale wpisującej się w zasady *Zielonej Chemii*.

Jako komponenty nieorganiczne wykorzystano: niezmodyfikowany  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  zmodyfikowany węgiel oraz tlenek podwójny  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ . W celu dostosowania właściwości materiału hybrydowego do jego efektywnego wykorzystania jako składnika kompozytów cementowych lub polimerowych zaproponowano trzy warianty wagowe stosunku składników nieorganicznego do organicznego. W pracy A4 zbadano stosunki 10:1, 5:1 i 2:1 wytypowanych wcześniej fotokatalizatorów tlenkowych modyfikowanych węgiel i ligniny kraft, natomiast w pracy A5 uwagę skupiono na materiale hybrydowym, w którym jako komponent nieorganiczny



zastosowano  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  i stosunki wagowe tlenku podwójnego do ligniny kraft wynoszące 5:1, 1:1 oraz 1:5.

Uwzględniając fakt, że obok kompozytów cementowych w zrównoważonym budownictwie istotne znaczenie mają również kompozyty polimerowe, których właściwości można modyfikować przez odpowiedni dobór napelniaczy, Autor wykorzystał opracowane materiały hybrydowe jako napelniacze żywicy epoksydowej (praca A6) oraz polietylenu o niskiej gęstości (praca A7). W pierwszym przypadku zastosowano ligninę kraft połączoną w materiał hybrydowy z jednym z dwóch rodzajów tlenku tytanu(IV) – tj.  $\text{TiO}_2$  zsyntezowanym z siarczanu tytanu i komercyjnym tlenkiem tytanu(IV) w formie anatazu, natomiast w drugim przypadku wykorzystano jedynie ten drugi komercyjnie dostępny związek. Do obydwu badanych kompozytów polimerowych wprowadzano napelniacze hybrydowe o stosunkach wagowych tlenku tytanu(IV) do ligniny wynoszących 5:1, 1:1 i 1:5.

Przedstawiony przez Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka niezwykle bogaty materiał doświadczalny, a także wnikliwa analiza i interpretacja uzyskanych wyników wnosi znaczący element nowości naukowej w obecny stan wiedzy odnoszący się do projektowania, syntezy, modyfikacji, charakterystyki i zastosowania nowoczesnych materiałów kompozytowych w zrównoważonym budownictwie. Wyniki badań zostały czytelnie przedstawione (między innymi w formie 21 rysunków i 3 tabel), wyczerpująco omówione oraz odniesione do istniejącego stanu wiedzy. Należy podkreślić, że jakość wykresów, rysunków i diagramów jest bardzo dobra, zawierają one często schematyczne przedstawienie omawianych zagadnień zaproponowane przez Autora, co znacznie ułatwia lekturę rozprawy doktorskiej. Ponadto, zastosował On szeroką gamę nowoczesnych technik pomiarowych, które umożliwiły wszechstronną i pełną charakterystykę badanych układów, począwszy od tlenków wyjściowych, przez ich postacie zmodyfikowane węglem i połączenia hybrydowe z ligniną, aż po końcowe materiały cementowe i polimerowe. Wnioski wynikające z przeprowadzonych doświadczeń zostały poprawnie sformułowane i zamieszczone w części *Podsumowanie i wnioski*. Uzyskane wyniki w pełni potwierdziły zasadność postawionych hipotez badawczych, a dojrzała i gruntowna interpretacja uzyskanych rezultatów umożliwiła ich całkowitą weryfikację.

Końcowe fragmenty tej opisowej części pracy zawierają spis cytowanej literatury (łącznie 130 pozycji) oraz prezentację dorobku naukowego Doktoranta. Następnie jako załączniki zamieszczono teksty prac naukowych stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej (A1-A7) oraz oświadczenia wszystkich Autorów dotyczące ich wkładu w powstanie poszczególnych publikacji.

W mojej opinii do najbardziej wartościowych osiągnięć recenzowanej rozprawy doktorskiej należy zaliczyć:



- (1) wytypowanie najefektywniejszych form tlenku tytanu(IV), zarówno komercyjnie dostępnych, jak i otrzymanych laboratoryjnie, w kontekście ich zastosowań jako domieszek do zapraw cementowych;
- (2) określenie optymalnej zawartości  $\text{TiO}_2$  wynoszącej 1% w stosunku do masy cementu przy wykorzystaniu metody planowania eksperymentów (DoE - *Design of Experiments*);
- (3) wykazanie, że wprowadzenie  $\text{TiO}_2$  do matrycy cementowej pozwala na uzyskanie właściwości samooczyszczających oraz prowadzi do poprawy jej czystości mikrobiologicznej;
- (4) potwierdzenie, że modyfikacja tlenku tytanu(IV) za pomocą węgla skutkuje znacznym poszerzeniem jego aktywności fotokatalitycznej w zakresie światła widzialnego;
- (5) uzyskanie dodatków do zapraw cementowych w postaci  $\text{TiO}_2/\text{C}$  powodujących skuteczną degradację zanieczyszczenia organicznego (fenolu) zarówno pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, jak i światła widzialnego, przy jednoczesnej poprawie wytrzymałości na ściskanie produktu końcowego;
- (6) wykorzystanie bardziej opłacalnej i ekologicznej metody mechanochemicznej do uzyskania układów hybrydowych  $\text{TiO}_2$ -lignina kraft, należących do nieorganiczno-organicznych materiałów kompozytowych I klasy, które stanowią obiecującą alternatywę dla tradycyjnych domieszek uplastyczniających;
- (7) udowodnienie, że połączenie tlenku tytanu(IV) w materiał hybrydowy z ligniną kraft poprawia dyspersję nanocząstek  $\text{TiO}_2$  w matrycach cementowych i polimerowych, co sprzyja tworzeniu bardziej jednorodnej mikrostruktury kompozytu i wpływa na jego trwałość i wytrzymałość.

Obowiązkiem recenzenta jest również wskazanie pewnych nieścisłości oraz kwestii dyskusyjnych, co może okazać się przydatne w planowaniu przyszłych badań naukowych. Mam kilka drobnych uwag i sugestii, które przedstawiałam poniżej.

- (1) Właściwości fotokatalityczne badanych materiałów określano poprzez utlenianie modelowego zanieczyszczenia organicznego. Dla przykładu w przypadku niemodyfikowanych tlenków tytanu(IV) zastosowano 4-chlorofenol, a dla kompozytów cementowych zawierających  $\text{TiO}_2/\text{C}$  lub  $\text{TiO}_2$ -lignina kraft wykorzystano fenol. Dlaczego nie zdecydowano się na jeden z tych związków, co umożliwiłoby bezpośrednie porównanie odpowiednich wyników?
- (2) W celu modyfikacji tlenku tytanu(IV) zastosowano glikol etylenowy jako źródło węgla. Dlaczego dokonano takiego właśnie wyboru i czy rozważano zastosowanie innych prekursorów węglowych, np. pochodzących z biomasy odpadowej?
- (3) Przy wytwarzaniu materiałów hybrydowych zawierających ligninę zastosowano różne stosunki wagowe komponentu nieorganicznego do ligniny. W sytuacji, gdy komponentem



nieorganicznym był  $\text{TiO}_2$  modyfikowany węglem wynosiły one 10:1, 5:1 i 2:1, natomiast gdy tę rolę pełnił tlenek podwójny  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$  były one równe 5:1, 1:1 oraz 1:5. Tylko jedna z tych wartości pokrywała się dla obu serii materiałów hybrydowych z ligniną, co ułatwia porównanie uzyskanych danych. Co było powodem takiego wyboru?

- (4) Czy w kontekście założeń budownictwa zrównoważonego nie należałoby zwrócić także uwagi na aspekt stabilności termicznej kompozytów cementowych i polimerowych zawierających opracowane przez Autora materiały hybrydowe tlenek tytanu(IV)-lignina?
- (5) Proszę Doktoranta o wskazanie przyszłych kierunków badań będących odpowiedzią na ewentualne zagadnienia/problemy, które pojawiły się podczas realizacji rozprawy doktorskiej.

Przedstawione powyżej uwagi, pytania lub sugestie nie wpływają jednak na ogólną bardzo wysoką ocenę dysertacji i w żadnym stopniu nie umniejszają wartości merytorycznej prezentowanych rezultatów. Mają one jedynie charakter dyskusyjny i wynikają przede wszystkim z chęci poznania opinii Autora odnośnie wybranych kwestii bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy.

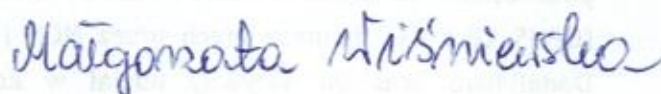
Na szczególnie wyróżnienie zasługuje imponująca aktywność naukowa Doktoranta, która znacząco wykracza poza przeciętne osiągnięcia prezentowane przez młodych naukowców. Pan mgr inż. Patryk Jędrzejczak jest współautorem 15 oryginalnych publikacji naukowych oraz 4 rozdziałów w monografiach. Artykuły naukowe ukazały się w specjalistycznych czasopismach znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports*, a ich sumaryczny IF wynosi 101, co daje średnią wartość przypadającą na jedną pracę równą 6,73. Odpowiadająca im liczba punktów według wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego to 1860 (124 na jedną pracę). Na podkreślenie zasługuje również udział Doktoranta w roli wykonawcy w 3 projektach – dwóch (OPUS 18 i 23) finansowanych przez NCN i jednym Interdyscyplinarnym Grancie Rektora. Dodatkowo brał On aktywny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych, wygłaszając 1 wykład sekcyjny i 2 komunikaty oraz prezentując 9 posterów. Ponadto Doktorant odbył trzymiesięczny staż naukowy w Czech Technical University w Pradze. W 2024 r. został laureatem stypendium dla młodych badaczy z poznańskiego środowiska naukowego za wyróżniający się dorobek naukowy. O Jego rozpoznawalności na arenie międzynarodowej świadczy ilość cytowań przekraczająca 450 oraz indeks *Hirscha* równy 9 (baza *Scopus*, na dzień 24.03.2025 r.). Obie wartości są bardzo wysokie, biorąc pod uwagę fakt, że dotyczą one młodego pracownika, który dopiero rozpoczyna swoją karierę naukową.

Podsumowując, jednoznacznie stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska zatytułowana „Projektowanie funkcjonalnych nano- i mikromateriałów o właściwościach fotokatalitycznych i przeciwdrobnoustrojowych” stanowi oryginalne



opracowanie naukowe, które spełnia kryteria zwyczajowe, a przede wszystkim wymagania formalne wymienione w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571 z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto składam wniosek o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej, motywując go aktualnością podjętej tematyki badawczej, jej rozległym zakresem, wysoką jakością prezentowanych wyników oraz ważnym aspektem praktycznym. Ponadto wyniki badań zostały opublikowane na łamach czasopism specjalistycznych o wysokim współczynniku IF, co dowodzi istotnego wkładu uzyskanych rezultatów w istniejący stan wiedzy. Chciałabym podkreślić również nowatorskie podejście do postawionego problemu badawczego, a także samodzielność Doktoranta w jego rozwiązaniu. Wykorzystanie całej gamy nowoczesnych technik pomiarowych oraz umiejętność interpretacji i korelacji uzyskanych wyników doprowadziła do zaprojektowania i wytworzenia wielu układów opartych na tlenku tytanu(IV), ich wszechstronnej charakterystyki obejmującej m.in. właściwości fizykochemiczne, strukturalne, fotokatalityczne i przeciwdrobnoustrojowe, oraz zastosowania tych materiałów w kompozytach cementowych i polimerowych. Co więcej, tematyka rozprawy ma charakter interdyscyplinarny, łącząc zagadnienia z zakresu nauk chemicznych, inżynierii materiałowej i budownictwa zrównoważonego. Stanowi to potwierdzenie rozległej i ugruntowanej wiedzy Doktoranta w tych dziedzinach. W mojej ocenie ponadprzeciętna i wielokierunkowa aktywność naukowa Pana mgr. inż. Patryka Jędrzejczaka bez wątpienia zasługuje na wyróżnienie.



Prof. dr hab. Małgorzata Wiśniewska

