



**Do Pana Dyrektora**  
**Prof. dr. hab. Dariusza Kaczorowskiego**  
**Instytut Niskich Temperatur**  
**i Badań Strukturalnych**  
**Ul. Okólna 2**  
**50-422 Wrocław**

**Prof. Dr. hab. Michael Giersig**  
**Foreign member of Polish Academy of Sciences**  
**Head of Department:**  
Theory of Continuous Media and Nanostructures  
Institute of Fundamental Technological Research  
Polish Academy of Science  
Pawińskiego St. 5B; 02-106 Warsaw, Poland  
e-mail: mgiersig@ippt.pan.pl  
phone: (+48) 22 826 12 81 ext. 410  
mobile: +49 15754999168  
<https://www.ippt.pan.pl>

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr Nicole Nowak**

**pt. „Otrzymywanie oraz badanie kompozytów na bazie nanokrystalicznych apatytów  
domieszkowanych biologicznie aktywnymi jonami przeznaczonych do wypełnień  
ubytków tkankowych oraz regeneracji tkanek.”**

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr Nicole Nowak, której promotorem jest **prof. dr hab. Rafała J. Wigłusza**, powstała w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego, Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu i została przygotowana w języku polskim.

Rozprawa doktorska mgr Nowak składa się z 7-miu rozdziałów, zaczynając od życiorysu naukowego kandydatki rozdział 1; celu pracy i teoretycznych podstaw regeneracji tkanki kostnej, charakterystyki nanomateriałów, właściwości biologicznych i fizyko-chemicznych stosowanych materiałów jak również metody ich charakteryzacji poczynając od strukturalnych i kończąc na toksyczności w rozdziale drugim. Rozdział trzeci, zawierający krótki wstęp w kontekście interpretacji wyników badań w załączonych tematycznie się zająbiających i uzupełniających artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych (załączone publikacje w języku angielskim). W rozdziale czwartym przedstawione są wnioski wynikające z przeprowadzonych badań w formie krótkich zwięzłych podsumowań zawartych w 7 podpunktach. Rozdział 5-ty zawiera jedno stronicowe streszczenie. Rozdział 6 zawiera angielskie tłumaczenie rozdziału 5. Pracę kończy spis literatury, rozdział 7.

**Celowość podjęcia tematu badawczego**

Przedmiot badań recenzowanej pracy doktorskiej jest nowatorski a tematyka badawcza wchodzi w istotny obszar tworzenia i badania nowych nanomateriałów i nanokompozytów posiadających potencjał do zastosowań w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej. Proponowane i wytworzone do badań nanomateriały na bazie apatytu posiadające właściwości pretendujące je do zastosowań w nowoczesnej medycynie regeneracyjnej stanowiły główny cel niemniejszej pracy doktorskiej. Nowatorska synteza oraz modyfikacja matrycy apatytu przez wprowadzenie biologicznie aktywnych pierwiastków, jak: stront wanad i rubid mających na celu poprawienie i wzmocnienie biokompatybilności, wsparta wynikami z zaawansowanych metod ich charakteryzacji strukturalnej, fizykochemicznej i biologicznej były ambitnym i innowacyjnym wezwaniem przedłożonego doktoratu.

YTB

### Ocena merytoryczna pracy

Stanowiące meritum pracy i opublikowane w czasopiśmie *Nanomaterials* (ISSN: 2079-4991; IF: 5,4) trzy publikacje, wykazują bardzo dobry poziom naukowy i mimo obecnie prowadzonej akademickiej dyskusji na temat wydawnictwa MDPI, jego wybór zawłaszcza w kontekście tematycznym uważam za prawidłowy.

Pierwsza z cyklu prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej zatytułowana "A study of vanadate group substitution into nanosized hydroxyapatite doped with  $\text{Eu}^{3+}$  ion as a potential tissue replacement material" autorstwa Nicole Nowak oraz Rafała Jakuba Wiglusza opublikowana została w 2021 r. Głównym celem tej pracy było zastąpienie grupy fosforanowej grupą wanadanową w strukturze hydroksyapatytu, mającą bezpośredni wpływ na poprawę biokompatybilności materiałów. Przedstawione zaawansowane badania fizykochemiczne i biologiczne umożliwiły wyjaśnić wpływ grup wanadanowych na strukturę krystaliczną hydroksyapatytu, i korelacje z właściwościami luminescencyjnymi jonów  $\text{Eu}^{3+}$  w utworzonej strukturze i inspirują ich potencjalne zastosowania w technikach obrazowania biomateriałów. Przedstawione innowacyjne podejście do syntezy nowych związków z komplementarnymi badaniami biokompatybilności są nie tylko nowością, ale wskazują ewidentnie na ich możliwe zastosowania jako wypełniacze tkanki kostnej w medycynie regeneracyjnej.

Druga z załączonych prac zatytułowana "Synthesis and investigation of physicochemical properties and biocompatibility of  $\text{Tb}^{3+}$  and  $\text{Sr}^{2+}$  ions co-doped phosphate-vanadate hydroxyapatite" opublikowana w 2023 roku skupia się na syntezie oraz charakterystyce nowych materiałów o strukturze hydroksyapatytu, domieszkowanych jonami  $\text{Tb}^{3+}$  i  $\text{Sr}^{2+}$  w integracji z grupami wanadu, do potencjalnych zastosowania w jako biomateriałów. Zakończona sukcesem wymiana grupy fosforanowej alternatywnymi grupami wanadanowymi oraz wprowadzenie jonów  $\text{Tb}^{3+}$  i  $\text{Sr}^{2+}$  wpłynęła korzystnie na regenerację i biozgodność tkanki kostnej. W ramach przeprowadzonych studiów zastosowano hydrotermalną metodę syntezy kontrolującą wzrost krystaliczności oraz przeprowadzono analizę strukturalną i luminescencyjną. Przeprowadzone testy biologiczne potwierdziły biokompatybilność materiałów z żywymi komórkami wykazując i potwierdzając ich potencjalne zastosowania w medycynie regeneracyjnej. Również ta publikacja zawiera innowacyjne podejście do modyfikacji struktury hydroksyapatytu z wykorzystaniem jonów  $\text{Tb}^{3+}$  i  $\text{Sr}^{2+}$ , domieszkowanych grupami wanadu wykazuje i posiada udokumentowany potencjał do zastosowań w bio-obrazowaniu i medycynie regeneracyjnej.

Trzecia załączona publikacja zatytułowana "Structural, spectroscopic, and biological characterization of novel rubidium(I) and europium(III) co-doped nano-hydroxyapatite materials and their potential use in regenerative medicine" autorstwa Nicole Nowak, Dominiki Czekanowskiej, John M. Reeks'a oraz Rafała Jakuba Wiglusza opublikowana w 2022 roku, przedstawia wyniki studiów związane z syntezą oraz charakterystyką nanomateriałów opartych na strukturze hydroksyapatytu, domieszkowanych jonami  $\text{Eu}^{3+}$  oraz współdomieszkowanych jonami  $\text{Rb}^{+}$ . Biorąc pod uwagę poprzednie publikacje wybór tematu badań jest spójny, uzasadniony oraz komplementarny pod względem potencjalnych zastosowania tych materiałów do obrazowania obiektów biologicznych i aplikacji w medycynie regeneracyjnej i inżynierii tkankowej.

Przedstawione publikacje są spójne i komplementarne, otrzymane rezultaty potwierdzają osiągnięcie założonych celów w badaniach naukowych które skupiły się na modyfikowanej strukturze hydroksyapatytu o nowych dotąd niepublikowanych właściwościach i potwierdziły ich wysoką biozgodność z fibroblastami ludzkimi, jak również z fibroblastami mysimi. Aktywność metaboliczna badanych linii komórkowych osiągała najwyższe wyniki w wysokich stężeniach, przy uwzględnieniu również wysokiej biozgodności badanych nanomateriałów wobec linii osteoblastów jak i erytrocytów, potwierdzono ich wysoki potencjał do zaawansowanych badań biologicznych, włączając testy *in vivo*.



**Instytut Podstawowych Problemów Techniki  
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**



Załączone oświadczenia doktorantki potwierdzają jej istotny i kierowniczy wkład w badaniach i udział w powstaniu artykułów.

W rozdziale czwartym przedstawione są wnioski wynikające z przeprowadzonych badań w formie krótkich zwięzłych podsumowań zawartych w 7 podpunktach, wartość podsumowań i ich znaczenie należałoby rozszerzyć opisując krótko i jednoznacznie ich pozytywne i negatywne właściwości.

Do poprawy są drobne błędy edytorskie, niestaranność edytorska (błędna numeracja rozdziału 6, jako że jest to tylko angielskie tłumaczenie streszczenia rozdział 5). Przytoczone błędy edytorskie i stylistyczne nie pomniejszają wartości merytorycznej doktoratu.

**Ocena całego dorobku naukowego i zawodowego**

Z załączonych dokumentów wynika, że Pani mgr. Nicole Nowak jest również współautorką 7 prac, nie wchodzących w skład przedłożonej pracy doktorskiej oraz 1 zgłoszenia patentowego. Brała udział jako doktorantka w konferencjach, w sesjach plakatowych oraz jako prelegent. Swoją edukacyjny dorobek poszerzała na szkoleniach i brała aktywny udział w innych grantach badawczych. Podjęta w doktoracie nowatorska tematyka badawcza jest innowacyjna, rezultaty badań przedstawione są w sposób prawidłowy. Autorka badań wykazała się bardzo dobrą znajomością metodyki syntezy oraz badań materiałów luminescencyjnych. Zarówno opis teoretyczny jak i eksperymentalny zawarty w załączonych artykułach naukowych jest poprawnie opisany i opracowany. Badania prowadzone są spójnie, zastosowane techniki badawcze zostały poprawnie dobrane i umożliwiły realizację zakładanych celów. Źródła literaturowe z czasopism z listy filadelfijskiej są dobrze dobrane z zgodne z tematem doktoratu. Recenzowana praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, jakim jest synteza i badania materiałów o wysokim potencjale aplikacyjnym w medycynie regeneracyjnej oraz jednoznacznie wskazuje na zaawansowaną wiedzę teoretyczną autorki badań potwierdzoną wynikami w zakresie samodzielnego prowadzenia eksperymentalnej pracy naukowej. Profesjonalny opis badań potwierdza dojrzałość naukową kandydatki. Rozprawa doktorska mgr Nicole Nowak jest zredagowana logicznie i przejrzysto nie zawiera błędów merytorycznych, interpretacja wyników jest poprawna.

**Ocena końcowa**

Przedłożona praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemów naukowych dotyczących poznania procesów tworzenia i stosowania nanomateriałów na bazie apatyty do dalszych badań i ich potencjalnego zastosowania w medycynie regeneracyjnej. Uważam, że przedłożona praca doktorska jest wkładem naukowym na bardzo dobrym międzynarodowym poziomie. Postawione cele badawcze zostały przekonująco osiągnięte. W niniejszej pracy doktorantka zaprezentowała, umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej i wykazała się profesjonalnym zaangażowaniem w prace eksperymentalne. Praca doktorska przygotowana przez mgr Nicole Nowak spełnia warunki stawiane pracom doktorskim określone w artykule 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z poz.zm.).

Zatem, wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Nicole Nowak do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Warszawa, 27.11.2023

416