

dr hab. inż. Ewa Stodolak-Zych, prof. AGH  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
Katedra Biomateriałów i Kompozytów

Kraków dn. 20.07.2024

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

**mgr inż. Oliwia Jeznach**

***pt. Modyfikacja powierzchni włókien z biodegradowalnych poliestrów alifatycznych za pomocą reakcji aminolizy i przyłączania żelatyny do zastosowań w inżynierii tkankowej***

rozprawa doktorska realizowana w Samodzielnej Pracowni Polimerów i Biomateriałów  
pod kierunkiem

**prof. dr hab. inż. Pawła Łukasza Sajkiewicza**

promotor

**dr inż. Dorota Kołbuk-Konieczny**

promotor pomocniczy

**na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, na podstawie decyzji ww. Rady Naukowej IPPT PAN z dnia 25 kwietnia 2024 (pismo z dnia 29 kwietnia 2024).**

### **Wstęp**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została oceniona na podstawie następujących kryteriów:

1. Prawidłowość zdefiniowania problemu naukowego i jego oryginalność
2. Poprawność celów i hipotez badawczych oraz poziomu ich weryfikacji
3. Poprawność prezentacji wyników badań i wnioskowania
4. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz dorobek naukowy

### **1. Zdefiniowanie problemu badawczego i jego oryginalność**

Ostatnie trzydziestolecie, śmiało można nazwać złotym okresem inżynierii tkankowej i medycyny regeneracyjnej (TERM). Idea jaka przyświecała szeroko badanemu rozwiązaniu wiązała się z pełną naprawą lub regeneracją uszkodzonej tkanki/narządu, które bazuje na skutecznym połączeniu komórek, trójwymiarowego podłoża (rusztowania 3D) i/lub czynników stymulujących ich wzrost i rozwój. Szerszym pojęciem, pod którym obecnie działa inżynieria tkankowa (TE) jest termin medycyny regeneracyjnej (RM), która łączy wypracowane podejście TE w zakresie podłoża 3D i komórek macierzystych z innymi strategiami (w tym terapią komórkową, terapią genową i immunomodulacją). Za sukces naukowo-badawczy inżynierii tkankowej należy uznać wypracowanie ok. 30 rozwiązań klinicznych dostępnych w leczeniu uszkodzeń skóry, chrząstki czy kości (dostępna klinicznie grupa produktów TE to np.; substytuty skóry tj. Apograft®, Dermograft®, DenovoSkin™, OrCel®, TransCyte®; rozwiązania na potrzeby uszkodzonej chrząstki w postaci podłoża 3D tj.; Biocart™,

BioSeed®, CaReS®, MACI®, NeoCart®; systemy hybrydowe łączące podłoża z komórkami macierzystymi stosowanych w uszkodzeniach kości takimi jak: BIO4®, OsteoCel®, ViBone®, ViviGen®). Co warto podkreślić rozwiązania TE coraz częściej są włączane w leczenie uszkodzeń narządów i tkanek szczególnie trudnych takich jak rogówka (NT-501®) czy naczynia krwionośne (VascuGel™).

Oczywiście zapotrzebowanie na terapie wspomagające procesy regeneracji uszkodzeń dotyczą większej grupy tkanek i narządów a w literaturze znaleźć można wiele ciekawych rozwiązań, jednak ich implementacja nie jest tak łatwa. Wynika to z szeregu ograniczeń TE, które uniemożliwią wprowadzenie szerszej gamy konstruktów gotowych do użytku klinicznego. Wymienić tu należy chociażby problemy związane z neowaskularyzacją i unerwieniem większych konstruktów (pow. centymetrów), których brak prowadzi może do obumierania komórek zasiedlających konstrukt. Kolejnym wyzwaniem z jakim mierzy się TE jest redukcją immunogenności rusztowań, które powinny być kompatybilne, nie tylko z otaczającą tkanką, ale nade wszystko współdziałać z układem odpornościowym organizmu. Zagadnienie to jest ściśle powiązane z dostępnością do niezawodnych źródeł komórek (w tym komórek macierzystych) i umiejętnością ich różnicowania się w pożądane typy w warunkach *in vivo*. Ostatnim, ale jakże często poruszanym w pracach naukowych zagadnieniem stanowiącym nadal skuteczną barierę dla produktów TE i ograniczającą ich karierę kliniczną są same rusztowania 3D. Nie chodzi tu o ilość proponowanych rozwiązań materiałowych ale przede wszystkim o zapewnienie im wysokich wymagań co do biokompatybilności, biodegradowalności, mikrostruktury i biomechaniki takiego podłoża a nade wszystko właściwości powierzchni ułatwiających adhezję, proliferację a nawet kierunkowego różnicowania się komórek. Są to zjawiska konieczne, stymulujące naprawę uszkodzenia przez poprawne współdziałanie: podłoża, komórek i środowiska zewnętrznego wraz z jego czynnikami. Brak poprawnej interakcji pomiędzy komórką a materiałem rusztowania może prowadzić do słabej integracji tkanek, związanej z osiągnięciem odpowiedniej sygnalizacji elektrycznej, mechanicznej i biochemicznej a dalej wywoływać niepożądane reakcje immunologiczne skutkujące zahamowaniem procesu regeneracji.

Podjęmowany na równi z inżynierią tkankową temat interakcji komórki z biomateriałem nadal pomimo wyjaśnienia podstaw zjawiska, czynników indukujących adhezję, proliferację czy sekrecję komórek nie rozwiązuje problemu pewności ich zachowania w warunkach *in vivo*, a tym samym swoistej optymalizacji odpowiedzi komórkowej w zależności od rodzaju komórek, rodzaju podłoża (materiału i formy). W rezultacie nie gwarantuje odpowiedzi zgodnej z założeniem definiującym inżynierię tkankową. Wiedza w tym zakresie mogłaby okazać się przełomowa i otworzyłaby drzwi inżynierii tkankowej na większość problemów klinicznych rozwiązywanych obecnie przez złoty standard za jaki uważa się decelularyzowaną macierz zewnątrzkomórkową. Sukces kliniczny decelularyzowanego ECM wynika zarówno z dopasowanej mikrostruktury (włókna kolagenowe) jak i atrakcyjności biochemicznej (proteoglikany, glikozaminoglikany), skutkującej łatwiejszym kotwiczeniem, rozplaszczaniem i namnażaniem się komórek na decECM. Jak zauważa Doktorantka w części wprowadzającej kluczową rolę w odpowiedzi komórkowej syntetycznego podłoża odgrywają białka, które dzięki biochemicznemu powinowactwu do białek plazmalemmy są czynnikiem warunkującym adhezję komórek i ich późniejszą aktywność metaboliczną. W odniesieniu do przytoczonych argumentów uważam tematykę pracy związaną z modyfikacją chemiczną (aminoliza) i

immobilizacją żelatyny na powierzchni włókien elektroprzędzonych za aktualną, istotną dla obszaru TERM a co ważne nadal ciekawą – bo jak wykazała Doktorantka – mającą braki choćby w zakresie badań podstawowych dotyczących zachowania się popularnych poliestrów alifatycznych (PLLA, PCL, PCLA) w zależności od formy materiału (włókno/folia) w procesach tak szeroko opisywanych w literaturze jak hydroliza czy aminoliza. Dodatkowym atutem pracy jest pokazanie skutecznego łączenia relatywnie prostych zabiegów chemicznych (aminolizy, hydrolizy, obróbki plazmą niskotemperaturową z immobilizacją polipeptydu), które mogą być przydatne w opracowaniu szerszej technologii produktów inżynierii tkankowej opartych na podłożach z grupy poliestrów alifatycznych.

Uzasadnienie podjętej tematyki i sukcesywną realizację podjętych celów Doktorantka przedstawia w formie cyklu 4 tematycznie spójnych publikacji opublikowanych w latach 2019-2022 w czasopiśmie JCR, poprzedzonych 30 stronicowym przewodnikiem. Przedstawiona do recenzji praca zawiera również oświadczenia współautorów potwierdzających wiodącą rolę Doktorantki w pracach stanowiących podstawę merytoryczną w ubieganiu się pani mgr inż. Oliwi Jeznach o stopień doktora w dziedzinie inżynierii materiałowej. Wszystkie wskazane prace odznaczają się wysokim poziomem naukowym o czym świadczą dane bibliometryczne czasopisma (IF 3,9-5,0), w których prace te zostały opublikowane jak i ilości cytowań tych prac, która pomimo ich niedawnej publikacji wynosi między 2-39 (na dzień 20.07.2024) i świadczy o zainteresowaniu środowiska naukowego podejmowaną tematyką badawczą.

## **2. Poprawność celów i hipotez badawczych oraz poziomu ich weryfikacji**

Ze względu na mimetyzm teksturalny włókien elektroprzędzonych, podłoża włókniste otrzymywane tą metodą, są często typowane jako rozwiązanie celowane w potrzeby inżynierii tkankowej. Wykorzystane w badaniach trzy rodzaje poliestrów alifatycznych: polikaprolakton (PCL), poli-L-laktyd i kopolimer laktydu i kaprolaktonu (PLCL) zostały porównane pod kątem podatności na proces aminolizy i skuteczności tego procesu w zależności od postaci podłoża (włókna/folia). Doktorantka słusznie podkreśla, po przeprowadzeniu studium literaturowego, że uzupełnienie wiedzy podstawowej w zakresie przebiegu aminolizy zachodzącej w submikronowych włóknach, które w trakcie powstawania narażone są na współdziałanie sił elektrostatycznych i fizykochemicznych może prowadzić do reorientacji grup funkcyjnych a tym samym odmiennego przebiegu procesu w porównaniu do materiałów formowanych konwencjonalnie np. metoda odlewania folii. W zależności od długości łańcucha alifatycznego poliestru zastosowana modyfikacja chemiczna (aminoliza) jest dobrym etapem wstępnym ułatwiającym (nie)stabilną adsorpcję białka co może wpływać na jakość odpowiedzi komórkowej. Sukcesywnie realizowane cele cząstkowe pracy przedstawione w rozdziale drugim są odzwierciedleniem kolejnych etapów badań opisanych i opublikowanych w sekwencji manuskryptów wchodzących w skład monotematycznego cyklu stanowiącego podstawę rozprawy doktorskiej. Warto podkreślić, że tak nakreślony cykl pracy badawczej umożliwił jednoznaczne potwierdzenie zdefiniowanych hipotez badawczych które brzmiały:

- (1) *Specyfika struktury submikronowych włókien formowanych metodą elektroprzędzenia determinuje przebieg i efektywność procesu aminolizy, który jest inny niż w przypadku odlewanych folii poliestrowych a zróżnicowana struktura poliestrów wpływa na przebieg aminolizy*



- (2) *Możliwy jest taki dobór warunków aminolizy, który prowadzi do osiągnięcia takiego stężenia grup aminowych na powierzchni włókien, które umożliwia przyłączenie żelatyny w stężeniu zapewniającym poprawę odpowiedzi komórkowej, nie naruszając morfologii włókien i ich wytrzymałości mechanicznej.*

Konsekwentnie prowadzone badania pozwoliły Autorce rozprawy nie tylko na szczegółową analizę kolejnych etapów procesu modyfikacji włókien i określenia jej wpływu na stabilność warstwy modyfikującej oraz odpowiedź komórkową ale przede wszystkim dzięki zastosowaniu kompleksowego zestawu metod badawczych umożliwiły określenie odpowiedniego stężenia grup aminowych determinujących immobilizację żelatyny do powierzchni włókna. Takie podejście do postawionych problemów naukowych dowodzi dojrzałości naukowej Doktorantki, sprawności w zakresie planowania i realizacji badań laboratoryjnych, które co istotne - są skutecznie publikowane. Nie często zdarza się, że publikacje są odwzorowaniem realizowanych częściowych założeń badawczych, co więcej, że są one publikowane chronologicznie – zgodnie z założeniami pracy.

### **3. Poprawność prezentacja wyników badań i wnioskowania**

Cykl publikacji poprzedza przewodnik składający się z 10 rozdziałów, w których Doktorantka przedstawia zasadność podjętej tematyki, częściowe cele badawcze i hipotezy które poddane zostały weryfikacji (rozdziały 1-3) w toku badań eksperymentalnych nad wybranymi materiałami i przy zastosowaniu konkretnych metod badawczych (rozdziały 4-5). Ostatnie rozdziały to poszerzone abstrakty publikacji wchodzących w skład rozprawy oraz podsumowanie i wnioski wynikające z analizy opublikowanych danych (rozdziały 6-7). Właściwą część pracy stanowią 4 publikacje, w których Doktorantka jest pierwszym (3 z nich) lub/i korespondencyjnym autorem (2 z nich). Z racji tego, że prace opublikowane poddane były już procesowi ewaluacji moje uwagi mają charakter porządkujący lub dyskusyjny.

Co do tytułu i lokalizacji ostatniego rozdziału; *Elementy wkładu oryginalnego* można by się spierać czy jest on klarowny i w pełni oddaje koncepcję pracy. Dodanie kontekstu do tytułu np. *Elementy oryginalnego wkładu w badaniach nad modyfikacją powierzchni włóknistych podłoży elektroprzędzonych* wyeksponowałoby oryginalność naukową a jego ułożenie zaraz po hipotezach badawczych przygotowałoby do ukierunkowanego czytania publikacji. Uwaga ta jest raczej porządkowa niż merytoryczna ale z racji roli – zobowiązana jestem do jej wprowadzenia.

Czytając kolejne prace z cyklu publikacyjnego nie mam wątpliwości, że Doktorantka dobrze czuje się w poruszanej tematyce; rozumie wpływ poszczególnych zabiegów na wybrane typy materiałów, świadomie używa metod chemicznych i fizykochemicznych do nadania powierzchniom włókien pożądanym zmian, a co ważniejsze weryfikuje skuteczność modyfikacji i ich wpływ na właściwości użytkowe materiału. Generalnie zastosowane metody badawcze uważam za dobrze dobrane – szczególnie testy analityczne i chemiczne pozwalające na wyznaczenie ilości aktywnych grup funkcyjnych (amidowych, karboksylowych) których wyniki konfrontowane są z danymi uzyskanymi np. chromatografii żelowej (GC) czy spektroskopii fotoelektronów (XPS). Pewien mój niedosyt wymagających uzupełnienia ze strony p. Doktorantki dotyczy informacji na temat warunków badania i informacji jakie można uzyskać np. z zastosowanej w trzech pracach techniki FTIR-ATR. Na jakim kryształach prowadzone były badania całkowitego wewnętrznego odbicia (ATR) w trzech spośród czterech

publikacji. Dane te są szczególnie istotne w pracy pt.: *Aminolysis of various aliphatic polyesters in a form of nanofibers and films*, bowiem od rodzaju kryształu zależy głębokość wnikania promieniowania IR a tym samym odpowiedzi co do zmian zachodzących w strukturze materiału. W wymienionej publikacji Doktorantka prowadzi modyfikację powierzchni materiału, który ma dwie różne formy, ale nie podaje grubości folii ani grubości włóknistych mat czy wielkości włókien elementarnych (są one znane bo wykonuje potem badania mechaniczne). Reakcja aminolizy zachodzi typowo powierzchniowo więc istotny jest tu wybór kryształu ATR umożliwiający zbadania warstwy powierzchniowej. O ile w przypadku folii ma to mniejsze znaczenie (jest gładka i jak wskazują badania bardziej uporządkowana niż włókno elementarne, szczególnie gdy mowa o PLLA, PCLA) o tyle włókno submikronowe ze swoją geometrią i średnicą (0,1-1  $\mu\text{m}$ , zdjęcia włókniny brak w pracy, nie jest dostępne również w suplemencie manuskryptu) ma mniejszą szansę na analizę ATR, szczególnie jeśli wiadomo, że głębokość penetracji promieniowania podczerwonego na kryształach ZnSe czy diamentowym to ok. 1-2  $\mu\text{m}$ , a na kryształach germanowym 0,5-1  $\mu\text{m}$ . To powinno tłumaczyć subtelne zmiany lub ich brak w widmach prezentowanych w tej publikacji. W mojej ocenie bardziej trafnym wyborem, służącym śledzeniu zmian powierzchniowych włókien jest wykorzystanie techniki XPS. Doktorantka wykorzystała ją w drugiej pracy cyklu pt.: *Aminolysis as a surface functionalization method of aliphatic polyester nonwovens: impact on material properties and biological response*. W przypadku polimerów głębokość analityczna XPS zależy od energii fotonów rentgenowskich oraz materiału próbki, jednak w przypadku polimerów pozwala uzyskać informacje o składzie na kilka nanometrów w głąb materiału włókna. W ostatniej z publikacji pt.: *A comparative study of three approaches to fibre's surface functionalization* gdzie włókna poddawane są działaniu drastycznych warunków np. hydrolizy (6h NaOH) zmiany we włóknach PCLA są widoczne powierzchniowo (SEM) i objętościowo i tam technika FTIR-ATR jest jak najbardziej uzasadniona (wszystkie włókna podlegają tym samym zmianom). Tu jednak również brakuje informacji o wykorzystanym w badaniach kryształach (przystawce ATR). Nie jestem przekonana czy technika FTIR-ATR jest w ogóle dobrym rozwiązaniem (choć często prezentowanym w badaniach naukowych) względem śledzenia zmian powierzchniowych we włóknach mikrometrycznych czy submikronowych, czy nie lepszym byłaby tu technika FTIR-DRIFT detekcji zmian powierzchniowych w ciałach stałych (adsorpcja, chemisorpcja, czy funkcjonalizacja chemiczna). Proszę o odniesienie się do tego zagadnienia.

Drugim zagadnieniem, do którego prosiłabym się odnieść w kontekście prac pt.: *Aminolysis of various aliphatic polyesters in a form of nanofibers and films*, a także, nie tylko tego artykułu ale również *Aminolysis as a surface functionalization method of aliphatic polyester* jest sposób przedstawienia i interpretacja wyników badań mechanicznych. O ile w przypadku rozciągania folii polimerowych wyniki tego testu w postaci wytrzymałości, wydłużenie czy nawet moduł Younga mają uzasadniony sens ze względu na zdefiniowane pole przekroju próbki i naprężenie, które prowadzi do konkretnych odkształceń; podawanie danych tabelarycznych, z właściwą statystyką zupełnie wystarcza. Sytuacja badań mechanicznych włókien złożonych z różnokierunkowo ułożonych włókien często więcej niż dwumodalnych (w pierwszej publikacji jak wspominałam brakuje choćby zdjęcia czy rozkładu wielkości włókien), dodatkowo cechuje się wysoką porowatością – trudno mówić o zdefiniowanym przekroju. W jaki sposób i w jakim celu p. Doktorantka wyznaczała moduł Younga dla włókien, z którego zakresu krzywej siła-odkształcenie korzystała i dlaczego właśnie z tego? Jakie warunki musiałyby zostać spełniane przez Badacza żeby informacja o module sprężystości we włókninie mogła zostać podana. W

mojej opinii w przypadku włóknin lepszym rozwiązaniem jest przedstawienie informacji na temat właściwości mechanicznych materiałów włóknistych tak jak Autorka zaprezentowała w pracy cyklu p.t.; *A comparative study of three approaches to fibre's surface functionalization* gdzie posługuje się krzywymi siła-odkształcenie, oddającymi to co w rzeczywistości dzieje się w materiale (a także dowodzącymi dlaczego nie można posługiwać się modulem Younga w badaniach włóknin o randomowym ułożeniu włókien). Proszę o odniesienie się do tych zagadnień.

Ostatnim pytaniem dotyczącym metodyki i uzyskanych na jej podstawie wyników są dane biologiczne prezentowane i omawiane w pracy: *A comparative study of three approaches to fibre's surface functionalization*. Doktorantka wykorzystuje test Presto Blue używany już we wcześniejszych pracach gdzie zgodnie z protokołem producenta pokazuje aktywność metaboliczną komórek L929 (żywołności) odnoszona do kontroli czyli TCPS (100% żywołności komórek po zadanym czasie). W ostatniej pracy badania biologiczne wykonane są za pomocą tego samego testu Presto Blue™ jednak jako wynik prezentowana jest cytotoksyczność (pokazywana jako % żywołności) – co jest niespójne, choć może być efektem skrótowego i zabiegowego matematycznego szacowania; i żywołność komórek (prezentowana jako żywołność i proliferacja (Fig 14) pokazywana w wartościach RFU czyli intensywności fluorescencji). Czytając protokół, na który powołuje się Doktorantka mam wrażenie, że o ile można wyznaczyć żywołność żywych komórek metabolizujących rezazurylna do rezorufiny i oszacować (bo nie wyznaczyć) na tej podstawie cytotoksyczność; to w moim rozumieniu pozyskanie tych danych jest możliwe tylko z wykorzystaniem ekstraktów - a nie bezpośrednio z komórek). Co więcej wyniki powinny być podawane spójnie albo w postaci wyników procentowych albo oryginalnych RFU. Proszę o wyjaśnienie czy w ostatniej pracy zmieniona procedura i celowość testu – bazując na protokole oryginalnym ale stosując jakieś wskazania literaturowe umożliwiające otrzymanie nowych danych? Jak wyznaczano cytotoksyczność materiałów, jak ich żywołność. Czy opisy osi na wykresach i pod rysunkiem (Fig 14) są pomyłką czy celowym zabiegiem?

Wskazane tutaj uwagi nie wpływają na pozytywną ocenę recenzowanej pracy doktorskiej a otrzymane wyniki badań zaprezentowane częściowo w postaci cyklu publikacji wypełniają lukę informacyjną co do skuteczności, przebiegu i specyfiki modyfikacji włókien elektroprzędzonych za pomocą amoniolizy, a dalej immobilizacji chemicznej i fizycznej żelatyny na włóknach. Przedstawione wyniki badań i ich interpretacja mają także znaczenie poznawcze dla dziedzin takich jak inżynieria materiałowa (w tym inżynieria biomateriałów) wspomagających technologie inżynierii tkankowej. Tym samym stwierdzam, że założone cele częściowe pracy zostały spełnione a postawione przez Doktorantkę hipotezy badawcze potwierdzone co dowodzi że p. mgr inż. Oliwia Jeznach jest dobrym kandydatem do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej.

#### **4. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz dorobek naukowy**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Oliwi Jeznach stanowi wartościową i oryginalną pracę naukowo-badawczą uzupełniającą istniejący stan wiedzy w zakresie inżynierii materiałowej, chemii powierzchni i chemii polimerów. Sukcesywnie realizowane przez Doktorantkę prace eksperymentalne pozwoliły pozyskać szereg danych stanowiących podstawę publikacji naukowych, które jednocześnie są odpowiedzią na postawione przez Nią pytania dotyczące: (a) przebiegu amoniolizy w zależności od metody formowania podłoża i



rodzaju poliestru (Polymers, MDPI), (b) wyjaśnienia skuteczności procesu amoniolizy w elektroprzędzonych włóknach w zależności od rodzaju poliestru alifatycznego użytego do ich formowania (RSC Advances), (c) wykorzystanie procesu amoniolizy jako etapu poprzedzającego skuteczną immobilizację żelatyny na włóknach (Polymers), porównanie metod modyfikacji powierzchni włókien elektroprzędzonych za pomocą amoniolizy lub hydrolizy lub plazmowania a następnie immobilizacji żelatyny na odpowiedź komórkową (Journal of Functional Materials). Warto podkreślić że wszystkie prace mają interdyscyplinarny charakter i wymagały od Doktorantki umiejętności wykorzystania szerokiej gamy metod badawczych typowych dla chemii organicznej/chemii polimerów jak i dla biochemii (testy BCA, reakcja ninhydrynowa) oraz umiejętności ich poprawnej analizy. Główna rola Doktorantki w trzech pracach cyklu świadczy o umiejętności samodzielnego planowania, wykonania i analizy badań ale ze względu na interdyscyplinarny charakter pracy – dowodzi również umiejętności współpracy w zespole – co bardzo ważne w obecnym stanie nauki. Potwierdzeniem wspomnianych kompetencji miękkich p. Oliwii Jeznach jest skład zespołów współautorów pochodzących z różnych uczelni polskich (AGH Kraków, Politechnika Warszawska) jak i zagranicznych (Uniwersytet Gutenberga w Moguncji).

Przedstawiony w recenzji uwagi mają charakter porządkowy i są raczej wskazówką na przyszłość niż uwagą krytyczną. W żaden sposób nie umniejszają mojej wysokiej oceny recenzowanej pracy w postaci spójnego tematycznie cyklu publikacji pod tytułem: *Modyfikacja powierzchni włókien z biodegradowalnych poliestrów alifatycznych za pomocą reakcji aminolizy i przyłączania żelatyny do zastosowań w inżynierii tkankowej*.

Oceniając dorobek p. Doktorantki wypracowany w trakcie realizacji studiów doktoranckich na IPPT PAN, warto podkreślić, że pani mgr inż. Oliwia Jeznach jest autorem lub współautorem: 13 abstraktów konferencyjnych, w sumie 10 publikacji naukowych (6 poza cyklem) i jednego patentu. Dwukrotnie była na krótkoterminowym stażu naukowym na Wydziale inżynierii Biomedycznej Uniwersytetu Tufts (USA). Brała czynny udział w 4 projektach badawczych finansowanych przez NCBiR (Small Grant, LIDER) i NCN (OPUS, MAESTRO). Za swoją działalność naukową była nagradzana dwukrotnie przez Dyrektora Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w roku 2022 i 2023 nagroda indywidualna i zespołowa. Dodatkowo w latach 2018-2021 otrzymała nagrodę IPPT PAN dla najlepszych doktorantów a w roku 2021 stypendium im. Czesława M. Rodkiewicza. Oprócz działalności naukowej p. Oliwi Jeznach warto wspomnieć o Jej zapale popularyzacji nauki o czym świadczy udział Doktorantki w Festiwalu Nauki (2018-2021), Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik (2018-2019) oraz konkursach Forum Akademickiego.

Podsumowując: całokształt dorobku naukowego (w tym publikacyjnego), organizacyjnego pani mgr inż. Oliwii Jeznach stanowi potwierdzenie Jej aktywności i dojrzałości naukowej, co został już zauważone patrząc przez pryzmat licznych wyróżnień wykazanych w CV naukowym.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska pani mgr inż. Oliwii Jeznach stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego z dyscypliny inżynieria materiałowa, praca spełnia warunki określone przez ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym zgodnie z art. 187 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie rozprawy pani mgr inż. Oliwii Jeznach do dalszych etapów przewodu doktorskiego i publicznej obrony ze względu na wysokie walory naukowe pracy jak również na potencjał aplikacyjny uzyskanych wyników wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

*Podolaw Jan Cie*