

RECENZJA

w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr inż. Dominikowi Terefinko

Tytuł rozprawy doktorskiej:

„Zbadanie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy atmosferycznej”

Niniejszą recenzję wykonałam na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Nauki Chemiczne Politechniki Wrocławskiej Pana dr hab. inż. Roberta Góry, profesora Politechniki Wrocławskiej.

Recenzję sporządziłam na podstawie przepisów dotyczących postępowania w sprawie nadania stopnia doktora zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.).

Do zrecenzowania przedstawiono mi rozprawę doktorską mgr inż. Dominika Terefinko pt. „Zbadanie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy atmosferycznej”. Promotorami pracy są dr hab. inż. Piotr Jamróz, profesor Politechniki Wrocławskiej oraz prof. dr hab. Aleksandra Klimczak z Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda Polskiej Akademii Nauk.

1 . Ocena rozprawy doktorskiej

Podczas swej pracy naukowej Kandydat podjął interdyscyplinarną tematykę związaną z potencjalnym zastosowaniem reaktorów zimnej plazmy do zahamowania aktywności biologicznej komórek raka piersi podczas ekspozycji bezpośredniej komórek, w sposób pośredni poprzez medium plazmowane oraz przy skojarzeniu wymienionych metod. Jest to temat niezwykle istotny w świetle rosnącej liczby zachorowań na nowotwory i ograniczonych opcji, jakimi dysponują lekarze i pacjenci. Kolejnym obszarem badawczym było zastosowanie nietermicznych plazm atmosferycznych do obniżenia aktywności biologicznej

wodnych roztworów antybiotyków. Poruszana problematyka stanowi niezwykle obszerne pole badawcze.

Rozprawa doktorska pt. „Zbadanie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy atmosferycznej” została przygotowana w języku polskim, jej część naukowa zawiera 190 stron wraz ze spisem literatury, rycin i tabel. Na kolejnych 10 stronach podano życiorys naukowy Kandydata. Praca zawiera bogaty spis cytowanej literatury złożony ze 156 pozycji.

Rozdziały 1-3 (11 stron) stanowią streszczenia w języku polskim i angielskim oraz wykaz skrótów.

Rozdział 4 (44 strony) stanowi wnikliwy wstęp teoretyczny uzasadniający podjęcie problematyki zaproponowanej w pracy. Autor przybliży zagadnienia związane z rakiem piersi, dostępne terapie oraz możliwości jakie oferuje zimna plazma nawiązując do badań nad nowotworami prowadzonych przez inne grupy naukowe. Analizuje na podstawie danych literaturowych reaktory plazmowe zastosowane do badań nad nowotworami piersi oraz do rozkładu farmaceutyków w odniesieniu do ich konfiguracji, parametrów wyładowania, rodzaju gazu roboczego oraz czasu i sposobu obróbki materiału badawczego. W centrum zainteresowań Kandydata znajdują się reaktory plazmowe z wyładowaniem barierowym.

W tej części pracy mgr inż. Dominik Terefinko opisuje też możliwości generowania w plazmie czynników potencjalnie wpływających na aktywności biologiczną, w tym reaktywnych form tlenu i azotu oraz metody, materiały i modele zastosowane dotychczas w obrazowaniu ich dystrybucji przestrzennej. Autor referuje rezultaty prac badawczych prowadzonych przez własny zespół a także przez innych naukowców w kontekście dalszego doboru odpowiedniej metodologii prowadzenia badań eksperymentalnych, by wpłynąć na zdolności proliferacyjne i doprowadzić do śmierci apoptotycznej komórek nowotworu. Rozpatruje on wpływ plazmy na wybrane modele biologiczne; na linie komórek nowotworowych i nienowotworowych; przy ekspozycji bezpośredniej i pośredniej; z uwzględnieniem różnych metod ewaluacji oddziaływania plazmy stosowanych przez inne grupy. W tym rozdziale poruszona zostaje również kwestia patogenów lekoopornych, przyczyn i skutków lekooporności oraz zastosowań zimnej plazmy do rozkładu leków.

Rozdział 5 (1 strona) stanowi opis celu i zakresu prowadzonych badań.

Zamysłem Autora było postawienie hipotez badawczych oraz syntetycznego opisu celów i podjętych dla ich realizacji działań w oddzielnych Zadaniach. Najwartościowszą częścią pracy są Rozdziały 6-15, w których opisano metodykę przeprowadzonych eksperymentów oraz wyniki badań własnych.

Zadanie I polegało na charakterystyce typowej, dwuelektrodowej, helowej dyszy plazmowej i jej wykorzystaniu do obróbki dwu pożywek hodowlanych DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium) oraz Opti-MEM (Optimum Modified Eagle Medium). Obserwowano wpływ takiej obróbki pożywek na hodowane w nich później komórki trzech linii komórkowych: ludzkich komórek nienowotworowych MCF-10A, ludzkiego nowotworu piersi o niskiej zdolności przerzutowania MCF-7 oraz ludzkiego nowotworu piersi o wysokiej zdolności przerzutowania MDA-MB-231.

W Rozdziałach 6-8 (34 strony) opisano metodykę, wyniki i przeprowadzono dyskusję oraz podsumowanie badań przewidzianych w Zadaniu I: podano ogólną charakterystykę wykorzystanych linii komórkowych, sposób prowadzenia hodowli, przygotowania i aktywacji plazmowej pożywek hodowlanych z uwzględnieniem wyjściowych parametrów elektrycznych i geometrii układu. Kandydat przeprowadził wielorakie badania dotyczące oceny stanu komórek (aktywność metaboliczna z wykorzystaniem testu MTT, zdolność migracji przy użyciu testu zarysowania, apoptoza (barwienie komórek Aneksyną V i jodkiem propidyny); reaktywnych form tlenu i azotu w fazie gazowej z wykorzystaniem optycznej spektroskopii emisyjnej (OES) oraz w fazie ciekłej z wykorzystaniem spektrofotometrii i zestawów odczynników do pomiarów jonów NO_2^- , NO_3^- i NH_4^+ oraz kolorymetrycznej metody wykorzystującej metawanadan amonu i kwas siarkowy do spektrofotometrycznego oznaczenia zawartości H_2O_2 . Wykonano również modele żelowe zawierające jodek potasu, skrobię i agar umieszczone w płytkach wielodołkowych i aktywowane plazmą w celu wizualizacji dystrybucji przestrzennej reaktywnych form tlenu. Modele były następnie fotografowane, analizowane cyfrowo, zaś wyniki zostały poddane analizie statystycznej. Otrzymane stężenia i rodzaj czynników aktywnych generowanych w dyszy plazmowej jest zgodny z oczekiwaniami i potwierdzony wcześniejszymi badaniami innych grup. Jednocześnie takie badania charakteryzujące pracę urządzenia i daną geometrię układu eksperymentalnego są nieocenioną pomocą w ustaleniu mechanizmu oddziaływania plazmy na dany materiał badawczy. **Niewątpliwym sukcesem w realizacji tego zadania jest taki dobór parametrów układu plazmowego i składu pożywki (bez wcześniejszego dodatku**

plodowej surowicy bydlęcej, FBS, Fetal Bovine Serum), które w efekcie prowadzą do selektywnego działania na komórki nowotworowe, zwłaszcza wpływają na zwiększenie udziału komórek apoptotycznych i na zmniejszenie zdolności migracji nowotworu o wysokiej zdolności przerzutowania, przy jednoczesnej zanikowej cytotoksyczności w stosunku do komórek nienowotworowych.

W zadaniu II Kandydat zaproponował zastosowanie bezpośredniej obróbki plazmowej wyżej wymienionych typów komórek oraz metodę skojarzoną: wcześniejszą ekspozycję komórek zawieszonych w roztworze soli fizjologicznej buforowanej fosforanami (PBS, Phosphate-Buffered Saline) na działanie zimnej plazmy i następnie umieszczenie ich we wcześniej aktywowanej plazmie pożywce.

Rozdziały 9-12 (77 stron) syntetycznie przybliżają zastosowaną metodologię, (analogiczną do stosowanej w Zadaniu I). Wstępnie dobrany maksymalny czas bezpośredniej ekspozycji komórek nie przekraczał 60 s, jednak 30 s ekspozycja okazała się czasem bezpiecznym dla komórek nienowotworowych i tę wartość Kandydat przyjął do dalszych badań. Rezultaty przeprowadzonych badań wskazują, że komórki nienowotworowe stają się nieco bardziej wrażliwe na działanie pożywki aktywowanej plazmą po wcześniejszym poddaniu ich obróbce bezpośredniej. **Istotnym osiągnięciem jest potwierdzenie cytotoksyczności w stosunku do komórek nowotworu piersi o wysokiej zdolności przerzutowania MDA-MB-231 we wszystkich rozpatrywanych przypadkach, również przy ekspozycji bezpośredniej i skojarzonej.**

W mojej ocenie uzyskane w Zadaniach I i II wyniki i ich dyskusja w pełni potwierdzają postawione przez Kandydata hipotezy i wystarczyłyby w zupełności do uzyskania stopnia doktora. Tym bardziej doceniam podjęcie się przez niego realizacji Zadania III dotyczącego bezpośredniego wykorzystania dwu konfiguracji układów plazmowych: pióra i szczotki do rozkładu antybiotyków w roztworach wodnych. Tematyka ta mimo, że nieidealnie spójna jednak wpasowuje się w podjęty temat i uzyskane rozwiązania w perspektywie mogą znaleźć zastosowanie w praktyce. Zadanie III mogłoby być równie dobrze przyczynkiem do odrębnej pracy naukowej, co stwierdzam z podziwem dla pracowitości Pana Dominika Terefinko.

Rozdziały 13-15 (37 stron) zawierają metodologię Zadania III, wyniki i ich omówienie. Autor do badań w rozsądny sposób wybrał cztery antybiotyki reprezentujące różne grupy: Ofloksacynę, Doksykcyklinę, Ampicylinę, Chloroamfenikol oraz ich mieszaniny

w różnych stężeniach. Kandydat omówił dwie konfiguracje układów wyładowczych i w związku z dużą liczbą parametrów operacyjnych- dokonał ich wieloczynnikowej optymalizacji. Do badań efektywności rozkładu antybiotyków użyto wyrafinowanych metod badawczych takich jak wysokosprawna chromatografia cieczowa z detektorem diodowym (HPLC-DAD) i ultrasprawa chromatografia cieczowa sprzężona ze spektrometrią mas (UPLC-MS). W celu oceny stopnia mineralizacji antybiotyków wykonano analizy stężeń całkowitej zawartości węgla organicznego (TOC) i azotu (TN). Zdolności biobójcze roztworów wodnych antybiotyków poddanych działaniu plazmy określano za pomocą testów dyfuzyjno-krażkowych i wykorzystania czterech gatunków mikroorganizmów: *Escherichia coli* (Gram (-)), *Bacillus subtilis* (Gram (-)), *Serratia marcescens* (Gram (-)) oraz *Enterobacter cloacae* (Gram (-)). Jak uprzednio zbadano reaktywne formy tlenu i azotu w fazie ciekłej i gazowej, ich dystrybucję przestrzenną, ocenie poddano również zmianę pH i przewodności elektrycznej. Zgodnie z oczekiwaniami, **układ ze szczotką plazmową okazał się bardziej efektywny** pod względem ilości generowanych RONS jak i ich penetracji przestrzennej oraz zasięgu obróbki, co w konsekwencji przełożyło się na poprawę wydajności rozkładu antybiotyków. Dodatkowo stwierdzono znaczne obniżenie pH plazmowanych roztworów, zaś testy dyfuzyjno-krażkowe wykazały **obniżenie własności biobójczych wodnych roztworów antybiotyków poddanych obróbce plazmowej**.

Rozdział 16 (5 stron) kreśli perspektywy rozwoju przeciwnowotworowych terapii klinicznych z przedstawieniem prac innych grup badawczych.

Syntetyczne podsumowanie prowadzonych badań i wnioski zawarto w Rozdziale 17 (4 strony).

W Rozdziale 18 Autor przedstawił swe plany na dalsze prace badawcze. Są one atrakcyjne i umacniają mnie w przekonaniu o jego dojrzałości naukowej.

Mgr inż. Dominik Terefinko potwierdził stawiane w pracy hipotezy i osiągnął główny cel pracy: zbadanie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy poprzez realizację wyznaczonych w poszczególnych Zadaniach cząstkowych celów badawczych.

Uwagi:

-Kompozycja pracy jest przejrzysta, korzystne byłoby umieszczenie Zadań I-III w Rozdziale 5 a następnie odwoływanie się do nich w dalszych rozdziałach zachowując spójność numeracji.

- Rozdział 9 stanowi dobre wprowadzenie do realizacji Zadania II, podobne rozdziały nie pojawiają się jednak w przypadku dwu pozostałych zadań.
- Rycina 5 – dobór kolorystyki elektrod i obudowy ceramicznej jest niefortunny- wydaje się, że stanowią całość- wątpliwości rozwiewają opisy poszczególnych elementów umieszczone na rysunku. Rycinę 13 dobrze byłoby przedstawić w sposób bardziej schematyczny.
- Oprócz rysunków w pracy w Zadaniach I i II mogłyby znaleźć się zdjęcia stanowiska z dyszą plazmową.
- Opisane w pracy źródła plazmy zostały wykonane na potrzeby prac zespołu PWR i w tym sensie stanowią unikat a fakt, że w ich opracowaniu brali udział chemicy zasługuje na pochwałę. Jeśli chodzi o element nowości „*sensu-stricto*” należy wspomnieć, że istnieje wiele podobnych dysz/dżetów/piór plazmowych o zbliżonej konstrukcji i parametrach zasilania, również wykorzystujących elektrodę wodną. Reaktory te mogą różnić się zastosowanym materiałem czy wymiarami jednak ogólnie ten typ reaktora jest znany i obecny w literaturze. Znane są też matryce dżetów. Zaletą przedstawionych w pracy reaktorów jest niewątpliwie to, że ich konstrukcja jest prosta, zwarta i estetyczna, zaś autorzy dokładają starań by znaleźć dla swych rozwiązań aparaturowych nowe obszary zastosowań.
- W przypadku reaktorów pojawiają się pewne niedomówienia: czy zastosowano elektrodę mosiężną czy miedzianą (Ryc. 17a), z jakiego materiału wykonana jest nasadka i komora reakcyjna (Ryc. 17a, b)? Czy dobrze wnioskuję, że elementy 9 i 10 to przewody odpowiednio: zasilający elektrody i uziemiający?
- Celowe byłoby przedstawienie ilości generowanych RONS i ich rozkładu przed zreferowaniem wyników dotyczących rozkładu antybiotyków i wpływu traktowanych plazmą roztworów antybiotyków na mikroorganizmy.
- Język pracy jest zrozumiały. Kandydat nie ustrzegł się drobnych błędów językowych i edytorskich, jednak są one nieliczne i nie wpływają na jakość naukową pracy. Osobiście mam mieszane uczucia co do terminów „stożek plazmowy” czy „napromienienie” plazmą.

Rozprawę doktorską mgr inż. Terefinko oceniam bardzo dobrze. Przygotowanie rozprawy wymagało wiedzy z zakresu różnych dziedzin: chemii, biologii, medycyny, inżynierii materiałowej i elektrycznej. Kandydat poświęcił wiele czasu na przeprowadzenie

tak licznych doświadczeń. Praca nie budzi zastrzeżeń merytorycznych i **ma wkład w rozwój nauki rozszerzając istniejącą wiedzę w zakresie wykorzystania plazmy nietermicznej generowanej pod ciśnieniem atmosferycznym w układach z barierą dielektryczną w terapiach nowotworowych i w rozkładzie farmaceutyków**. Osiągnięty stan wiedzy pozwala na identyfikację kolejnych interesujących zagadnień badawczych, zasługujących w mojej opinii na rozwinięcie w dalszej perspektywie czasowej.

Pragnę zadać Kandydatowi następujące pytania:

1. W którym dokładnie miejscu i w jaki sposób ustalano temperaturę plazmy/stożka plazmowego (np. 37°C)?
2. Czy Autor mógłby przedstawić syntetyczne zestawienie parametryczne dla najbardziej korzystnych i niekorzystnych przypadków dla linii komórek nienowotworowych oraz nowotworowych silnie przerzutujących z uwzględnieniem rodzaju pożywki, pH i generowanych reaktywnych form tlenu i azotu?
3. Zauważam łądunek pracy Autora i to zarówno koncepcyjnej jak i fizycznej w podjętych dotychczas badaniach. Na podstawie otrzymanych wyników można dokonać pośredniej oceny wpływu plazmy na same pożywki, poprzez wpływ tychże na rozwój komórek. Zdaję sobie sprawę, że analiza jakościowa i ilościowa złożonych pod względem chemicznym materiałów takich jak pożywki hodowlane jest niezwykle czasochłonna. Czy Kandydat ma jakieś dalsze plany w tym zakresie?
4. Co jest przyczyną lepszej podatności ampicyliny i doksycykliny na rozkład pod wpływem bezpośredniej obróbki plazmą?

2. Charakterystyka ogólna i osiągnięcia naukowo-badawcze Kandydata

Mgr inż. Dominik Terefinko ukończył studia inżynierskie na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie na kierunku Nanotechnologia, Nanomateriały Funkcjonalne broniąc pracę pod tytułem "Otrzymywanie i charakteryzowanie sorbentów do CO₂" (promotorem pracy był dr hab. inż. Rafał Wróbel, prof. ZUT). W 2018 r. na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej powstała jego praca magisterska pod tytułem „Sposób enkapsulacji nanostruktur platyny w matrycach organicznych za pomocą wyładowania jarzeniowego

generowanego pod ciśnieniem atmosferycznym w kontakcie z cieczą i ich zastosowanie do inaktywacji patogenów” (promotorem był dr hab. inż. Piotr Jamróz, prof. PWR).

Poniżej prezentuję dotychczasowe osiągnięcia naukowo-badawcze Kandydata:

W bazie Web of Science i Scopus znajduje się 12 publikacji autorstwa mgr inż. Dominika Terefinko, h-index wynosi 6 z odpowiednio 72 oraz 62 cytowaniami (bez autocytowań).

Na szczególną uwagę zasługują publikacje w uznanych czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu, w których Kandydat jest pierwszym autorem:

- „Removal of clinically significant antibiotics from aqueous solutions by applying unique high-throughput continuous-flow plasma pencil and plasma brush systems”, Chemical Engineering Journal, 452,139415, 2023- 200 pkt., IF 13,273;

- “The influence of cold atmospheric pressure plasma-treated media on the cell viability, motility, and induction of apoptosis in human non-metastatic (Mcf7) and metastatic (mda-mb-231) breast cancer cell lines”, International Journal of Molecular Sciences, 22(8),3855, 2021- 140 pkt., IF 5,542;

- “Biological Effects of Cold Atmospheric Pressure Plasma on Skin Cancer”, Plasma Chemistry and Plasma Processing, 41(2), pp. 507-529, 2021- 100pkt., IF 3,148.

Kandydat jest współautorem 1 przyznanego patentu nr 236377 „Sposób otrzymywania preparatu do stymulacji wzrostu roślin, preparat otrzymywany tym sposobem oraz zastosowanie preparatu do stymulacji wzrostu roślin”, za który otrzymał w konkursie Student-Wynalazca nagrodę specjalną Prezesa Urzędu Patentowego RP w 2020 r. Ponadto jest on współautorem 3 zgłoszeń patentowych.

Mgr inż. Dominik Terefinko posiada również inne publikacje spoza bazy JCR, zaś o jego aktywności świadczy fakt, że brał udział w 10 konferencjach, w tym w 5 międzynarodowych.

Kandydat odbył 7 staży naukowych, m.in. w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN we Wrocławiu, na Międzyuczelnianym Wydziale Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Uniwersytetu Medycznego w Gdańsku oraz na Wydziale Chemii Uniwersytetu Florenckiego we Włoszech. Brał też udział w 18 warsztatach naukowych i szkoleniach.

Dominik Terefinko jest uczestnikiem projektu BioTech Nan- Program Interdyscyplinarnych Studiów Doktoranckich KNOW z obszaru Biotechnologii i Nanotechnologii oraz następujących projektów krajowych:

- w ramach konkursu *SONATA* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, pt. „Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych generowanych w kontakcie z przepływającym roztworem do bezpośredniej degradacji antybiotyków oraz obniżenia odporności wielolekowej w środowisku naturalnym”, doktorant-stypendysta
- w ramach konkursu *SONATA* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, pt. „Katalityczno-separacyjne procesy uwodornienia związków nitroaromatycznych z wykorzystaniem wielofunkcyjnych nanokompozytów polimerowych z nanocząstkami renu”, wykonawca
- w ramach konkursu *OPUS* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, pt. „Zbadanie antybakteryjnych właściwości roztworów post-plazmowych uzyskiwanych za pomocą zimnych plazm atmosferycznych względem ekonomicznie istotnych fitopatogenów oraz wpływ tych cieczy na wzrost roślin uprawnych”, wykonawca
- w ramach konkursu *OPUS* finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki, pt. „Zminiaturyzowane wyładowania jarzeniowe pod ciśnieniem atmosferycznym generowane w kontakcie z cieczą jako nowe źródła wzbudzenia i atomizacji w analitycznej optycznej spektrometrii emisyjnej – badanie mechanizmów transportu i wzbudzenia analitów oraz charakterystyka analityczna”, wykonawca

Ponadto Kandydat jest uczestnikiem międzynarodowego projektu badawczego Canaletto (współpraca z Uniwersytetem Florenckim) „Zastosowanie zimnych plazm atmosferycznych do uzyskania i modyfikacji biopolimerowych hydrożeli i cienkich warstw”.

Oprócz stypendiów w ramach powyższych projektów, Dominik Terefinko otrzymał stypendia stażowe i stypendium dla najlepszych doktorantów Politechniki Wrocławskiej. Jest on laureatem nagrody JM Rektora Politechniki Wrocławskiej za wybitne osiągnięcia naukowe w 2021 r. oraz wspomnianej już nagrody specjalnej Prezesa Urzędu Patentowego RP.

Od 2021 r. Kandydat jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego PTChem i European Chemical Society.

Dominik Terefinko prowadzi również działalność dydaktyczną: laboratoria z Podstaw chemii analitycznej, Analizy próbek środowiskowych i przemysłowych, Analizy śladowej i instrumentalnej a także ćwiczenia audytoryjne z Metrologii i Walidacji metod analitycznych.

Działalność naukowa, organizacyjna i dydaktyczna nie budzi w mojej ocenie żadnych wątpliwości i oceniam ją jako wzorową.

3. Wnioski końcowe

Przedstawiona rozprawa doktorska Kandydata pt. „Zbadanie aktywności biologicznej różnych układów zimnej plazmy atmosferycznej” przygotowana pod opieką promotorów dr hab. inż. Piotra Jamroza, profesora PWr oraz prof. dr hab. Aleksandry Klimczak **w pełni odpowiada warunkom określonym art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późniejszymi zmianami).**

Przedstawiona w formie zwartej, naukowej rozprawy pisemnej wraz ze streszczeniami w języku angielskim i polskim praca doktorska posiada niezwykle cenny rys interdyscyplinarności. Potwierdza ona również ogólną wiedzę teoretyczną Dominika Terefinko w dyscyplinie naukowej Nauki Chemiczne jak i jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Warsztat naukowy Kandydata oceniam bardzo dobrze.

Rozprawa naukowa prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego oddziaływania układów zimnej plazmy generowanej pod ciśnieniem atmosferycznym na materiał biologiczny: komórki raka piersi oraz na rozkład antybiotyków w roztworach wodnych. Wyniki prowadzonych badań stanowią istotny wkład w rozwój nauki

Podsumowując, w mojej ocenie Kandydat spełnia wymagania, jakie zgodnie z przepisami zacytowanymi na początku niniejszej recenzji muszą spełniać kandydaci do stopnia doktora.

Nie do przeoczenia jest ogromny wkład pracy mgr inż. Dominika Terefinko i wysoki poziom naukowy prezentowanej rozprawy, którą recenzowałam z ogromną przyjemnością. Kandydat wykazuje się istotną aktywnością naukową i uważam, że **zasługuje na wyróżnienie.**



/Dr hab. inż. Joanna Pawłat, prof. PL/