

Dr hab. Katarzyna Maria Marzec
tel.: +48 12 664 54 76
http://jcet.eu/new_en/
http://bit.ly/RBCs_Spectroscopy_Team
e-mail: katarzyna.marzec@uj.edu.pl



ul. Bobrzyńskiego 14
30-348 Kraków, Polska
tel. +48 12 664 54 64
fax +48 12 297 46 15
e-mail: jcet@jcet.eu
www.jcet.eu



Kraków, 30.08.2021

RECENZJA
pracy doktorskiej mgr Alicji Menzyk zatytułowanej
„TOWARD A SPECTROSCOPY-BASED APPROACH FOR
ESTIMATING TIME ELAPSED SINCE BLOODSTAINS DEPOSITION”

Recenzowana rozprawa doktorska mgr Alicji Menzyk została wykonana w Instytucie Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach pod kierunkiem promotora Prof. Dr. hab. Grzegorza Zadory oraz promotora pomocniczego Dr inż. Agnieszki Martyny. Znaczna część pracy doktorskiej powstała dzięki współpracy międzynarodowej z Uniwersytetem Turyńskim we Włoszech.

Doktorantka podjęła się bardzo ambitnego zadania opracowania nowej metody analitycznej, opartej o technikę spektroskopii rozpraszania ramanowskiego, która może zostać użyta do badania stanu degradacji śladów krwawych w celu identyfikacji czasu, jaki upłynął od ich powstania. Pokazanie potencjału takiej metody analitycznej w chemii sądowej stanowi niewątpliwie poważne wyzwanie dla świata nauki, gdyż wciąż brakuje wiarygodnej metody szacowania wieku śladów krwawych. Podstawowe założenie rozprawy doktorskiej opiera się o stwierdzenie, że oszacowanie czasu, jaki upłynął od osadzenia się śladów, jest możliwe ze względu na procesy starzenia, które prowadzą do zmian właściwości fizykochemicznych badanej plamy krwi. Ze względu na znaczą przewagę erytrocytów w przypadku takiego materiału, technika spektroskopii ramanowskiej wydaje się idealna do oceny starzenia plam krwawych, gdyż w teorii powinno ono korelować ze zmianami struktury molekularnej jednego z najważniejszych komponentów tych komórek – hemoglobiny. Doktorantka postawiła hipotezę, że utrudnienia wynikające ze zmienności kinetyki starzenia można rozwiązać zastępując konwencjonalne podejście do datowania problemem porównawczym dopasowanym do przypadku. Dlatego też rozwiązanie zaproponowane w ramach niniejszej rozprawy stanowi ujęcie zagadnienia datowania jako problemu porównawczego, rozpatrywanego w oparciu o iloraz wiarygodności (LR, ang. *likelihood ratio*), który uwzględnia wpływ czynników zewnętrznych na proces degradacji krwi. Oznacza to, że każda procedura datowania oparta na zastosowaniu spektroskopii ramanowskiej jest konstruowana indywidualnie i każdorazowo dopasowywana do badanych śladów. W ten sposób, wpływ czynników zewnętrznych (charakterystyka dawcy, warunki środowiskowe, rodzaj podłoża) na trafność analizy powinien zostać znacznie zmniejszony.

Realizacja postawionego przez Doktorantkę celu wymagała opracowania metodyki przygotowania reprezentatywnych modelowych plam krwawych, dopasowania odpowiednich warunków pomiarowych i zaproponowania rozwiązań technologicznych, które umożliwiłyby otrzymanie optymalnego i reprezentatywnego dla starzenia sygnału ramanowskiego. Dodatkowo, analiza otrzymanych danych spektroskopowych wymagała nie tylko dogłębnej znajomości podstaw teoretycznych spektroskopii oscylacyjnej, ale również zaawansowanych

narzędzi chemometrycznych. Zakres kompetencji, jakimi musiała wykazać się Doktorantka w trakcie realizacji niniejszej pracy doktorskiej, podkreśla wielowymiarowość i złożoność postawionego celu badawczego.

Recenzowana praca doktorska jest napisana w języku angielskim, liczy 202 stron, zawiera 11 głównych rozdziałów i jest bardzo starannie przygotowana pod względem graficznym. Lekkie pióro Autorki sprawiło, że rozprawę – która miejscami przybiera wręcz formę kryminału – czyta się z ogromną przyjemnością od samego początku do ostatniej strony. Ponadto warto podkreślić, iż rozprawa jest bardzo starannie przygotowana pod względem graficznym. Część teoretyczna pracy składa się z siedmiu rozdziałów. Pierwszy przedstawia jasno nakreślony wstęp, kolejny dotyczy śladów krwawych, w którym przybliżono czytelnikowi tematykę rozprawy. Ponadto, zawarto w nim ogólne koncepcje datowania, stosowane obecnie w kryminalistyce, oraz nowe sposoby datowania dowodów. Rozdział 3 zawiera jasno sprecyzowane cele pracy oraz związane z nimi etapy rozprawy, do których zaliczyć można:

- Opracowanie metody analitycznej opartej na zastosowaniu spektroskopii rozpraszania ramanowskiego, pozwalającej na nieinwazyjne i reprezentatywne sondowanie składu chemicznego degradujących się śladów krwawych.
- Dokonanie pomiarów widm ramanowskich dla modelowych śladów krwi w zadanym okresie starzenia.
- Ustalenie strategii chemometrycznej do wstępnej analizy danych spektroskopowych.
- Zaprojektowanie modeli LR w celu rozwiązania problemu porównania kwestionowanej plamy krwi z materiałem referencyjnym stworzonym „sztucznie”.
- Opracowanie protokołu walidacji otrzymanych modeli LR.

Kolejno, rozdziały 4-7 dokładnie omawiają różnorodne zagadnienia, niezbędne czytelnikowi do analizy dalszych części pracy. Rozdział 4 liczy 17 stron i przedstawia szczegółową analizę i opis możliwych ścieżek degradacji krwi, obserwowanych *ex vivo* na podstawie dostępnej literatury naukowej. Doktorantka omawia w nim skład krwi ludzkiej, procesy i reakcje chemiczne obserwowane w trakcie procesów starzenia, w tym zmiany w strukturze hemoglobiny i innych składników krwi ludzkiej. Autorka rozpatruje również zewnętrzne czynniki wpływające na proces degradacji krwi, w tym rolę takich składowych, jak: początkowy skład krwi, właściwości podłoża oraz czynniki środowiskowe. Rozdział 5 liczy 36 stron i koncentruje się na opisie najważniejszych metod analitycznych monitorowania degradacji plam krwi, które Autorka zebrała w postaci obszernej Tabeli 5.1. Kolejno, Doktorantka skupia się na opisie metody spektroskopii rozpraszania ramanowskiego, którą wykorzystała w niniejszej rozprawie. Opisuje najpierw podstawy teoretyczne spektroskopii rozproszenia ramanowskiego, a następnie charakteryzuje najważniejsze składowe spektroskopów ramanowskich. W kolejnej części pracy, Autorka koncentruje się na jednym z najważniejszych aspektów, a mianowicie szczegółowej analizie widm ramanowskich hemoglobiny (rozdział 5.1.3). Kolejne podrozdziały dotyczą analizy drgań oscylacyjnych związanych z drugorzędową strukturą białek, obserwowanych w nierezonansowych widmach hemoglobiny, i analizy pasm pochodzących od wybranych aminokwasów obserwowanych

w komórkach krwi. Autorka poświęca również cały rozdział na przedstawienie najistotniejszych zagadnień związanych z analizą rezonansowych widm ramanowskich hemoglobiny, a także skrupulatnie prezentuje przegląd dotychczasowych publikacji poświęconych aplikacji spektroskopii ramanowskiej do badania śladów krwawych. Rozdział 6 opisuje zastosowane metody obliczeniowe, które zostały użyte w rozprawie do oceny (nie)podobieństwa między śladami krwawymi o różnym stopniu degradacji. Autorka kolejno omawia sposób oceny dowodów, oparty na współczynniku prawdopodobieństwa, definiuje podstawy konstrukcji modeli opartych o iloraz wiarygodności oraz pokazuje podstawy oceny wydajności. Rozdział 7 opisuje hybrydowe modele ilorazu wiarygodności, a więc podstawy połączenia chemometrii i ram ilorazu wiarygodności do oceny danych spektralnych. Możemy wyróżnić tu opis procedur wstępnego przygotowania danych do analizy (tzw. *pre-processing*), definicję algorytmów genetycznych stanowiących techniki optymalizacji stosowane w pracy, czy też opis wielowymiarowej analizy wariancji (rMANOVA).

Część eksperymentalna rozpoczyna się swoistym preludium przedstawionym w rozdziale 8. Po nim następuje właściwa część eksperymentalna, która zawarta jest w dwóch obszernych rozdziałach. W rozdziale 9 opisano opracowanie procedury monitorowania procesów degradacji plam krwi z zastosowaniem spektroskopii rozpraszania ramanowskiego, natomiast rozdział 10 omawia budowę modeli porównawczych opartych na ilorazach wiarygodności do interpretacji danych. Wnioski i perspektywy Autorka zebrała w rozdziale 11. Kolejne części pracy stanowią rozdziały uzupełniające, w tym lista rysunków i tabel oraz spis (aż 350!) pozycji bibliograficznych. Ponadto, jedenastostronicowy Dodatek A podaje informacje uzupełniające do głównego tekstu rozprawy, a siedmiostronicowy Dodatek B stanowi imponujące CV Doktorantki, uwzględniające m.in. spis publikacji i komunikatów, w których Pani mgr Alicja Menżyk jest współautorką.

Podstawą dla dalszych badań doświadczalnych, przeprowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej, było opracowanie analitycznej metody charakteryzowania stanu degradacji śladów krwawych za pomocą spektroskopii rozpraszania ramanowskiego. Pierwszy etap badań dotyczył opracowania sposobu przygotowania materiału w postaci śladów krwi, które stanowiłyby odpowiedni model, umożliwiający analizę zmian chemicznych wynikających jedynie z procesów starzenia. Doktorantka w procedurze pomiarowej stosowała próbki pochodzące od jednego pacjenta. W ten sposób nie badała wpływu czynników międzyosobniczych. Preparatykę przedstawioną w podrozdziale 9.1.1. uważam za poprawnie przeprowadzoną i stanowiącą odpowiedni model plam krwawych. Pierwszy zestaw modelowych plam krwawych posłużył do wykonywania eksperymentów mających na celu dobór odpowiednich parametrów pomiarowych widm ramanowskich. W trakcie realizacji badań Doktorantka zdecydowała się na zastosowanie linii lasera o długości fali 785 nm, co prawidłowo uzasadniła, w oparciu o opublikowaną literaturę. Następnie, w tej części badań, Autorka poprawnie dokonała wstępnego przygotowania widm, które analizowała w zakresie 600–1800 cm^{-1} . Drugi zestaw modelowych śladów krwawych posłużył do pomiarów ze zdefiniowanymi wcześniej parametrami i pozwolił na modelowe monitorowanie degradacji i procesów starzeniowych w 2, 3, 4, 5, 6, 24 h od depozycji i kolejnych dobach aż do 17 dni od depozycji. Kolejnym etapem było dopracowanie parametrów pomiarowych i sposobu

otrzymywania widm ramanowskich w celu nieinwazyjnego i reprezentatywnego sondowania składu chemicznego w ulegających degradacji plamach krwi.

Za jeden z istotnych elementów metodologii pomiaru uznać można zastosowanie nowatorskiej metody sondowania zmian biochemicznych w próbkach krwi, a mianowicie rotacji mierzonej próbki w czasie kolekcjonowania widm ramanowskich (nazwany w pracy rotacyjnym trybem pomiaru). Rozwiązanie tego typu było poprzednio stosowane i opisane w literaturze (pozycje 330-333 rozprawy doktorskiej), jednak implementację i odpowiednie dostosowanie parametrów pomiarowych w takim podejściu w badaniach przeprowadzonych przez Doktorantkę uważam za nowatorskie. Zastosowanie trybu rotacyjnego zostało uznane przez Badaczkę jako bardziej preferowane w porównaniu do sposobu w którym próbka była nieruchoma (nazwane w pracy stacjonarnym trybem pomiaru), ze względu na zwiększoną odtwarzalność zarejestrowanych widm ramanowskich, co Doktorantka ustaliła na podstawie analizy wariancji danych za pomocą uregulowanej wielowymiarowej analizy wariancji (rMANOVA). Jako wyjaśnienie Autorka wykazała, że zastosowanie trybu rotacyjnego wpływało na zmniejszenie uszkodzeń materiału biologicznego wywołanego promieniowaniem laserowym, jednocześnie zwiększając reprezentatywność pomiarów.

W pracy dokonano również definicji tzw. spektralnego wskaźnika degradacji śladów krwawych, za który Doktorantka przyjęła stosunek pasm położonych przy 1227 cm^{-1} do sygnałów przy 1248 cm^{-1} . Autorka dogłębnie zanalizowała dane literaturowe w celu poprawnego przypisania pasm, ostatecznie stwierdzając, że pasmo przy 1248 cm^{-1} można uznać za czułą sondę molekularnych zaburzeń hemoglobiny związanych z degradacją układów porfiryńowych. Wartość wskaźnika degradacji była dokonywana dla grup plam krwi, utworzonych niezależnie dla pomiarów statycznych i rotacyjnych. Dodatkowo, każdą z grup próbek Autorka badała przy rosnącej mocy źródła wzbudzenia w celu stwierdzenia czy następuje dodatkowa degradacja indukowaną wiązką wzbudzającą. W toku analizy widm ramanowskich otrzymanych z różną mocą lasera, Doktorantka zaobserwowała zmiany we względnej intensywności kilku pasm, np. wzrost intensywności pasm położonych przy 1366 cm^{-1} , 1248 cm^{-1} i 974 cm^{-1} . Na podstawie wnikliwej analizy danych literaturowych, jak i analizy zmian zaobserwowanych w widmach, Autorka stwierdziła, że pasma te należy przypisać do agregatów hemoglobiny pochodzących z fotoindukowanej hemoglobiny, a więc są wynikiem degradacji białka wywołanej laserem. Ze względu na brak wystarczającego stosunku sygnału do szumu w zakresie poniżej 600 cm^{-1} , niemożliwym stała się identyfikacja potencjalnego podstawnika w szóstej pozycji koordynacyjnej układu porfiryńowego, a tym samym identyfikacja potencjalnych adduktów, tj. produktów takiej degradacji. Doktorantka proponuje jednak rozwiązania, które mogłyby pomóc w ewentualnej przyszłej, bardziej szczegółowej, analizie składu pochodnych hemoglobiny i sugeruje, że w tym celu uzasadnionym byłaby kombinacja wyników ramanowskich z innymi technikami analitycznymi zdolnymi do charakteryzowania pochodnych hemoglobiny. Wydaje się jednak, że pomiar z zastosowaniem innej linii lasera również mógłby pomóc w identyfikacji tworzących się produktów, co jednak nie zostało wykonane przez Autorkę.



Czytelnik w tym miejscu może zadać sobie pytanie, czy jest w ogóle możliwe rozróżnienie informacji pochodzącej od faktycznej degradacji z wiekiem śladów krwawych i degradacji wynikającej z samego wpływu źródła wzbudzenia stosowanego w metodzie, skoro w obydwu przypadkach dochodzi do bardzo podobnych zmian w widmach ramanowskich, w tym zmian intensywności pasma przy 1248 cm^{-1} . Doktorantka jednak bardzo szybko rozwiewa wątpliwości, a wyniki ukazane na rycinie 9.8 w pełni ilustrują, że jest to możliwe przy zastosowaniu odpowiedniej metodologii, w tym rotacyjnego trybu pomiaru. W przypadku pokazanym na rycinie 9.8B zmiany w spektralnym wskaźniku degradacji pochodzą jedynie od naturalnych procesów starzenia. Dodatkowo, Autorka zaobserwowała podniesienie tła widm ramanowskich występujące wraz z wiekiem próbek, co poprawnie zinterpretowała jako składową wewnętrzną fluorescencji produktów degradacji (np. hemichromów), agregacji wybranych form hemoglobiny, prowadzącej do interakcji ekscytonowych i głębszego efektu fototermicznego, wynikającego ze zwiększonej absorpcji fotonów.

W drugim etapie badań Autorka skupiła się na przeformułowaniu datowania dowodów przez zastąpienie konwencjonalnych modeli kalibracyjnych procedurą porównawczą opartą na ilorazie wiarygodności. Część ta miała na celu weryfikację, czy cechy odnalezionej plamy krwi (potencjalnego materiału dowodowego) są wystarczająco podobne do cech plamy krwi o znanym wieku (tzw. materiały referencyjne). W niniejszym badaniu Doktorantka przygotowała oddzielne bazy danych składające się z widm ramanowskich, które odzwierciedlały niestabilność początkowego składu krwi wynikającą z czynników dietetycznych i zdrowotnych. Dane były kolejno użyte do zaprojektowania hybrydowych modeli ilorazu wiarygodności (LR) do rozwiązania tzw. problemu porównawczego sygnatur widm ramanowskich charakteryzujących kwestionowaną plamę krwi z materiałem referencyjnym utworzonym w sposób nadzorowany. W tym celu Doktorantka najpierw testowała najbardziej optymalne strategie przygotowania wstępnego widm/danych, co składało się z sekwencji metod mających na celu usunięcie szumu, korektę linii bazowej i normalizację sygnałów. Tabela 10.2 dogłębnie podsumowuje wszystkie metody wstępnego przygotowania danych zaimplementowane w procedurze optymalizacji przez Doktorantkę. Kolejno Autorka dokonała opracowania i walidacji hybrydowych modeli ilorazu wiarygodności. Wyniki walidacji modeli dostarczyły wstępnego potwierdzenia skuteczności zaproponowanego podejścia do datowania. Modele LR o najlepszych wynikach uznano za zadowalające (ze wskaźnikiem odpowiedzi fałszywie pozytywnych i fałszywie negatywnych oscylującym odpowiednio około 20% i 10%), ale pod warunkiem, że próbki użyte do uczenia i walidacji modeli charakteryzowały się podobną kinetyką starzenia.

W podsumowaniu Autorka bardzo krytycznie analizuje wszystkie najważniejsze wyniki pracy. Konkluduje, że użycie spektroskopii rozproszenia ramanowskiego było właściwym kierunkiem w przypadku postawionych celów badawczych, ze względu na wyraźną zależność czasową pomiędzy starzeniem śladów krwawych, a zmianami obserwowanymi w widmach ramanowskich odzwierciedlających zmiany degradacyjne hemoglobiny. Autorka zwięźle podsumowuje najważniejsze elementy opracowanej metodyki pomiaru i analizy danych, jak i krytycznie odnosi się do wad opracowanej metodologii. Autorka podkreśla, że ukazane w rozprawie doktorskiej analizy według zaproponowanego schematu datowania mogłyby zostać

wykorzystane do oceny różnych dostępnych hipotez dotyczących tego samego zdarzenia, co wydaje się nowatorskim podejściem zastosowanym przez Badaczkę. Z drugiej strony, dokładny czas zdeponowania krwi mógłby zostać oznaczony jedynie przez analizę porównawczą z materiałem referencyjnym pobranym od potencjalnego sprawcy. Doktorantka stwierdza, że o ile wpływ czynników środowiskowych można kontrolować ze stosunkowo dużą precyzją (np. wprowadzając komorę klimatyczną symulującą określone warunki przechowywania), o tyle regulacja innych czynników takich jak, np. początkowy skład krwi, może stanowić spory problem w aplikacji niniejszej metody, z czym również trudno się nie zgodzić.

Moim zdaniem można jednoznacznie stwierdzić, że w trakcie realizacji mniejszej rozprawy doktorskiej opracowano metodykę pomiaru i sposobu analizy widm ramanowskich śladów krwawych umożliwiającą ocenę zmian wynikających z procesów starzenia preparatu w warunkach modelowych. Pomimo, że w długich skalach czasowych niewystarczające jest jedynie zastosowanie spektralnego wskaźnika degradacji plam krwi, gdyż jego wartość szybko osiąga poziom plateau, co ogranicza możliwości datowania tej metody, i tak rozwiązanie to jest wysoce innowacyjne i użyteczne. Ponadto, biorąc pod uwagę nieodłączną zmienność analizowanych materiałów i wielowymiarowość rozważanego zagadnienia, ustalona przez Doktorantkę zdolność modeli LR do rozróżniania próbek o różnym wieku jest moim zdaniem wysoce satysfakcjonująca. Podobnie, jak zaobserwowano dla wskaźnika degradacji plam krwi, również odpowiedzi fałszywie pozytywne są najprawdopodobniej efektem znacznego spowolnienia procesów starzenia się plam krwi wraz z czasem. Rozwiązaniem tego problemu może być wspomniane przez Autorkę równoległe do metody spektroskopii ramanowskiej zastosowanie innych technik analitycznych, zdolnych do sondowania stanu degradacji śladów krwawych po dłuższym czasie (po około siedmiu dniach degradacji).

Poniżej zebrałam pytania, które nasuwają się podczas lektury rozprawy. Mam nadzieję, że Doktorantka będzie miała możliwość skomentowania ich w czasie publicznej obrony doktoratu.

1. Doktorantka przeprowadziła odpowiedni test, aby zweryfikować, czy spektralny wskaźnik degradacji plam krwi ulegnie znaczącej zmianie w wyniku zwiększenia mocy lasera na próbce (co wskazywałoby na dodatkową degradację wywołaną jedynie użyciem promieniowania laserowego). Podczas tego testu zastosowała cztery różne, odpowiednio dobrane, moce lasera, jednak czas ekspozycji i liczbę akumulacji dostosowywano oddzielnie dla każdej mocy wzbudzenia, aby utrzymać porównywalną liczbę zliczeń, umożliwiając w ten sposób otrzymanie widm ramanowskich o podobnym stosunku sygnału do szumu. Mam wątpliwości do takiego podejścia, gdyż wydaje się, że chcąc zweryfikować postawiony przez Doktorantkę cel, należałoby raczej zachować ten sam czas oddziaływania różnych mocy lasera z próbką, nie zaś starać się utrzymać podobny stosunek sygnału do szumu. Bardzo proszę o wyjaśnienie niniejszej procedury i komentarz.
2. W podsumowaniu Autorka stwierdza, że wysokie wskaźniki błędów modeli LR – obserwowane po wprowadzeniu trzeciego zestawu plam krwi mogą wynikać z faktu, że zmiany biochemiczne składu krwi związane z dawcą były bardziej wyraźne w widmach ramanowskich niż subtelne zmiany związane z czasem. Czy możliwym jest, według



- Autorki, stwierdzenie z przeprowadzonej przez Nią analizy widm, że np. zmienia się frakcja plazmy krwi, np. pod względem stężenia lipidów, cukrów, karotenoidów itp., co również mogłoby wyjaśniać taką obserwację? Czy dogłębna analiza widm ramanowskich sugeruje pojawienie się dodatkowych komponentów? Jeśli tak, to jakich?
3. Z czego wynikał brak danych z 4, 5, 6 i 11, 12 oraz 13 doby od depozycji? Zgodnie z opisem, pomiary odbywały się z wyłączeniem weekendów, natomiast wydaje się, że również piątków.
 4. Wybór przez Doktorantkę lasera o długości fali 785 nm jest zrozumiały. Wydaje się jednak, że użycie dodatkowego wzbudzenia umożliwiłoby w niektórych przypadkach lepszą charakterystykę obserwowanych procesów degradacji, w tym identyfikację obserwowanych adduktów. Czy Autorka podjęła się dodatkowych pomiarów z użyciem innych długości linii lasera? Zastanawia fakt, czy bardziej efektywnym w określeniu wieku śladów krwawych, nie okazałoby się jednoczesne użycie tzw. „rotacyjnego trybu pomiaru” i linii wzbudzenia umożliwiającej obserwację rezonowanego widma ramanowskiego hemoglobiny umożliwiającego lepszą ocenę stopnia utlenienia i spinu jonów żelaza. Proszę o komentarz.

Na szczególną uwagę i podkreślenie zasługuje również fakt, że na obecnym etapie kariery naukowej Pani mgr Menżyk odbyła już 7 staży zagranicznych, jest współautorką 10 prac naukowych, w tym 6 prac z listy JCR (w 4 pracach jest pierwszym autorem, w 1 pracy jest autorem korespondencyjnym), o łącznym współczynniku oddziaływania 19.114 (średni IF=3.186), a także 2 rozdziałów w książkach i 2 publikacji popularnonaukowych. Doktorantka już 12 razy wygłaszała komunikaty ustne i 13 razy prezentowała swoje wyniki podczas sesji posterowych na konferencjach ogólnopolskich i międzynarodowych. Dodatkowo 18 razy była również współautorem wystąpień wygłaszanych w formie komunikatów lub posterów. Indeks Hirscha Doktorantki wynosi 4, ilość cytowań Jej prac to 34 (Scopus na dzień 17.08.2021).

Podsumowując, stwierdzam, że założone przez Doktorantkę cele zostały osiągnięte i można mówić, iż praca ta stanowi istotny przyczynek do rozwoju nauk chemicznych w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych. Biorąc pod uwagę ogrom pracy, jaki został włożony przez Panią mgr Alicję Menżyk w zaplanowanie i wykonanie tak wielu eksperymentów, opracowanie rozprawy, jak też przeprowadzenie nietuzinkowych obliczeń i analiz danych eksperymentalnych wraz z ich interpretacją stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji **rozprawa doktorska, spełnia zawiązką wymagania stawiane rozprawom doktorskim jakie są określone w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017 r. poz. 1789) oraz art. 179 ustawy z dnia 13 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 30 sierpnia 2018 r. poz 1669) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie pani mgr Alicji Menżyk do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Jednocześnie chciałabym dodać iż z uwagi na interdyscyplinarną tematykę rozprawy, jej mistrzowskie opracowanie i analizę danych wykonaną w prawdziwie kunsztowny sposób, jak

Dr hab. Katarzyna Maria Marzec
tel.: +48 12 664 54 76
http://jcet.eu/new_en/
http://bit.ly/RBCs_Spectroscopy_Team
e-mail: katarzyna.marzec@uj.edu.pl



ul. Bobrzyńskiego 14
30-348 Kraków, Polska
tel. +48 12 664 54 64
fax +48 12 297 46 15
e-mail: jcet@jcet.eu
www.jcet.eu



i ogrom prac jaki został włożony przez Doktorantkę w realizację postawionych celów badawczych, uwzględniając również dorobek naukowy i publikacyjny Doktorantki, w tym wykorzystanie w rozprawie doktorskiej wyników uzyskanych w ramach współpracy międzynarodowej, **wnioskuje do Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Uniwersytetu Śląskiego o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Alicji Menżyk.**

Z poważaniem,
Katarzyna Maria Marzec