

prof. dr hab. Roman Kozłowski
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN
ul. Niezapominajek 8
30-198 Kraków
nckozlow@cyf-kr.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Olgi Syta *Niejednorodność chemiczna ciał stałych w badaniach archeometrycznych metodami spektralnymi ze szczególnym uwzględnieniem metody LA-ICP-MS*

Swoją rozprawę doktorską zatytułowaną *Niejednorodność chemiczna ciał stałych w badaniach archeometrycznych metodami spektralnymi ze szczególnym uwzględnieniem metody LA-ICP-MS* mgr Olga Syta wykonała w Pracowni Teoretycznych Podstaw Chemii Analitycznej Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem dr hab. Barbary Wagner. Głównym celem pracy było opracowanie procedur analizy chemicznej niejednorodnych materiałów, w celu określenia zawartości i rozmieszczenia możliwie dużej liczby pierwiastków komplementarnymi metodami spektralnymi: spektrometrią mas z jonizacją plazmą sprzężoną indukcyjnie po ablacji laserowej (LA-ICP-MS), spektroskopią emisyjną ze wzbudzeniem laserowym (LIBS), spektroskopią Ramana i spektrometrią fluorescencji rentgenowskiej (XRF). Choć opracowane procedury mają walor uniwersalny, doktorantka przeprowadziła optymalizację metodyki na próbkach słynnych malowideł ściennych z Faras w średniowiecznej Nubii przeniesionych na nowe podłoża w czasie prac archeologicznych i znajdujących się w zbiorach Muzeum Narodowego w Warszawie, traktując malowidła jako swego rodzaju studium przypadku. Wyniki badań posłużyły do poznania materiałów i technik malarskich dla bardzo cennego zabytku, trzeba dodać wyjątkowo złożonego i trudnego do badań ze względu na konieczność analizy wielu nałożonych na siebie warstw zawierających różnorodne historyczne materiały artystyczne – kruszywa, spoiwa i pigmenty.

Rozprawa mgr Olgi Syta liczy 154 strony, zawiera 30 rysunków i 18 tabel. Praca ma czytelny układ - po krótkim wstępie pojawia się część literaturowa, a następnie część eksperymentalna poprzedzona sformułowaniem celu pracy. Rozprawę kończy podsumowanie i spis literatury liczący 222 pozycje. Zasadnicze dwie części pracy – literaturowa i eksperymentalna mają w przybliżeniu taką samą objętość, a każda jest podzielona na 6 rozdziałów. Autorka dodała również spis używanych skrótów, pożyteczny w pracy omawiającej różne analityczne techniki instrumentalne opisywane skrótami wywodzącymi się od nazw angielskich.

We wstępie autorka trafnie formułuje wymagania jakie powinny spełniać techniki analityczne w zastosowaniu do badań obiektów zabytkowych i dzieł sztuki. Autorka krótko opisuje przygotowanie szlifów stratygraficznych do badania struktury warstwowej powierzchni dekorowanych oraz historię kolejnych technik analitycznych stosowanych do badania szlifów – skaningową mikroskopię elektronową z mikrosondą rentgenowską, spektroskopię Ramana, mikrodyfrakcję rentgenowską i wreszcie LA-ICP-MS.

Do wstępu mam tylko jedno zastrzeżenie natury terminologicznej. Autorka nietrafnie i niekorzystnie dla odbioru swojej pracy określa badania jako „archeometryczne”. Już w pierwszym zdaniu wstępu definiuje, moim zdaniem, nietrafnie archeometrię jako „dział chemii analitycznej obejmujący fizyko-chemiczne badania obiektów zabytkowych z zastosowaniem metod instrumentalnych”. Tymczasem definicja archeometrii – i rozumienie tego terminu w nauce światowej - jest znacznie węższe (na przykład Encyklopedia PWN

określa archeometrię jako „badanie autentyczności, określanie wieku i pochodzenia obiektów archeologicznych metodami chemii analitycznej”). Opracowane przez doktorantkę procedury analityczne są przydatne do badania wszelkich obiektów dziedzictwa i dzieł sztuki, nie tylko archeologicznych, i służą dogłębnemu poznaniu materiałów i technik artystycznych stosowanych w przeszłości (co po angielsku określa się jako „art technological research”). Z tego samego powodu uważam za nietrafny tytuł rozprawy, który powinien wskazywać prawdziwe pole przeprowadzonych badań np. „Niejednorodność chemiczna ciał stałych w badaniach obiektów dziedzictwa metodami spektralnymi...”.

Pierwszą część wstępu literaturowego (rozdział 1) doktorantka poświęca terminologii słusznie uznając za konieczne jasne stosowanie terminów w pracy interdyscyplinarnej na pograniczu nauk ścisłych i humanistyki. Szczególnie ciekawe są rozważania o jednorodności materiałów i trudności w ustaleniu czym jest próbka reprezentatywna w przypadku materiałów niejednorodnych. Doktorantka bardzo trafnie zarysowuje dwa bieguny pracy chemika analityka badającego obiekty niejednorodne, z jednej strony potrzebę ustalenia średniego, reprezentatywnego składu próbki, z drugiej wydobyć informacji o rozmieszczeniu pierwiastków w próbce i stąd o składzie lokalnym jej składników. Podejście to stanowi podstawę działań eksperymentalnych i sposobu interpretacji wyników w całej rozprawie. Kolejno doktorantka przeprowadza ciekawą i precyzyjną dyskusję zakresów znaczeniowych terminów spektroskopii, spektrometrii oraz metody spektralne, uzasadniając swój wybór terminów stosowanych w pracy, oraz różnice między terminologią polską i angielską.

W rozdziale 2 części literaturowej doktorantka omawia różnorodne oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią będące podstawą metod spektroskopowych stosowanych w analizie chemicznej, a wywody w tekście wspierają dobre schematy oddziaływań przedstawione na rys. 1. W części tej zauważyłem niewielki błąd w opisie efektu Comptona – zmiana energii zależy oczywiście nie od kąta padania, a kąta rozproszenia fotonu. Chciałbym też zachęcić doktorantkę do większej precyzji w zamiennym stosowaniu dwóch różnych terminów opisujących to samo zjawisko. W omawianym fragmencie pracy termin promieniowanie rentgenowskie (moim zdaniem w pełni poprawny termin polski) jest stosowany zamiennie z idącym za terminem angielskim „promieniowaniem X”. Podobnie zderzenie/oddziaływanie sprężyste/niesprężyste doktorantka zamiennie używa z idącymi za terminologią angielską określeniami elastyczne/nieelastyczne. Ujednolicenie terminologii lub stosowne wyjaśnienie byłoby korzystnym rozwiązaniem.

Rozdział 3 części literaturowej poświęcony jest źródłom promieniowania elektromagnetycznego – krótko lampie rentgenowskiej i promieniowaniu synchrotronowemu i bardzo obszernie promieniowaniu laserowemu – fizycznym podstawom działania laserów, ich podziałowi według różnych kryteriów, a w końcu właściwościom promieniowania laserowego. Rozdział kończy pożyteczny schemat ilustrujący wykorzystanie źródeł laserowych w chemii analitycznej, w którym autorka rozprawy zaznacza metody wykorzystywane w jej własnej pracy.

Po opisanych trzech rozdziałach wprowadzających, autorka rozprawy przechodzi do opisu oddziaływania promieniowania laserowego z materią (rozdział 4). Najobszerniejsza jest część 4.1 poświęcona ablacji laserowej. Dobrze zrozumienie tego zjawiska miało kluczowe znaczenie dla poprawnego wykorzystania metod LIBS i LA-ICP-MS zastosowanych w pracy. Rozdział ten przeczytałem z wielkim zainteresowaniem. Dotychczas moja wiedza na temat ablacji laserowej w znacznym stopniu ograniczała się do zastosowania tego zjawiska do kontrolowanego czyszczenia powierzchni obiektów zabytkowych. W tym zakresie badania nakierowane są na efektywność usuwania niepożądanych nawarstwień i, przede wszystkim, na wpływ impulsów laserowych o różnych długościach fali i różnej gęstości energii impulsu na stan zachowania powierzchni zabytku w celu maksymalnego ograniczenia jej degradacji

chemicznej i strukturalnej. W celu kontroli przebiegu procesu czyszczenia monitorowano powierzchnie materiałów przy zastosowaniu metod mikroskopowych, kolorymetrycznych i spektroskopowych. Doktorantka w swoim opisie analizuje zjawisko ablacji laserowej bardziej dogłębnie, zaczynając od jego fizycznego modelu, obejmującego zarówno procesy biegnące w ciele stałym jak i w obłoku plazmowym. Następnie omawia dominujące mechanizmy w zależności od gęstości mocy promieniowania oraz wykorzystanie tych mechanizmów do wyrwania cząstek z próbki i generowania plazmy w sposób optymalny dla określonej metody analitycznej. Szczególnie dużo miejsca autorka poświęca zastosowaniu ablacji laserowej do mikropróbki materiału w metodzie LA-ICP-MS dyskutując wszystkie ważne aspekty tego procesu zależne od długości i czasu trwania impulsu, ale i właściwości badanego materiału. Szczególnie ciekawa jest analiza morfologii krateru poablacyjnego o kluczowym znaczeniu przy planowaniu eksperymentu optymalnie dostosowanego do badanej próbki i rozwiązywanego problemu. Autorka wyczerpująco omawia też efekt frakcjonowania ważny dla interpretacji wyników analiz.

Pożyteczną rolę w rozprawie spełnia kolejny rozdział 5, w którym omawiane wcześniej bardzo złożone zjawiska oddziaływanie promieniowania z materiałami są podstawą do opracowania syntetycznej Tabeli 5 podsumowującej najważniejsze parametry metod spektralnych wykorzystanych w rozprawie. Autorka omawia też w tej części rozwiązania aparaturowe i eksperymentalne – konstrukcję komór ablacyjnych, sposób przygotowania próbek oraz stosowane metody kalibracji i dostępne certyfikowane materiały odniesienia, omawiane w kontekście ich przydatności (podobieństwa matryc) do analizy różnych rodzajów materiałów występujących w obiektach dziedzictwa kultury. Część literaturową kończy rozdział 6 omawiający układy tandemowe łączące w jednym urządzeniu dwie metody analityczne, dające komplementarną informację o tym samym miejscu badanej próbki. Szczególnie obszernie autorka omawia układ LA-ICP-MS/LIBS będący bardzo zaawansowanym technicznie narzędziem powstałym w ostatnim dziesięcioleciu, które udało jej się wykorzystać do badań przeprowadzonych w rozprawie.

Podsumowując część literaturową należy podkreślić pracowitość autorki w zgromadzeniu i przeczytaniu wielkiej liczby 222 prac. Zacytowanie tak obszernej literatury może budzić wątpliwości co do krytycznego wyboru najważniejszych prac. W recenzowanej rozprawie tłumaczy jednak decyzję autorki wybór bardzo szerokiego obszaru zjawisk i pomiarów potrzebnych do dobrego wykonania własnej pracy doświadczalnej. Z zadania uporządkowania i jasnego przedstawienia wybranego przez siebie materiału autorka wywiązała się bardzo dobrze.

Po krótkim sformułowaniu celu pracy, następuje część doświadczalna. Autorka zaczyna od opisu obiektu badań, którym są malowidła ściennie z katedry Faras i innych stanowisk archeologicznych. Należy podkreślić bardzo poprawny wybór obiektów do badań od dużych fragmentów malowideł przechowywanych jako transfery w muzeum (próbki T), przez niewielkie fragmenty oryginalnych malowideł, które już można przenieść do laboratorium (próbki F), po przekroje stratygraficzne o grubości ułamka milimetra umożliwiające badania struktury powłok malarskich. Dokonany wybór obiektów odzwierciedla w pełni praktykę badań materiałów i technik artystycznych metodami nauk ścisłych. Do badania obiektów każdej kategorii autorka dobiera metody analityczne: nieinwazyjne i nieniszczące badanie całych dzieł in situ w muzeum przy użyciu przenośnego spektrometru fluorescencji rentgenowskiej, nieinwazyjne pomiary widm Ramana i fluorescencji rentgenowskiej w laboratorium dla próbek niewielkich, oraz mikroniszczące pomiary LA-ICP-MS/LIBS w przypadku przekrojów stratygraficznych.

Po wyczerpującym opisie materiałów, wzorców i aparatury stosowanych w pracy autorka opisuje przebieg skrupulatnej optymalizacji metod analitycznych. W przypadku spektrometrii

fluorescencji rentgenowskiej przedmiotem optymalizacji były napięcie i natężenie lampy rentgenowskiej oraz czas pomiaru fluorescencji. Kryterium optymalizacji prowadzonej przy użyciu certyfikowanych ceramicznych materiałów odniesienia była nie tylko największa czułość pomiaru dla wszystkich pierwiastków, szeroki zakres energii emitowanych fotonów, ale ograniczenie głębokości wnikania promieniowania rentgenowskiego, aspekt ważny przy badaniu składu cienkich warstw malarskich. Bardzo starannie autorka dokonała również optymalizacji metody LA-ICP-MS. W tym przypadku stanęła przed złożonym zadaniem ze względu na niejednorodny charakter badanych materiałów zabytkowych, w których poszczególne składniki mogą różnić się znacznie progami i wydajnościami ablacji. Autorka wzorowo rozwiązała problem, skrupulatnie przypisując poszczególnym warstwom/składnikom próbek odpowiednie materiały porównawcze. Przyjęte parametry procedury mikropróbki (częstotliwość pracy lasera i szybkość przesuwu próbki) były kompromisem ustalonym na podstawie pomiarów tak wybranych materiałów wzorcowych. Część pracy poświęconą optymalizacji metod analitycznych kończy zestawienie granic wykrywalności pierwiastków dla zoptymalizowanej metodyki pomiarowej. Równie starannie autorka rozprawy przeprowadziła optymalizację pomiarów z użyciem tandemowego układu LA-ICP-MS/LIBS. Optymalizacja objęła parametry pracy samej aparatury oraz wybór linii emisyjnych służących określeniu zawartości poszczególnych pierwiastków i wizualizacji ich rozmieszczenia w próbce.

Kolejne rozdziały zawierają wyniki badań malowideł z Faras, niejednorodnych, wielowarstwowych i wieloskładnikowych materiałów dających dobre wyobrażenie o wyzwaniach, jakie stanowią obiekty dziedzictwa kultury dla badaczy z obszaru nauk ścisłych. W rozdziale 9 autorka omawia główny skład pierwiastkowy malowideł zmierzony metodą fluorescencji rentgenowskiej, in situ w muzeum dla próbek T, i w laboratorium dla próbek F. Widma rejestrowano z obszarów o powierzchni około 500 mm², co pozwoliło na uzyskaniu informacji z różnych miejsc kompozycji malarskiej o jednolitym kolorze. W badaniach wyeksponowano skład warstwy malarskiej przez pomiar czystych podłoży tynkowych niepokrytych warstwami malarskimi – w przypadku próbek F wyniki podano w postaci widm różnicowych dla układu warstwa malarska/tynk. Wynikiem pomiarów jest staranne przypisanie grup pierwiastków poszczególnym pigmentom kompozycji.

W kolejnych rozdziałach 10 i 11, autorka przedstawia wyniki analiz niejednorodności badanych próbek. Rozdział 10 jest poświęcony analizie jednorodności materiałów odniesienia. Ponieważ analiza punktowa metodą LA-ICP-MS dostarcza informacji lokalnej pochodzącej od nie więcej niż 1 mg masy próbki przeprowadzonej do obłoku plazmowego, konieczne jest wielokrotne powtórzenie ablacji punktowej w różnych miejscach w celu ustalenia uśrednionego składu pierwiastkowego. W przeprowadzonej skrupulatnej procedurze optymalizacyjnej doktorantka wyznaczyła minimalne liczby pomiarów potrzebne do dokładnego wyznaczenia średniego składu pierwiastkowego poszczególnych wzorców.

W rozdziale 11 autorka przedstawiła wyniki analiz rozmieszczenia pierwiastków w przekrojach stratygraficznych (próbki P) przy użyciu najpierw metody LA-ICP-MS, a następnie LIBS. Sposób normalizacji i wizualizacji wyników jest jasny. Bardzo korzystne było też dodanie do każdego zestawu map rozmieszczenia pierwiastków widm fluorescencji rentgenowskiej zmierzonych dla próbek F, z których pochodziła określona próbka P, co dawało pełny obraz potencjału zastosowanego aparatu badawczego. Przedstawione dla wybranych próbek wyniki pokazały niezwykle zalety metody LA-ICP-MS: niezwykłą rozdzielczość powierzchniową, oznaczenie pierwiastków lekkich jak węgiel lub azot, wykrycie pierwiastków o zawartości poniżej progu wykrywalności metodą XRF. Zastosowana metodyka pozwala na rozróżnienie pojedynczych ziaren w warstwach malarskich, co trzeba uznać za duże osiągnięcie w nauce o dziedzictwie o ekscytujących

perspektywach stosowania w najrozmaitszych analizach dzieł sztuki. Następnie autorka dyskutuje zauważone przez siebie ograniczenia metody polegające na niewystarczającej efektywności ablacji przezroczystych ziaren mineralnych np. kwarcu. Testuje efekt zmiany parametrów ablacji – długości fali lasera i gęstości energii, krytycznie oceniając jednak większe uszkodzenie próbki na skutek dużej głębokości kraterów poablacyjnych.

Ostatnia część rozprawy dotyczy zastosowania sprzężonego układu LA-ICP-MS/LIBS. Od strony organizacyjnej, pomiary te są dużym osiągnięciem doktorantki, ponieważ wymagały pracy w Lawrence Berkeley Laboratory w Uniwersytecie Kalifornijskim. Uzyskane wyniki przejrzyście zilustrowane mapami rozmieszczenia pierwiastków dobitnie pokazują komplementarny charakter obu metod. Swoje wywody autorka podsumowuje zestawiając granice wykrywalności pierwiastków jedną i drugą metodą w Tabeli 15.

W kolejnym etapie badań autorka podejmuje ambitne zadania ilościowego wyrażenia wyników przeprowadzonych pomiarów jako zawartości pierwiastków w przeliczeniu na tlenki. Autorka przebadła dwie procedury – bezwzorcową, wykorzystującą jedynie parametry fizyczne pierwiastków, oraz z certyfikowanym wzorcem zewnętrznym – skrupulatnie przedstawiając zalety i ograniczenia obu metod. W dodatkowych badaniach procedury z wzorcem zewnętrznym sprawdziła wpływ dopasowania matrycowego wzorców i próbek, dochodząc do zaskakującego – ale na pewno pozytywnego dla przeprowadzonych badań – wniosku, że efekty matrycowe w przypadku badanych materiałów archeologicznych i wybranego wzorca zewnętrznego nie wpływają na dokładność oznaczenia składu pierwiastkowego. Skorygowałbym jedynie nieuzasadniony wniosek, że tak się dzieje dla niejednorodnych ciał stałych, przyczyną jest przecież podobieństwo chemiczne i strukturalne badanych materiałów i wzorca. W ostatniej części rozdziału 11 autorka przedstawia widma Ramana dla badanych próbek i uzupełnia analizy składu pierwiastkowego informacjami o składzie mineralnym materiałów.

W rozdziale 12 autorka w spektakularny sposób wykorzystowała otrzymane w wcześniej wyniki do wydobycia chemicznego zróżnicowania materiałów, a stąd charakterystyki historycznych materiałów i technik artystycznych obszaru średniowiecznej Nubii w rozwoju czasowym (wiek zabytku) i przekroju geograficznym (miejsce pochodzenia). Mam w tym miejscu uwagę redakcyjną, w tekście nie objaśniono jak wybrano/obliczono intensywności sygnałów fluorescencji rentgenowskiej będące podstawą wykresów na rys. 29 i 30. Z uznaniem odnotowuję, że autorka nie zatrzymała interpretacji wyników na informacji o składzie chemicznym czy mineralnym próbek, ale wyciągnęła wnioski o charakterze historycznym (wpływie tradycji starożytnego Egiptu na technikę malowideł, czy zastosowaniu pigmentu skalnego lapis lazuli), pewnie się czując na badanym przez siebie pograniczu nauk ścisłych i humanistyki. Rozprawę kończy wyczerpujące podsumowanie badań.

Na koniec do obowiązków recenzenta należy ocena redakcji przedłożonej rozprawy doktorskiej. Praca napisana jest bardzo starannie, na przeszło 130 stronach tekstu znalazłem bardzo nieliczne błędy literowe (na przykład: str. 27, par. 1 i 2, str. 48, par. 3, str. 51, par. 3). Na str. 91 zabrakło wyróżnienia kolejnego podrozdziału, a informacje o granicach wykrywalności pierwiastków błędnie znalazły się w podrozdziale o analizie czystości żywicy. Autorka nie ustrzegła się również od naporu języka angielskiego. Jako przykłady niezręczności stylistycznych z tego wynikających podam: ‘interakcja laser-ciało stałe’ (str. 32), może lepiej ‘oddziaływanie promieniowania laserowego z ciałem stałym’, ‘kompleksowość układu pomiarowego’ (str. 62), powinno być ‘złożoność układu pomiarowego’, ‘ablacji bez lub ze znikomym wpływem’ powinno być ‘ablacji bez wpływu lub ze znikomym wpływem’ (str. 36) czy ‘identyfikacja składu chemicznego’ (str. 134) może jednak ‘określenie składu chemicznego’. Wpływem angielskiego jest też nadmierne stosowanie strony biernej w opisie działań eksperymentatora np. ‘sygnały były korygowane

indywidualnie' lepiej 'sygnały korygowano indywidualnie' (str. 106). Opisane mankamenty redakcyjne były rzadkością w ogólnie dobrze napisanym tekście, który przeczytałem z przyjemnością i rosnącym zainteresowaniem, ze względu na klarowną strukturę i dobrze poprowadzoną narrację. Lista cytowanych prac jest zredagowana starannie, choć brakuje stron przy cytowaniu książek, co utrudnia znalezienie przywoływanej informacji.

Podsumowując całość badań składających się na rozprawę doktorską stwierdzam, że mgr Olga Syta osiągnęła szereg znakomitych wyników zarówno o charakterze podstawowym w dziedzinie chemii analitycznej, jak i stosowanym w dziedzinie nauki o dziedzictwie:

- na potrzeby analizy niejednorodnych, wielowarstwowych próbek materiałów zabytkowych opracowała nową strategię równoczesnego zastosowania komplementarnych metod spektralnych,

- wzorowo zbadała i przedyskutowała zagadnienia o ogólnym znaczeniu w chemii analitycznej, szczególnie procedury - bezwzorcową i ze wzorcem – oznaczania składu pierwiastkowego, czy wpływ zgodności matrycy wzorca i próbki badanej na dokładność oznaczenia,

- wykorzystując różnorodność zjawisk fizycznych będących podstawą wybranych metod, również ogromne różnice w rozdzieleności powierzchniowej, uzyskała wszechstronną informacje o składzie pierwiastkowym i mineralnym próbek, a także o rozmieszczeniu pierwiastków w przekroju próbki z możliwością śledzenia składu pojedynczych ziaren w warstwach malarskich,

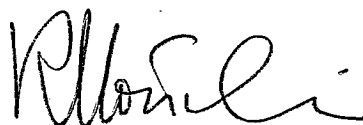
- przeprowadziła wielostronną interpretację wyników uzyskując dogłębną charakterystykę materiałów i technik artystycznych stosowanych w malowidłach ściennych pochodzących z terenów średniowiecznej Nubii, należących do najcenniejszych obiektów archeologicznych w zbiorach polskich,

- wzorowo połączyła nowoczesne narzędzia i instrumentarium nauk ścisłych z pytaniami i specyficznymi uwarunkowaniami nauk humanistycznych, reprezentowanych przez historię sztuki oraz konserwację. Jestem przekonany że osiągnięcia mgr Olgi Syta spotkają się z rosnącym zainteresowaniem badaczy nad dziedzictwem i znajdą zastosowanie nie tylko do poznawania zabytkowych materiałów i technik artystycznych, ale również będą wspierać badania autentyczności dzieł sztuki, jednego z ważnych wyzwań nauki o dziedzictwie.

Stwierdzam, że w moim przekonaniu recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania ustawowe dotyczące stopni naukowych i tytułu naukowego oraz stopni i tytułu z zakresu sztuki. Stąd zwracam się do Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego o dopuszczenie mgr Olgi Syta do publicznej dyskusji nad rozprawą.

Stawiam również wniosek o wyróżnienie rozprawy, uzasadnienie wniosku przedkładam w osobnym załączonym dokumencie.

Kraków 2 marca 2019



prof. dr hab. Roman Kozłowski
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN
ul. Niezapominajek 8
30-198 Kraków
nckozlow@cyf-kr.edu.pl

**Uzasadnienie wniosku o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Olgi Syta
*Niejednorodność chemiczna ciał stałych w badaniach archeometrycznych metodami
spektralnymi ze szczególnym uwzględnieniem metody LA-ICP-MS***

W mojej recenzji postawiłem wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr Olgi Syta o tytule jw. W moim przekonaniu wniosek ten uzasadnia znakomita, skrupulatna i wnikliwa realizacja obszernego, ambitnego planu badań rozwiązującego ważne zagadnienie poznawcze na pograniczu nauk ścisłych i nauki o dziedzictwie kultury, jakim jest analiza chemiczna i mineralogiczna niejednorodnych, wielowarstwowych próbek materiałów zabytkowych.

Szczególnymi osiągnięciami rozprawy są:

- opracowanie na potrzeby analizy złożonych materiałów zabytkowych metodyki równoczesnego zastosowania komplementarnych metod analitycznych: XRF, LA-ICP-MS, LIBS i spektroskopii Ramana,
- wszechstronna ocena precyzji, dokładności i czułości poszczególnych metod przy zastosowaniu rygorystycznych procedur chemii analitycznej,
- zastosowanie opracowanej metodyki do pozyskania wielostronnych informacji o składzie pierwiastkowym i mineralnym warstw malarskich w próbkach malowideł ściennych z terenów średniowiecznej Nubii ze zbioru Muzeum Narodowego w Warszawie, należących do najcenniejszych obiektów archeologicznych w Polsce.

Chciałem powtórzyć za recenzją, że mgr Olga Syta wzorowo moim zdaniem połączyła nowoczesne narzędzia i instrumentarium nauk ścisłych z pytaniami i specyficznymi uwarunkowaniami nauk humanistycznych, a wyniki rozprawy spotkają się z dużym zainteresowaniem badaczy dziedzictwa i znajdują zastosowanie do poznawania różnorodnych historycznych materiałów i technik artystycznych.

Kraków, 2 marca 2019.

