

Wrocław, 3 lutego 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Paweł POHL  
Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej  
Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska  
wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
e-mail: pawel.pohl@pwr.edu.pl  
tel. 071 320 24 94

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Jędrzeja PROCHA  
pt.

*Hyphenated systems based on detection by optical emission spectrometry in determination of metals and metalloids species*

przygotowanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. Przemysława NIEDZIELSKIEGO

### 1. Ocena ogólna rozprawy

Rozprawa doktorska pana mgr inż. Jędrzeja Procha, uczestnika interdyscyplinarnego programu studiów doktoranckich na Wydziale Chemicznym Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w latach 2017-2021, zatytułowana jest w języku polskim „Układy łączone oparte na detekcji przy użyciu spektrometrii emisji optycznej w oznaczeniach form metali i metaloidów” i została napisana w języku angielskim. Praca ta została przygotowana pod opieką naukową pana prof. dr hab. Przemysława Niedzielskiego, pracownika Wydziału Chemicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, i ma postać zbioru czterech oryginalnych i spójnych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Opublikowane artykuły, oznaczone jako D1, D2, D3 i D4, poprzedzone są krótkim przewodnikiem, który opisuje problemy naukowe postawione przez mgr inż. Procha, będące odzwierciedleniem istotnych braków metodologicznych w literaturze z zakresu analizy śladowej i specjacyjnej As i Fe metodami optycznej spektrometrii emisyjnej (ang. optical emission spectrometry, OES) ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ang. inductively coupled plasma, ICP) i plazmie indukowanej mikrofalami (microwave induced plasma, MIP), oraz sposoby ich rozwiązania w postaci nowo opracowanych metod analitycznych z wykorzystaniem wielokanałowego układu wprowadzania próbek (ang. multimode sample introduction system, MSIS). Do wspomnianego zbioru artykułów D1, D2, D3 i D4 wraz z ich przewodnikiem dołączone jest streszczenie pracy w języku polskim, cele pracy, jak również spis osiągnięć naukowych pana mgr inż. Procha wraz z jego życiorysem naukowym.

We wszystkich pracach stanowiących recenzowaną rozprawę naukową, pan mgr inż. Proch jest pierwszym autorem. Załączone oświadczenia współautorów artykułów D1, D2, D3 i D4, tj. prof. Niedzielskiego – wszystkie cztery artykuły oraz mgr inż. Aleksandry Orłowskiej – artykuł D4, jednoznacznie wskazują, że rola pana mgr inż. Procha jest wiodąca zarówno na etapie stawiania problemów naukowych, tworzenia odpowiednich koncepcji naukowych oraz sposobów rozwiązywania tych problemów (konstrukcja układów wprowadzania próbek, przeprowadzenie stosownych badań, analiza wyników oraz ich opis w postaci prac naukowych). W artykułach D1, D2 i D4 deklarowany wkład/udział

wymienionych wcześniej współautorów wynosi 30% (w pracy D3 takiego udziału nie podano). Wspomniane artykuły zostały opublikowane w latach 2020-2021 w międzynarodowych czasopismach anglojęzycznych z zakresu szeroko pojętej chemii analitycznej, spektrometrii atomowej oraz chemii i analityki żywności, tj. dwa w *Talanta*, jeden w *Analytica Chimica Acta*, jeden w *Foods*. Sumaryczny indeks cytowań tych artykułów (biorąc pod uwagę indeksy cytowań czasopism podane w 2020 r.), wynosi 23,02, a suma punktów podanych przez Ministerstwo Edukacji i Nauki dla tych czasopism wynosi 400. Prace te są już cytowane; D1 – 13 razy (7 razy bez autocytowań), D2 – 5 razy (3 razy bez autocytowań) i D3 – 1 raz (0 bez autocytowań). To dość wysokie wskaźniki bibliometryczne, które świadczą o randze tych prac i całej rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Procha.

Również cel pracy doktorskiej pana mgr inż. Procha, a jednocześnie opublikowanych artykułów naukowych D1, D2, D3 i D4, jest ambitny. W niniejszej pracy doktorskiej opracowano bowiem i zwalidowano nowe techniki łączone, służące do analizy specjacyjnej Fe (i innych metali) oraz As z wykorzystaniem układu MSIS, który umożliwia wprowadzanie do plazmowych źródeł wzbudzenia analitów nietworzących lotne wodorki – na zasadzie rozpylania pneumatycznego (ang. pneumatic nebulization, PN) analizowanych roztworów – lub analitów tworzących lotne wodorki w reakcji wodorkowej (ang. hydride generation, HG) zachodzącej w analizowanym roztworze po jego zakwaszeniu i wymieszaniu z roztworem odpowiedniego odczynnika redukującego, tj. THB (ang. sodium tetrahydroborate). Układ ten umożliwia również jednoczesne wprowadzanie analitów na drodze PN i HG oraz ich miarodajne oznaczanie w tym samym czasie bez konieczności wyłączania urządzenia i zmiany zestawu wprowadzania próbek/analitów. Unikalność recenzowanej pracy doktorskiej oraz wartość dodana zaproponowanych w niej rozwiązań konstrukcyjnych i opracowanych metod polega zatem w moim odczuciu na połączeniu układu MSIS z różnymi metodami OES, tj. ICP OES i MIP OES, a także włączeniu do rozdzielania różnych form specjacyjnych wybranych metali (Fe i inne) oraz metaloidów (As) wysokosprawnej chromatografii cieczerwowej (ang. high performance chromatography, HPLC).

## 2. Ocena poszczególnych artykułów naukowych

### 2.1. Artykuł D1

Artykuł D1 poświęcony jest technice sprzężonej HPLC-HG-ICP OES do oznaczeń trzech form specjacyjnych As, tj. As(III), As(V) i DMA. Wyjątkowość zaproponowanego rozwiązania w tej pracy polega na tym, że nie wymaga one dodatkowego przekształcenia rozdzielonych i wymywanych związków As przed właściwą reakcją HG i detekcją As metodą ICP OES; układ chromatograficzny do rozdzielania form specjacyjnych As, generowania ich wodorków i wprowadzania tychże do detektora ICP OES składa się z ogólnie dostępnych komercyjnie podzespołów, odpada zatem konieczność użycia dodatkowych pętli reakcyjnych za kolumną do HPLC oraz doboru odpowiednich odczynników do redukcji wstępnej poszczególnych związków As nieorganicznego i organicznego. Uniwersalność opracowanej metody analitycznej potwierdza jej późniejsze użycie do analizy specjacyjnej As w próbkach o bardzo różnych matrycach, tj. roztworach otrzymanych przez ekstrakcję wspomaganą ultradźwiękami próbek gleby, osadów polodowcowych, skorup naczyń glinianych oraz suszu herbacianego roztworem  $H_3PO_4$ , które następnie neutralizowano roztworem NaOH do pH 6-6,5. W zaproponowanej metodzie analitycznej wyciek anionowymiennej (ang. anion exchange, AE) kolumny HPLC zakwaszany był roztworem HCl przed właściwą reakcją HG zachodzącą wewnątrz komory MSIS po połączeniu z roztworem THB. W artykule zoptymalizowano stężenia reagentów i inne parametry pracy całego układu pomiarowego. Dla znalezionych

warunków optymalnych wyznaczono wybrane parametry walidacyjne nowoopracowanej metody, tj. granice wykrywalności form specjacyjnych As (ang. detection limit, DL), ich granice oznaczalności (ang. quantification limit, QL), zakresy liniowości, precyzję pomiarów oraz poprawność wyników oznaczeń. W tym ostatnim przypadku zastosowano metodę dodatku wzorca do przygotowanych ekstraktów próbek i policzono odzyski poszczególnych form specjacyjnych As. Zaletą metody jest z pewnością jej bardzo dobra charakterystyka analityczna i pewien uniwersalizm w odniesieniu do możliwości analizy różnych matryc/materiałów. Można przypuszczać, że metoda ta znajdzie wiele naśladowców w badaniach naukowych nad specjacją As czy rutynowych badaniach środowiskowych.

### 2.2. Artykuł D3

W artykule D3 opracowano technikę sprzężoną do analizy specjacyjnej Fe, tj. Fe(II) i Fe(III). W tym przypadku połączono rozdzielanie obu jonów przy użyciu kationowymiennej (ang. cation exchange, CE) kolumny HPLC wraz z detekcją obu form metodą MIP OES lub ICP OES z wprowadzaniem analitów na drodze PN i z użyciem komory MSIS. Nowoopracowaną metodę zastosowano do analizy specjacyjnej Fe w ekstraktach HCl oraz H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (podobna procedura jak w artykule D1) osadów polodowcowych, osadów rzecznych, gleb, skorup naczyń glinianych oraz suszu herbacianego. W artykule wstępnie dobrano odpowiednie parametry pracy obu spektrometrów oraz warunki rozdzielania obu form specjacyjnych Fe (mając na uwadze nie tylko morfologię chromatogramu, ale także wpływ składu fazy ruchomej na wielkość odpowiedzi obu detektorów i ich stabilność). W warunkach optymalnych pracy układu pomiarowego określono podstawowe parametry walidacyjne, w tym DL i QL dla obu form specjacyjnych, zakresy liniowości, oraz precyzję oznaczeń i ich poprawność. Podobnie jak w przypadku artykułu D1, do określenia poprawności wyników użyto metody dodatku wzorca do przygotowanych ekstraktów analizowanych próbek. Zastosowanie obu metod, tj. MIP OES i ICP OES, dało zbieżne wyniki przeprowadzanych analiz zebranego materiału badawczego, co dodatkowo potwierdzało ich wiarygodność, jak również uniwersalizm zastosowanego rozwiązania. I w tym przypadku wydaje się, że opracowana metoda znajdzie zastosowanie w badaniach naukowych nad specjacją Fe w próbkach środowiskowych, czy monitoringiem tego pierwiastka w środowisku.

### 2.3. Artykuły D2 i D4

Artykuł D2 łączy koncepcję dwóch poprzednich prac, tj. artykułu D1 i artykułu D3. W tym przypadku układ MSIS posłużył jako interfejs pomiędzy układami rozdzielania chromatograficznego (CE- i AE-HPLC) a detektorem spektrometrycznym (ICP OES). Część analitów wprowadzana była do ICP w postaci aerozolu poprzez PN – dotyczy to oznaczania jonów Fe, tj. Fe(II) i Fe(III), oraz jonów innych metali, tj. Cd(II), Co(II), Cu(II), Mn(II), Ni(II), Pb(II), Ru(III), Sr(II), Tl(I), Zn(II) i V(V), w wycieku kolumny CE-HPLC, część natomiast wprowadzana była w postaci wodorków kowalencyjnych poprzez HG – dotyczy to oznaczania form specjacyjnych As, tj. As(III), As(V) i DMA, oraz jonów innych metaloidów, tj. Ge(IV) i Se(IV), w wycieku kolumny AE-HPLC. Tak jak poprzednio, zaproponowany układ rozdzielania analitów i ich wprowadzania na drodze PN i HG do ICP OES nie wymagał użycia dodatkowych pętli reakcyjnych do przeprowadzania ewentualnych reakcji wstępnej redukcji lub kompleksowania rozdzielonych jonów. W warunkach optymalnych tego układu określono wybrane parametry walidacyjne, w tym zakresy liniowości, wartości DL i QL oznaczanych pierwiastków, oraz precyzję i poprawność oznaczeń. Poprawność, wzorem wcześniejszych artykułów, określono stosując metodę dodatku wzorca do przygotowanych ekstraktów H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> analizowanych

próbek, jednej organicznej i jednej nieorganicznej. Nowo opracowaną metodę zastosowano do analizy przygotowanych ekstraktów  $H_3PO_4$  próbek osadów polodowcowych, osadów rzecznych, gleb, skorup naczyń glinianych oraz suszu herbacianego. Bardzo ciekawe wydaje się być stwierdzenie, że w ekstraktach analizowanych próbek obecne są również inne formy jonowe niektórych metali, np. dla Mn oprócz jonów Mn(II) obecny jest aż dziewięć innych form jonowych tego pierwiastka, w przypadku Fe są to jony Fe(II) i Fe(III) oraz dwa inne niezidentyfikowane jony, dla Cu oprócz jonów Cu(II) – dodatkowo trzy inne związki jonowe.

Artykuł D4 pokazuje zastosowanie techniki łączonej, opracowanej w artykule D2, do analizy specjacyjnej As oraz Fe w ekstraktach  $H_3PO_4$  suszu herbacianego (yerba mate) o różnym pochodzeniu. W odróżnieniu od wcześniejszych artykułów, oprócz bezpośredniego oznaczenia poszczególnych form jonowych As i Fe, oznaczono również stężenie obu pierwiastków w próbkach po ich uprzednim rozkładzie mokrym (zawartość całkowita,  $As_{całkowita}$ ,  $Fe_{całkowita}$ ) oraz przygotowanych ekstraktach (zawartość ekstrahowalna,  $As_{ekstrahowalna}$ ,  $Fe_{ekstrahowalna}$ ), co pozwoliło wyznaczyć wydajności ekstrakcji oznaczanych pierwiastków. Policzono jednocześnie stężenia frakcji As i Fe, która nie została wyekstrahowana ( $As_{nieekstrahowalna}$ ,  $Fe_{nieekstrahowalna}$ ). Informacja o zawartości całkowitej i zawartości frakcji ekstrahowalnej posłużyły do wizualizacji zgromadzonych danych przy użyciu analizy głównych składowych (ang. principle component analysis, PCA), chociaż nie otrzymano jednoznacznego pogrupowania analizowanych próbek ze względu np. na kraj pochodzenia, rodzaj, czy czystość produktu.

### 3. Uwagi i pytania

Ze względu na nowo opracowane metody analityczne wysoko oceniam artykuły D1, D2, D3 i D4. Metody te są łatwe do odwzorowania w wielu laboratoriach analizy spektrochemicznej i chromatograficznej wyposażonych w układy do HPLC i odpowiednie detektory spektrometryczne, tj. ICP OES czy MIP OES. Umożliwiają one wykonanie analizy specjacyjnej As i Fe, można je również dość łatwo modyfikować na etapie przygotowania próbek, czy doboru warunków rozdzielania. W tym wszystkim należy upatrywać wartości naukowej rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Procha. Po przeczytaniu wspomnianych artykułów mam jednak kilka uwag i pytań, na które chciałbym uzyskać odpowiedzi, żeby zaspokoić swoją ciekawość.

1. W artykułach D1, D2 i D3 nie znalazłem jednoznacznego stwierdzenia, że (ze względu na zastosowaną procedurę przygotowania analizowanych próbek) metoda pozwala oznaczać stężenia As(III), As(V) i DMA oraz Fe(II) i Fe(III) tylko we frakcji ekstrahowalnej  $H_3PO_4$ , których suma nie musi odpowiadać stężeniu całkowitemu tych pierwiastków. Dlatego zastanawia mnie dlaczego w wymienionych artykułach nie określono stężeń całkowitych As i Fe ( $As_{całkowita}$ ,  $Fe_{całkowita}$ ) po rozkładzie mokrym badanych materiałów (nie koniecznie wszystkich, tylko np. po jednym wybranym z danego rodzaju). Dałoby to możliwość określenia, jaką część stanowią oznaczone (wyekstrahowane i wyluowane w danych warunkach) formy specjacyjne As i Fe.
2. W wszystkich artykułach użyto procedury przygotowania próbek, która została opisana w 2009 r. przez Gonzalez-a i współpracowników (Food Chemistry, 115, 360-364). Wspomniani autorzy określili poprawność otrzymanych wyników i całej procedury przygotowania próbek wraz z zastosowaną metodą oznaczania poszczególnych form specjacyjnych As, stosując metodę dodatku wzorca ale do próbek stałych (!). Dlaczego nie postąpiono w identyczny sposób, żeby w ten sposób móc określić obciążenie wyniku

- końcowego związane nie tylko z metodą oznaczania, tj. HPLC-ICP/MIP OES czy HPLC-HG-ICP OES, ale również z użytą procedurą przygotowania próbek?
3. Dość częstą praktyką, pozwalającą uwierzytelnić wyniki analizy, jest sprawdzenie bilansu analitu. W przypadku artykułów D1, D2 i D3 można było oznaczyć stężenie całkowite As lub Fe w przygotowanych ekstraktach próbek ( $As_{\text{ekstrahowalna}}$ ,  $Fe_{\text{ekstrahowalna}}$ ), pozostałościach po ekstrakcji ( $As_{\text{nieekstrahowalna}}$ ,  $Fe_{\text{nieekstrahowalna}}$ ) oraz próbkach przed ekstrakcją ( $As_{\text{całkowita}}$ ,  $Fe_{\text{całkowita}}$ ), po uprzednim rozkładzie mokrym tych próbek, i sprawdzeniu, czy stężenia te bilansują się. Co przemawiało za tym, że tego nie sprawdzono? Pytanie nie jest bezzasadne, ponieważ w artykule D4 częściowo podobna (choć nie zupełnie) strategia została przyjęta.
  4. Na etapie badania odzysku w artykułach D1, D2 i D3 dodawano roztwór wzorca do przygotowanych ekstraktów. Właściwsze wydaje się być dodanie wzorca stałego (np. FeO i/lub  $Fe_2O_3$  – co w tym konkretnym przypadku pasowałoby do matrycy analizowanych próbek, np. osadów i gleb) lub roztworu wzorca ale do próbek stałych. Dlaczego nie postąpiono w taki sposób?
  5. Zastanawia również stwierdzenie w artykule D3 o niedostępności certyfikowanych materiałów odniesienia, które zawierają Fe(II) i Fe(III). W handlu są dostępne materiały, które zawierają certyfikowane stężenia FeO i  $Fe_2O_3$ , np. skały SY-2, SY-3 i MRG-1 (Kanada), czy gleby SARM-6 i SARM-48 (Afryka Południowa).
  6. W przypadku artykułu D4 zastanawiające jest, zważywszy, że cała praca poświęcona jest jednemu rodzajowi próbek, tj. suszowi herbaty yerba mate, dlaczego przygotowano i analizowano ekstrakty  $H_3PO_4$  tych próbek? Bardziej naturalne wydaje się być przygotowanie naparów wodnych (woda od temperaturze 80-100 °C) tych próbek? Dałoby to realny obraz specyacyjny As i Fe w spożywanych naparach.

#### 4. Wnioski ogólne

Po zapoznaniu się z pracą doktorską pana mgr inż. Jędrzeja Procha, jednoznacznie stwierdzam, że spełnia ona wymagania formalne, o których mowa jest w art. 187 ustawy z 20 lipca 2018 r. „Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2021.0.478, Dział V. Stopnie i tytuły w systemie szkolnictwa wyższego i nauki, Rozdział 2. Stopień doktora, Oddział 1. Nadawanie stopnia doktora). Jakość przedłożonej pracy doktorskiej (w postaci zbiorów czterech opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych wraz z dołączonym komentarzem) potwierdza w mojej opinii, że pan mgr inż. Jędrzej Proch posiada odpowiednią wiedzę teoretyczną w dyscyplinie nauk chemicznych i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Wspomniane artykuły przedstawiają oryginalne rozwiązanie problemu naukowego związanego z analizą specyacyjną As i Fe w próbkach o złożonych matrycach nieorganicznych i organicznych oraz opracowaniem nowych technik łączonych do przeprowadzenia takiej analizy z zastosowaniem rozdzielania chromatograficznego i detekcją oznaczanych form specyacyjnych metodami optycznej spektrometrii emisyjnej. Jest to zatem odpowiednio solidna podstawa do nadania panu mgr inż. Jędrzejowi Prochowi stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk chemicznych.

Zwracam się zatem do Członkiń i Członków Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza o dopuszczenie pana mgr inż. Procha do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Mając na uwadze jakość artykułów stanowiących rozprawę doktorską pana mgr inż. Procha oraz Jego godną pozazdroszczenia aktywność naukową w latach 2017-2021, w tym współautorstwo innych czternastu artykułów naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych o łącznym indeksie cytowań równym 53,39 (1600

punktów według listy Ministerstwa Edukacji i Nauki), uważam, że Jego rozprawa zasługuje na wyróżnienie. Wniosek o wyróżnienie rozprawy pana mgr inż. Jędrzeja Procha wraz ze stosownym uzasadnieniem znajduje się na następnej stronie.

Kierownik  
Katedry Chemii Analitycznej  
i Metalurgii Chemicznej  
*P. POHL*  
prof. dr hab. inż. Paweł Pohl

Wrocław, 3 lutego 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Paweł POHL  
Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej  
Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska  
wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
e-mail: pawel.pohl@pwr.edu.pl  
tel. 071 320 24 94

### Uzasadnienie wyróżnienia rozprawy doktorskiej pana mgr inż. Jędrzeja PROCHA

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską pana mgr inż. Jędrzeja Procha pt. "Hyphenated systems based on detection by optical emission spectrometry in determination of metals and metalloids species", przygotowanej w formie zbioru czterech opublikowanych i spójnych tematycznie artykułów naukowych, zwracam się do Członkiń i Członków Rady Wydziału Chemicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, żeby przychyłili się do mojej opinii i wyróżnili tę rozprawę. Moje uzasadnienie tego wniosku jest następujące:

**Bezsprzecznie zostały spełnione wszystkie wymagania formalne podane w paragrafie 2, punktach 1 i 2 Zarządzenia nr 3/2021 Dziekana Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z 21 czerwca 2021 r. w sprawie procedury wyróżnienia rozpraw doktorskich.**

1. Pan mgr inż. Jędrzej Proch przygotował swoją rozprawę w ciągu czterech lat od momentu rozpoczęcia studiów doktoranckich (w świetle informacji podanych przez Niego w rozprawie doktorskiej, tj. Rozdział 5. Życiorys naukowy, str. 10, w Zarządzeniu mowa jest o pięciu latach).
2. Rozprawa doktorska pana mgr inż. Jędrzeja Procha ma postać zbioru czterech artykułów naukowych, które nie są artykułami przeglądowymi i zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych. Dwie z nich zostały opublikowane w czasopiśmie Talanta (wydawnictwo Elsevier, 11 miejsce na 122 w rankingu czasopism w kategorii chemia/chemia analityczna, 91 percentyl, dane według [www.scopus.com](http://www.scopus.com)), jeden został opublikowany w czasopiśmie Analytica Chimica Acta (wydawnictwo Elsevier, 12 miejsce na 122 w rankingu czasopism w kategorii chemia/chemia analityczna, 90 percentyl, dane według [www.scopus.com](http://www.scopus.com)) (w Zarządzeniu mowa jest o co najmniej dwóch pracach, nie będących pracami przeglądowymi, znajdujących się w górnych dwóch decylach (powyżej 80%) zestawienia Scopus).
3. Pan mgr inż. Jędrzej Proch jest pierwszym autorem we wszystkich czterech artykułach naukowych, które stanowią jego rozprawę doktorską (w Zarządzeniu mowa jest o przyjemniej jednej takiej pracy).

Należy również dodać, że wspomniane artykuły naukowe (D1, D2, D3 i D4), stanowiące niniejszą rozprawę doktorską, są wartościowe pod względem naukowym i zaczęły być dostrzegane (i cytowane) przez innych naukowców na świecie. Nadrzędnym celem tych artykułów i opisanych w nich wyników prac doświadczalnych było opracowanie i zwalidowanie nowych technik łączonych, służących do analizy specyficzynej Fe (i innych metali) oraz As

z wykorzystaniem układu do wielokanałowego wprowadzania próbek (ang. multimode sample introduction system, MSIS), który umożliwiał wprowadzanie do plazmowych źródeł wzbudzenia analitów nietworzących lotne wodorki – na zasadzie rozpylania pneumatycznego (ang. pneumatic nebulization, PN) analizowanych roztworów (artykuł D3) – lub analitów tworzących lotne wodorki w reakcji wodorkowej (ang. hydride generation, HG) zachodzącej w analizowanym roztworze po jego zakwaszeniu i wymieszaniu z roztworem odpowiedniego odczynnika redukującego (artykuł D1). Układ ten umożliwiał również jednoczesne wprowadzanie analitów na drodze PN i HG oraz ich miarodajne oznaczanie w tym samym czasie bez konieczności wyłączania urządzenia i zmiany zestawu wprowadzania próbek/analitów (artykuły D2 i D4). Wartością dodaną zaproponowanych w tych artykułach rozwiązań konstrukcyjnych i opracowanych oraz zwalidowanych metod analitycznych jest połączenie układu MSIS z metodami optycznej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie sprzężonej indukcyjnie (ICP OES) oraz plazmie indukowanej mikrofalami (MIP OES), a także zastosowanie do rozdzielania różnych form specjacyjnych wybranych metali (Fe i inne metale) oraz metaloidów (As oraz Ge i Se) wysokosprawnej chromatografii cieczowej (ang. high performance chromatography, HPLC).

Poza tym pan mgr inż. Jędrzej Proch jest współautorem czternastu innych artykułów naukowych opublikowanych w latach 2018-2021 w czasopismach o wysokich indeksach cytowań, tj. od 0,59 do 1,31 (dwa artykuły), od 2,68 do 3,22 (trzy artykuły), do 4,38 do 5,72 (dziewięć artykułów), co w moim mniemaniu zasługuje na uznanie.

Kierownik  
Katedry Chemii Analitycznej  
i Metalurgii Chemicznej  
*P. Pohl*  
prof. dr hab. inż. Paweł Pohl