

Łódź, dn. 2. 06. 2015 r.

Prof. dr hab. inż. Liliana Krzystek  
Katedra Inżynierii Bioprosesowej  
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska  
Politechnika Łódzka

**Recenzja**  
**dorobku naukowego, dydaktycznego, organizacyjnego**  
**i pracy habilitacyjnej dr Małgorzaty Rajfur**

Podstawa formalna opracowania: pismo Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, prof. dr hab. inż. Ireneusza Zbicińskiego, w związku z decyzją Centralnej Komisji do Spraw Stopni i Tytułów o powołaniu mnie na recenzenta w przewodzie habilitacyjnym dr Małgorzaty Rajfur, z dn. 14. 06. 2015.

**Sylwetka Habilitanta**

Dr Małgorzata Rajfur ukończyła studia magisterskie na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Opolskiego w roku 2001, uzyskując tytuł magistra inżyniera chemika, specjalność agrobiochemia. W tym samym roku została zatrudniona na stanowisku pracownika technicznego w Katedrze Technologii, a od 2006r w Katedrze Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział Przyrodniczo-Techniczny Uniwersytetu Opolskiego.

Stopień doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, nadany przez Radę Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej uzyskała w 2008r., po obronie pracy doktorskiej pt. „Zastosowanie porostów do oceny zanieczyszczenia środowiska metalami ciężkimi”.

Dalszą swoją drogę naukową związała z Uniwersytetem Opolskim, gdzie od 2008 roku do chwili obecnej pracuje w Samodzielnej Katedrze Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, na stanowisku adiunkta.

**Dorobek naukowy**

W całej działalności naukowej dr Małgorzaty Rajfur tematyką wiodącą jest problematyka związana z zastosowaniem metod biomonitoringowych do oceny zanieczyszczenia środowiska, a szczególnie metod związanych z wykorzystaniem właściwości sorpcyjnych glonów w pasywnym i aktywnym biomonitoringu wód powierzchniowych.

Na dorobek naukowy dr Małgorzaty Rajfur (po doktoracie) składają się następujące pozycje:

- czasopisma z Listy JCR – **19** (w tym 8 prac w Ecol. Chem. Eng. S),
- czasopisma z listy MNiSW - **18** (10 prac w Proc. ECOpole; 4 prace w Chem. Dydakt. Ekol. Metrol. i 3 prace w Ecol. Chem. Eng. A),
- współautorstwo monografii – **0**,
- rozdziały w monografiach – **4**,
- referaty i doniesienia na konferencjach – **51** opublikowanych streszczeń, (50 ogłoszonych referatów, 47 plakatów).

Są to prace głównie wieloautorskie, w przeważającej ilości czterech lub pięciu autorów.

Wkład własny Kandydatki w zaprezentowanych publikacjach przedstawia się następująco: publikacje z Listy JCR - średnio: 46,6% (w tym: - dla publikacji zaliczonych do osiągnięcia naukowego średnio 66,9%, zaś dla pozostałych 31,8%); publikacje z listy MNiSW: - średnio: 56,1% (w tym dla publikacji zaliczonych do osiągnięcia naukowego średnio 80%, pozostałe średnio 49,3%).

Zwraca uwagę duża liczba publikacji w czasopismach Proc. ECOpole oraz Ecol. Chem. Eng. S = Chemia i Inżynieria Ekologiczna S.

Dr Małgorzata Rajfur podała, że według punktacji czasopism MNiSW uzyskała łącznie 493 pkt (400 – lista JCR). Sumaryczny IF powyżej wymienionych publikacji wynosi 23,309, a uwzględnwszy udział – 10,862.

Łączne prace Kandydatki były cytowane – według bazy Scopus (1.06. 2015) 72 razy (z wyłączeniem autocytowań), a indeks Hirscha cytowanych publikacji wynosi wtedy 5. W bazie Web of Science (1.06. 2015) liczba cytowań wynosi 66 (bez autocytowań, indeks Hirscha, h = 6).

W dorobku naukowym dr Małgorzaty Rajfur można wyróżnić obszar badawczy związany z oceną zastosowania mchów w biomonitoringu. Analizując wyniki przeprowadzonych badań właściwości sorpcyjnych mchów Kandydatka wskazała na dwa mechanizmy translokacji metali ciężkich z gleby do epigenicznych mchów i stwierdziła, że  $^{137}\text{Cs}$  jest miarodajnym wskaźnikiem translokacji substancji z gleby do mchów i porostów. Wyniki tych badań zostały opublikowane w trzech czasopismach z listy JCR.

Kandydatka prowadziła również badania związane z określeniem zależności pomiędzy stężeniami mikro i mikroelementów zakumulowanych w porostach i mchach. Stwierdzone różnice w akumulacji stężeń analitów wynikały z różnicy preferencji sorpcyjnych mchów i porostów (różnego powinowactwa analitów do struktur sorpcyjnych, warunków klimatycznych, zanieczyszczenia gleby czy pochodzenia zanieczyszczeń). Badania dotyczące potwierdzenia właściwości bioakumulacyjnych porostów zostały wykonane m.in. w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska-Rzeczpospolita Polska 2007-2013 oraz przedstawione w szeregu publikacjach (cztery publikacje z listy JCR i 3 rozdziały w monografiach krajowych). Wykorzystywanie w swoich badaniach metod analitycznych absorpcyjnej spektrometrii atomowej (F-AAS i ETA-AAS), instrumentalnej neutronowej analizy aktywacyjnej (INAA) oraz nowego

sposobu interpretacji wyników (współczynnika wzbogacenia *EF* i współczynnika porównawczego *CF*) świadczy o dużej wiedzy i umiejętnościach Kandydatki w tym zakresie.

Prowadzone przez Kandydatkę badania umożliwiły opracowanie metody oceny wpływu ruchu komunikacyjnego na poziom zanieczyszczenia powietrza metalami ciężkimi (jedna publikacja z listy JCR i jedna z listy MniSW).

Kolejny zakres badawczy dr Małgorzaty Rajfur wiąże się z wykorzystaniem w procesach remediacji i biomonitoringu wód właściwości sorpcyjnych wodnych roślin tkankowych oraz ich porównaniu z właściwościami sorpcyjnymi glonów. W badaniach tych Kandydatka udowodniła, że pH oraz obecność innych kationów, naturalnie występujących w ekosystemach wodnych, wpływa na wydajność procesu sorpcji, a preferencje sorpcyjne biosorbentów zmieniają się wraz ze zmianami zasolenia roztworu. Wyniki tych eksperymentów zostały przedstawione w dwóch artykułach z listy JCR, dwóch z listy MniSW i jednym rozdziale w monografii.

Przeprowadziła także badania biomonitoringowe różnych akwenów wodnych, potwierdzając przydatność glonów, sinic i makrolitów jako bioczuJNIKÓW do wykrywania miejsc zrzutu zanieczyszczeń zawierających metale ciężkie (pięć publikacji z listy MniSW). Opublikowała dwie prace przeglądowe dotyczące zastosowania glonów i roślin wodnych w procesach fitoremediacji i biomonitoringu wód powierzchniowych (jedna publikacja z listy JCR i jedna w Materiałach Konferencyjnych), a także wyniki wstępnych badań wykorzystania dżdżownic i ludzkich włosów do oceny zanieczyszczenia środowiska (dwie publikacje z listy MniSW).

Powyższa tematyka badawcza wyraźnie poszerza zakres działalności naukowej Kandydatki skupionej wokół zagadnień związanych z wykorzystaniem właściwości sorpcyjnych glonów w pasywnym i aktywnym biomonitoringu wód powierzchniowych, świadcząc o Jej dojrzałości badawczej.

Dr Małgorzata Rajfur uczestniczyła w dwóch projektach badawczo-dydaktycznych (Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego) jako główny wykonawca. Obecnie jest wykonawcą w grantie NCBiR (Fundusze Norweskie) i kierownikiem projektu badawczego finansowanego przez NCN. Opracowała 6 recenzji prac naukowych dla czasopism indeksowanych w bazie JCR.

Należy podkreślić bardzo dużą aktywność w prezentowaniu wyników badań na konferencjach międzynarodowych i krajowych - wygłosiła 50 referatów i zaprezentowała 47 plakatów.

Jest członkiem Komitetu Naukowego Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, organizowanej w Kijowie. Za aktywność naukowo-badawczą otrzymała dwukrotnie nagrodę Rektora Uniwersytetu Opolskiego.

Kandydatka nie jest autorką patentów, wynalazków ani wzorów użytkowych.

Podsumowując dorobek naukowy dr Małgorzaty Rajfur, oceniam go jako obszerny, prezentujący wysoki poziom, świadczący o Jej dużej aktywności na polu badań, w zupełności wystarczający dla tego awansu naukowego.

### **Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Dr Małgorzata Rajfur prowadziła i prowadzi wykłady, ćwiczenia laboratoryjne na kierunku Biotechnologia z przedmiotów (według Kandydatki): Chemia ogólna i fizyczna, Biochemia, Związki powierzchniowo czynne, Monitoring środowiska, Techniki pomiarów, Glony w biotechnologii, Absorpcyjna spektrometria atomowa. Jest autorką stanowisk laboratoryjnych (około 30 stanowisk) oraz instrukcji do tych ćwiczeń z przedmiotów: Biochemia, Związki powierzchniowo czynne, Monitoring środowiska, Techniki pomiarów, Glony w biotechnologii, Absorpcyjna spektrometria atomowa.

Kandydatka sprawowała opiekę nad pracami magisterskimi (2) i inżynierskimi (5), a także opiekę techniczną nad 56 pracami magisterskimi. Jest promotorem pomocniczym 1 pracy doktorskiej, bierze udział w badaniach prowadzonych przez dwóch doktorantów. Czynn timer uczestniczyła w opracowywaniu efektów kształcenia dla kierunku Biotechnologia oraz była członkiem zespołu do opracowywania dokumentacji dotyczącej uruchomienia nowego kierunku studiów „Odnawialne Źródła Energii”, a obecnie jest koordynatorem tego kierunku studiów. Od 2014 roku jest członkiem Komisji Rekrutacyjnej na kierunku Biotechnologia.

Dr Małgorzata Rajfur jest opiekunem Koła Naukowego Biotechnologów (sekcja biomonitoringu). Zajmowała się organizacją konferencji, staży i wyjazdów studyjnych dla studentów, brała udział w organizacji zajęć wyrównawczych dla studentów dla kierunku Biotechnologia w ramach projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej.

Dr Małgorzata Rajfur współpracuje z młodzieżą szkół ponadpodstawowych, uczestniczy w działalności organizacyjnej Towarzystwa Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Środkowoeuropejskiej Konferencji ECOpole i Konferencji Metrologia-Ekologia-Dydaktyka. Jest sekretarzem czasopism Ecological Chemistry and Engineering S i Ecological Chemistry and Engineering A oraz prowadzi sekretariat czasopism Chemia-Dydaktyka-Ekologia-Metrologia i Proceedings of ECOpole. Jest również sekretarzem Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej i członkiem polskiego Towarzystwa Chemicznego, Oddział Opole.

Za działalność na rzecz podnoszenia jakości kształcenia otrzymała dwukrotnie nagrodę Quality.

Podsumowując aktywność dydaktyczną i organizacyjną stwierdzam, że dr Małgorzata Rajfur jest w dużym stopniu zaangażowana w różnorodną działalność dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską, wykazując się dobrymi zdolnościami dydaktycznymi i organizacyjnymi.

### **Ocena rozprawy habilitacyjnej**

Jako rozprawę habilitacyjną Kandydatka przedstawiła monotematyczny zestaw publikacji zatytułowany „Wykorzystanie właściwości sorpcyjnych glonów w biomonitoringu wód powierzchniowych”. Zestaw prac obejmuje 12 opublikowanych oryginalnych artykułów (ON 1-12) o spójnej tematyce, zgodnej z wymienionym wyżej tytułem. Osiem spośród tych prac wydrukowano w czasopismach z listy JCR:

Bioelectrochemistry (2 prace), Water Science Technology, The Journal of Applied Phycology, Journal of Environmental Science and Health: Part A, Ecological Chemistry and Engineering. S = Chemia i Inżynieria Ekologiczna S (3 prace), a cztery opracowania w czasopismach z listy MNiSW: Proceedings of ECOpole oraz Ecological Chemistry and Engineering A (Chemia i Inżynieria Ekologiczna).

Jedynie w dwóch pracach Kandydatka jest autorem samodzielnym, w dziewięciu zaś jest autorem pierwszym. Jej udział w realizacji prac wyniósł, na podstawie oświadczeń współautorów od 50 do 100% (średnio 71,25%) i jest dominujący.

Przedstawione prace dotyczą zagadnienia związanego z procesami sorpcji metali ciężkich na dwóch gatunkach glonów: *Spirogyra* sp. oraz *Palmaria palmata* celem oceny możliwości ich wykorzystania w pasywnym i aktywnym biomonitoringu wód powierzchniowych. Zainteresowania naukowe Kandydatki skupione są na badaniu kinetyki i równowag sorpcji metali ciężkich Mn, Cu, Zn i Cd w glonach *Spirogyra* sp. (ON 1) i *Palmaria palmata* (ON 6), kinetyki i sorpcji kationów rtęci w glonach *Spirogyra* sp. (ON 4), sorpcji i desorpcji kationów podczas procesu wymiany jonowej w układzie glony-roztwór (ON 5), wpływu kationów wodorowych na kinetykę i równowagę sorpcji kationów miedzi (ON 7), wpływu sposobu preparowania biomasy glonów na jej właściwości sorpcyjne (ON 2,3), wykorzystania glonów *Spirogyra* sp. w pasywnym biomonitoringu wód powierzchniowych (ON 8) oraz *Spirogyra* sp. i *Palmaria palmata* w aktywnym biomonitoringu zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi (ON 9,10).

Ze względu na to, iż glony wykazują mierzalne zmiany morfologiczne zachodzące wskutek fizykochemicznych zmian w ekosystemie w którym żyją, są zaliczane do biologicznych wskaźników jakości wód i wykorzystywane w monitoringu wód powierzchniowych. Jednakże, maksymalna pojemność sorpcyjna plech glonów jest różna, zależy m. in. od gatunku, czasu i temperatury suszenia biomasy glonów, czasu ich aktywacji w wodzie zdemineralizowanej, rodzaju sorbowanego analitu czy też różnych warunków prowadzenia eksperymentu.

Celem określenia parametrów fizykochemicznych wpływających na sorpcję metali ciężkich w glonach słodkowodnych *Spirogyra* sp. i morskich *Palmaria palmata* oraz wpływu czynników abiotycznych na procesy sorpcji, dr Małgorzata Rajfur kompleksowo rozpoznała czynniki wpływające na proces sorpcji, opracowała metodykę prowadzenia eksperymentu oraz ocenę niepewności pomiarów. Na podstawie wstępnych badań stwierdziła, że głównym mechanizmem sorpcji kationów w glonach jest wymiana jonowa (ON 1 i 5). W przeprowadzonych badaniach wykazała, że na pojemność sorpcyjną wyznaczaną z izotermy Langmuira ma wpływ sposób preparowania glonów, czas ich przechowywania oraz wcześniejsze kondycjonowanie w wodzie zdemineralizowanej, a także warunki prowadzenia eksperymentu (zwłaszcza stosunek masy glonów i objętości roztworu w pomiarach w układzie statycznym) (ON 1-3). Obserwowała różnice w intensywności sorpcji jonów miedzi w układzie statycznym przez żywe i na różny sposób preparowane glony oraz pogorszenie własności sorpcyjnych wysuszonych glonów podczas ich przechowywania (ON 2 i 3). Wykazała także, że przy interpretacji wyników wyznaczania współczynnika kierunkowego i wyrazu wolnego prostej opisanej

modelem Langmuira niezbędne jest przedstawienie parametrów statystycznych wraz z parametrami izoterm, gdyż nawet przy dobrych wartościach współczynników korelacji, niepewność wyrażona odchyleniem standardowym wielokrotnie przekracza wyznaczoną wartość wyrazu wolnego.

Dr Małgorzata Rajfur zbadała mechanizm sorpcji metali ciężkich w plechach glonów i stwierdziła, że w pierwszych 10 min. w glonach *Spirogyra* sp. zostaje zakumulowanych 90-95% jonów rtęci w odniesieniu do stężenia rtęci zakumulowanej w glonach w stanie równowagi, a 30 minutowa ekspozycja prowadzi do stanu bliskiego stanowi równowagi dynamicznej (akumulacja blisko 51% jonów rtęci) (ON 4).

Na przykładzie kationów miedzi udowodniła, że równoległe z procesem sorpcji kationów metali ciężkich, zachodzi sorpcja kationów wodorowych, a także przebiegają procesy rozpuszczania się soli kationów naturalnie związanych w plechach glonów. Kinetykę procesu sorpcji kationów miedzi i kationów wodorowych opisała za pomocą modelu reakcji pseudo-drugiego rzędu (ON 5).

W wyniku realizacji kolejnych eksperymentów Kandydatka dokonała oceny właściwości sorpcyjnych glonów *Palmaria palmata* oraz stwierdziła na podstawie wartości współczynnika kierunkowego izoterm Langmuira, że w przeliczeniu na jednostkowy ładunek jonu powinowactwo metali ciężkich wzrasta w kolejności:  $Mn^{2+} < Zn^{2+} < Cd^{2+} < Cu^{2+}$ , a konkurencyjność sorpcji kationów naturalnie występujących w środowisku bytowania glonów w stosunku do jonów  $Zn^{2+}$  zmienia się zgodnie z szeregiem:  $Na^+ < Ca^{2+} < H^+$ . Interesujące jest także to, że obecność jonów sodu i wapnia w roztworach nie wpływa w sposób istotny na sorpcję cynku z roztworów w zakresie zmian konduktywności od 200 do 1000  $\mu S/cm$  (ON 6).

Analizując zagadnienia równowagi i kinetyki sorpcji kationów miedzi w glonach *Palmaria palmata* (ON 7) wskazała, że z uwagi na konkurencyjną sorpcję kationów wodorowych, która wpływa na kinetykę oraz równowagi wymiany jonowej z udziałem metali ciężkich, przy wyznaczaniu pojemności sorpcyjnej glonów należy uwzględnić sumę sorbowanych kationów wodorowych i kationów miedzi. Wprowadzenie sumy kationów do modelu izoterm Langmuira zmniejsza rozrzut punktów pomiarowych względem prostej teoretycznej, niezależnie od pH roztworu.

Celem opracowania i przetestowania metody oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych na podstawie analizy stężeń metali ciężkich zakumulowanych w plechach glonów dr Małgorzata Rajfur przeprowadziła eksperymenty z wykorzystaniem glonów *Spirogyra* sp. dla zbiornika Turawskiego (ON 8). W próbkach glonów pobranych z miejsc pomiarowych przeanalizowała zmiany zawartości: Cd, Cu, Fe, Mn, Pb i Zn. Przeprowadzone badania potwierdziły zasadność stosowania biomonitoringu pasywnego w celu oceny rozkładu biodostępnych form metali ciężkich w wodach zbiorników przepływowych oraz w celu wskazania potencjalnych źródeł ich pochodzenia. Podobnie, ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi wód rzeki Jastrzębianka wykazała, że aktywny biomonitoring z wykorzystaniem glonów umożliwia identyfikację miejscowych źródeł zanieczyszczeń, a ważnym elementem interpretacji wyników jest uwzględnienie pH i konduktywności analizowanych wód.

Kandydatka dokonała także sprawdzenia możliwości wykorzystania glonów *Spirogyra* sp. i *Palmaria palmata* do ilościowej oceny zanieczyszczenia wód metalami ciężkimi w oparciu o badania biomonitoringowe trzech zbiorników retencyjnych (Turawa, Nysa i Otmuchów). Zaproponowała empiryczną zależność, która po modyfikacji może umożliwić ilościową ocenę zanieczyszczenia wód metalami ciężkimi (ON 10).

Do ocenianego zestawu publikacji o charakterze eksperymentalnym należą także dwie prace przeglądowe (ON 11 i 12), w których Kandydatka dokonała wnikliwego i krytycznego przeglądu literatury, naświetlającego stan wiedzy na temat właściwości sorpcyjnych glonów morskich i słodkowodnych oraz celów i kierunków badań związanych z wykorzystaniem glonów do oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych metalami ciężkimi. Kandydatka poddała ponownej interpretacji własne wyniki doświadczalne, wskazując m.in. na duże rozbieżności wyników dotyczących pojemności sorpcyjnej glonów.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że przedstawiony cykl publikacji zawiera spójny zbiór badań i wniosków dotyczących wykorzystania właściwości sorpcyjnych glonów w biomonitoringu wód powierzchniowych. Świadczy to o konsekwentnym rozwoju Kandydatki jako pracownika naukowego oraz o doskonaleniu przez Nią warsztatu badawczego.

Podsumowując stwierdzam, że zaprezentowane wyniki przeprowadzonych przez dr Małgorzatę Rajfur prac doświadczalnych w ocenianym jako rozprawa habilitacyjna monotematycznym cyklu publikacji, pod wspólnym tytułem „Wykorzystanie właściwości sorpcyjnych glonów w biomonitoringu wód powierzchniowych”, potwierdzają Jej dojrzałość naukową, dużą wiedzę i wnoszą istotne elementy o znaczeniu naukowym do rozwoju nowoczesnych metod oceny zanieczyszczenia wód powierzchniowych w oparciu o analizę stężeń metali ciężkich zakumulowanych w plechach glonów.

### **Wniosek końcowy**

Osiągnięcia naukowe dr Małgorzaty Rajfur stanowią znaczny, wartościowy i oryginalny wkład w rozwój badań związanych z zastosowaniem metod biomonitoringowych do oceny zanieczyszczenia środowiska, a w szczególności z wykorzystaniem właściwości sorpcyjnych glonów w biomonitoringu wód powierzchniowych i świadczą o ugruntowanej wiedzy oraz wysokich kwalifikacjach Kandydatki do samodzielnej pracy naukowo-badawczej.

Stwierdzam, że przedłożony jako rozprawa habilitacyjna monotematyczny zestaw publikacji zatytułowany „Wykorzystanie właściwości sorpcyjnych glonów w biomonitoringu wód powierzchniowych”, jest zwarty tematycznie, posiada wysoką wartość naukową i w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom habilitacyjnym.

Dr Małgorzata Rajfur może także się poszczycić osiągnięciami dydaktycznymi i organizacyjnymi. Należy podkreślić, iż jest sekretarzem kilku czasopism naukowych, m. in. z listy JCR i MNiSW.

Uważam, że całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego spełnia warunki i wymagania do nadania stopnia doktora habilitowanego (Ustawa o tytule i stopniach naukowych z dnia 14 marca 2003 r. - Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zmianami).

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, wnoszę do Rady Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska o dopuszczenie dr Małgorzaty Rajfur do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Prof. dr hab. inż. Liliana Krzystek