



Białystok, 07.02.2023

dr hab. inż. Maciej Karpowicz
Zakład Hydrobiologii, Wydział Biologii
Uniwersytet w Białymstoku

OCENA

Ocena osiągnięcia naukowego „**Biologia grzybów drapieżnych odżywiających się wrotkami i ich znaczenie w oczyszczalniach ścieków**” oraz dorobku naukowego o nadanie stopnia doktora habilitowanego Pani **dr Edycie Fiałkowskiej**, zatrudnionej na stanowisku naukowo-technicznym w Zespole Ekosystemów Wodnych Instytutu Nauk o Środowisku Wydziału Biologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Niniejsza ocena dokonana została na podstawie następujących materiałów:

- kopia dyplomu doktorskiego;
- wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny;
- autoreferat zawierający opis osiągnięcia naukowego, na które składa się cykl 5 oryginalnych publikacji wraz z komentarzem zawierający tło i cel badań, oraz opis pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych;
- oświadczenia współautorów;
- publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego (niestety, nie załączone w dokumentacji).

1. Informacje wstępne o Kandydatce

Pani dr Edyta Fiałkowska ukończyła studia uzyskując tytuł magistra biologii na Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Jagiellońskiego w 1992 roku. Stopień doktora nauk biologicznych w dyscyplinie ekologia uzyskała na tym samym wydziale w 2014 roku, na podstawie rozprawy pt. „Rola czynnika chemicznego i mechanicznego w wywoływaniu reakcji obronnej sinicy z rodzaju *Phormidium*”, której promotorem był dr hab. Janusz Fyda.

Pani dr Edyta Fiałkowska podjęła pracę naukowo-zawodową jako stażysta i pracownik inżynierijno-techniczny w Instytut Farmakologii PAN w Krakowie (1993-1994). Natomiast od



1994 roku zatrudniona jest jako pracownik nauko-techniczny w Zespół Ekosystemów Wodnych Instytutu Nauk o Środowisku Wydziału Biologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Z informacji zawartych w dokumentacji w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego nie wynika, że Kandydatka wcześniej ubiegała się o nadanie tego stopnia.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Na osiągnięcie „Biologia grzybów drapieżnych odżywiających się wrotkami i ich znaczenie w oczyszczalniach ścieków” składa się 5 powiązanych tematycznie współautorskich publikacji naukowych opublikowanych w latach 2016-2022 w czasopismach z bazy Journal Citation Reports.

H1. Pajdak-Stós A., Kocerba-Soroka W., Fyda J, Sobczyk M., **Fiałkowska E.** (2017) Foam-forming bacteria in activated sludge effectively reduced by different rotifers species. *Environmental Science and Pollution Research* 24(14): 13004-1301.

H2. Pajdak-Stós A., Ważny R., **Fiałkowska E.** (2016) Can a predatory fungus (*Zoophagus* sp.) endanger the rotifer populations in activated sludge? *Fungal Ecology*, 23, 75-78.

H3. **Fiałkowska E.**, Pajdak-Stós A. (2018) Temperature-Dependence of Predator-Prey Dynamics in Interactions Between the Predatory Fungus *Lecophagus* sp. and Its Prey *L. inermis* Rotifers. *Microbial Ecology* 75(2): 400-406.

H4. **Fiałkowska E.**, Fiałkowski W., Pajdak-Stós A. (2020) The Relations Between Predatory Fungus and Its Rotifer Preys as a Noteworthy Example of Intraguild Predation (IGP). *Microbial Ecology* 79(1): 73-83.

H5. **Fiałkowska E.**, Fiałkowski W., Ch. Wilson, Pajdak-Stós A. (2022) Effects of polyaluminum chloride (PAX-18) on the relationship between predatory fungi and *Lecane* rotifers. *Environmental Science and Pollution Research*. (<https://doi.org/10.1007/s11356-021-16952-2>).

Prace składające się na osiągnięcie naukowe są opublikowane w czasopismach o punktacji MEiN od 70 do 100, natomiast pięcioletni *Impact Factor* (z roku 2020) prac wynosi od 4,306 do 4,770. Pani dr Edyta Fiałkowska jest pierwszym autorem trzech artykułów (**H3 – H5**) i ostatnim autorem dwóch artykułów (**H1, H2**).

Podstawowym zagadnieniem stanowiącym przedmiot analizy cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe są interakcje drapieżnych grzybów i wrotków (Rotifera) w osadzie czynnym, które są ważne dla prawidłowego funkcjonowania oczyszczalni ścieków.



Prace stanowią spójny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych i wskazują na oryginalne rozwiązanie biologicznej metody ograniczania puchnięcia osadu w oczyszczalniach ścieków, wnosząc istotny wkład w rozwój nauk biologicznych.

W autoreferacie omówione zostały wyniki poszczególnych artykułów. W pierwszej publikacji (H1) autorzy zaprezentowali możliwości zastosowania wrotków *Lecane inermis* pochodzących z hodowli jako narzędzia ograniczania puchnięcia osadu czynnego w oczyszczalniach ścieków. Autorzy prowadzili eksperymenty laboratoryjne oraz terenowe w oczyszczalni ścieków, w której cyklicznie pojawia się problem puchnięcia i pienienia osadu powodowany przez bakterie *Microthrix parvicella* i Actinomycetes. Do komory napowietrzania oczyszczalni wprowadzano zawiesiny wrotków w zagęszczeniu ok. 8000 osobników na mililitr pochodzącą z hodowli w dwóch seriach: w lutym i na przełomie maja i czerwca. W obu seriach obserwowano wyraźny spadek zagęszczenia Actinomycetes, przy lepszych rezultatach w maju, gdzie indeksy zagęszczenia zarówno Actinomycetes jak i *M. parvicella* spadły do zera. Jednak w sierpniu przy temperaturach sprzyjających namnażaniu wrotków zanotowano gwałtowny spadek ich liczebności, który skutkowało ponownym wzrostem liczebności bakterii nitkowatych. W tym samym czasie, kiedy liczebność wrotków w ciągu dwóch tygodni spadła ponad trzykrotnie, w próbkach osadu pojawiły się liczne fragmenty grzybni drapieżnego grzyba. Pomimo niewielkiego udziału procentowego Kandydatki w powstanie tej pracy (10%), obserwacje te stały się źródłem zainteresowania biologią drapieżnych grzybów odżywiających się wrotkami w oczyszczalniach ścieków.

Celem drugiej pracy wchodzącej w skład osiągnięcia habilitacyjnego (H2) było sprawdzenie czy obecność grzybów drapieżnych w osadzie czynnym może znacząco wpływać na liczebność różnych gatunków wrotków. Do eksperymentów użyto szczepu grzyba drapieżnego, wcześniej wyizolowanego z osadu czynnego pochodzącego z oczyszczalni ścieków na południu Polski, a badania genetyczne potwierdziły przynależność grzyba do rodzaju *Zoophagus*. W pierwszym eksperymencie laboratoryjnym analizowano skuteczność grzyba w ograniczaniu liczebności wrotków *Lecane inermis* i Bdelloidea w różnych temperaturach (8, 15 i 20°C) odzwierciedlających średni roczny rozkład temperatury w oczyszczalniach ścieków. W najniższej temperaturze stwierdzono brak wpływu obecności grzyba na liczebność wrotków. W wyższych temperaturach grzyb skutecznie ograniczał liczebność wrotków, przy czym efekt był wyraźniejszy w temperaturze 20°C, a także w



przypadku *L. inermis*. W drugim eksperymencie laboratoryjnym sprawdzany był wpływ grzyba *Zoopagus* sp. na liczebność różnych gatunków wrotków w temperaturze optymalnej dla ich rozwoju (20°C). Do eksperymentu użyto klonów *Lecane inermis*, *Lecane hamata* i *Bdelloidea*. Wyniki jednoznacznie pokazały, że drapieżny grzyb wyraźnie ograniczał liczebność wszystkich testowanych wrotków, przy czym jego negatywny wpływ był najbardziej widoczny w przypadku *L. inermis*. Natomiast gdy porównano wartości współczynnika tempa wzrostu populacji wrotków, ograniczający efekt grzyba najbardziej widoczny był w przypadku taksonów o niskim tempie namnażania (*Lecane hamata* i *Bdelloidea*). Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że wrotki z niskim tempem namnażania, w wielu oczyszczalniach nie będą w stanie się utrzymać, a obecność grzybów drapieżnych może dodatkowo zmniejszać ich szanse przetrwania. Z punktu widzenia działania oczyszczalni jest to o tyle niekorzystne, że brak *Bdelloidea* znajduje odzwierciedlenie w gorszej strukturze kłaczków, a tym samym w tempie ich sedymentacji. W tym artykule Kandydatka była 3 autorem, jednak jej wkład w postanie pracy był znaczący – oszacowany na 45%. Jej udział polegał na: współudziale w opracowaniu koncepcji badań, izolowaniu klonów grzybów i prowadzeniu hodowli, wykonaniu eksperymentów, udziale w opracowaniu wyników i przygotowaniu ostatecznej wersji manuskryptu.

Celem trzeciej pracy wchodzącej w skład osiągnięcia habilitacyjnego (H3) było sprawdzenie jak temperatura wpływa na dynamikę wzajemnych oddziaływań grzyba drapieżnego *Lecophagus* sp. i wrotków *Lecane inermis*. Do eksperymentów użyto szczepu *L. inermis*, którego hodowla prowadzona była w temperaturze 8°C przez dwa lata. Adaptacja szczepu do niskiej temperatury pozwalała założyć, że wrotki przetrwają i będą aktywne w każdej z testowanych temperatur. W eksperymentach laboratoryjnych sprawdzano zdolności konidiów do łapania wrotków oraz analizowano wzrost grzybni w różnych temperaturach (8, 15 i 20°C). W temperaturze 20°C aż 80% konidiów złapało wrotki w ciągu doby, natomiast w temperaturze 8°C żadne konidium nie odniosło sukcesu. Rozwój grzybni był największy w temperaturze podczas 20°C przez pierwsze 48 godzin, a w następnej zmalał sugerując szybkie wykorzystanie zasobów. W temperaturze 15°C tendencja była odwrotna, gdzie w ciągu pierwszych 48 godzin obserwowano niskie tempo wzrostu grzybni i szybsze w kolejnych 24 godzinach. W najniższej temperaturze nie stwierdzono wzrostu grzybni. Wyniki tych eksperymentów wykazały, że dynamika ofiara – drapieżnik (Rotifera – *Lecophagus*) w



oczyszczalniach ścieków jest zależne od temperatury. Temperatura 8°C silnie ograniczała wzrost grzyba drapieżnego, jednak obserwacje wykazały, że jest on w stanie przetrwać niekorzystne dla niego temperatury jakie dominują w okresie zimowym. Eksperymenty wykazały, że umiarkowana temperatura zapewniły najbardziej stabilną koegzystencję grzyba i jego ofiary, a najwyższa temperatura może sprzyjać rozpowszechnieniu drapieżnika.

Czwarty artykuł (H4) opisuje szczególny przykład wzajemnych oddziaływań organizmów, jakim jest drapieżnictwo wewnątrz gildii (IGP- intraguild predation) w osadzie czynnym. Zaproponowano trzygatunkowe układy eksperymentalne z wrotkami *Lecane inermis* odżywiające się bakteriami nitkowatymi i jednokomórkowymi oraz biofilmem, które stanowiły źródło pokarmu zarówno dla grzyba drapieżnego jak i wrotków *Cephalodella gibba*. Konsumentem pośrednim były *C. gibba*, które z jednej strony polowały na *L. inermis*, a z drugiej były ofiarami grzybów drapieżnych. Szczytowym drapieżnikiem był grzyb *Zoophagus* sp., polujący na oba gatunki wrotków. W dwóch typach eksperymentów sprawdzany był wpływ grzyba na jego konkurenta *C. gibba* i ich łączny wpływ na wspólną ofiarę *L. inermis* oraz wpływ konkurencyjnego drapieżnika na wzrost drapieżnego grzyba. Eksperymenty wykazały, że drapieżnik szczytowy (*Zoophagus*) ogranicza wzrost konsumenta pośredniego (*C. gibba*), którego liczebność nie wzrosła w trakcie trwania doświadczenia. Konsument pośredni również został uwięziony przez *Zoophagus* i wyginął, gdy był jego jedyną ofiarą, podczas gdy pod nieobecność grzyba i przy nieograniczonym dostępie do zdobyczy jego liczba szybko rosła. Autorzy sugerują, iż konkurencja o pożywienie wydaje się mieć silniejszy wpływ na populację konsumentów pośrednich niż drapieżnictwo, ponieważ tylko kilka *C. gibba* zostało uwięzionych przez grzyby, gdy obecne były pospolite ofiary. Drugi typ eksperymentów wykazał, że konsument pośredni znacznie ogranicza wzrost *Zoophagus*, poprzez zmniejszenie liczby dostępnych ofiar. Zaobserwowano, że chociaż grzyb może uwięzić *C. gibba*, ta ostatnia nie wspiera jego wzrostu. Autorzy sugerują ponownie, iż uwięzienie konsumenta pośredniego może służyć raczej wyeliminowaniu konkurenta niż znalezieniu źródła pożywienia. Powyższa konkluzja może być nieco spekulatywna, wydaje się mało prawdopodobne, że grzyb nie wykorzysta *C. gibba* jako źródła pokarmu. W pierwszym eksperymencie autorzy wykazali, że grzyb łapał *C. gibba*, w przypadku braku innych ofiar. Natomiast prawdopodobne wydaje się, iż większy rozmiar grzybni może pozwalać efektywniej odżywiać się większymi ofiarami.



Celem piątego artykułu wchodzącego w skład osiągnięcia habilitacyjnego (H5) było określenie wpływu koagulantu PAX-18 (polichlorek glinu) używanego w oczyszczalniach ścieków do zwalczania zjawiska puchnięcia osadu czynnego, na grzyby drapieżne (*Lecophagus* i *Zoophagus*) i wrotki *L. inermis* oraz na ich wzajemne relacje. Oba analizowane grzyby różnią się sposobem odżywiania, gdzie *Zoophagus* jest obligatoryjnym drapieżnikiem, natomiast *Lecophagus* oprócz łapania wrotków może też pobierać substancje pokarmowe ze środowiska. W drugim eksperymencie sprawdzano jednoczesny wpływ PAX-u o różnych stężeniach i obecności każdego z grzybów osobno, na *L. inermis*. Okazało się, że wrotki pozostające pod jednoczesnym wpływem PAXu i presji ze strony grzybów drapieżnych mają niewielkie szanse na przetrwanie. W wariancie z *Zoophagus* sp. liczebność wrotków w trakcie eksperymentu spadła praktycznie do zera niezależnie od stężenia PAXu. Inaczej wyglądała sytuacja wrotków w obecności *Lecophagus* sp., gdzie ich liczebność spadła prawie do zera w zabiegach z PAX-em o wyższych stężeniach (6,0 mg Al³⁺L⁻¹). W niższym stężeniu PAX-u (1,2 mg Al³⁺L⁻¹) wrotki przetrwały, ale ich liczebność do końca eksperymentu utrzymywała się na poziomie niższym niż wyjściowy. Eksperyment wykazał też silny negatywny wpływ PAX-u na rozwój grzybów drapieżnych. W próbach kontrolnych tempo wzrostu było generalnie znacznie szybsze u *Zoophagus* sp. niż w przypadku *Lecophagus* sp. Jednak efekt PAX był podobny u obu gatunków, gdzie w wyższych stężeniach PAX-u obserwowano minimalny przyrost długości grzybni, istotnie większy przy niższym stężeniu PAX-u, ale nieporównywalnie niższy niż w kontroli. Eksperymenty wykazały również, iż *Zoophagus* był znacznie skuteczniejszy w chwytaniu wrotków niezależnie od stężenia PAX. Konidia *Zoophagus* okazały się znacznie bardziej odporne na PAX-18 i głód, niż konidia *Lecophagus*. Autorzy wykazali, iż przesunięcie w czasie stosowania środków chemicznych i metody biologicznej powinno prowadzić do lepszej kontroli bakterii nitkowatych w osadzie czynnym. Taka procedura może spowodować znaczne ograniczenie przedostawania się jonów glinu do zbiorników wodnych i w ten sposób zminimalizować ryzyko toksykologiczne nie tylko dla wrotków, ale dla innych organizmów wodnych oraz pośrednio dla człowieka.

Uzyskane wyniki przyczyniły się do opracowania rozwiązania technologicznego dla oczyszczalni ścieków polegającego na zastosowaniu wrotków z rodzaju *Lecane* do ograniczania puchnięcia osadu czynnego powodowanego przez nadmierny rozwój bakterii nitkowatych, a technologia ta uzyskała polską i międzynarodową ochronę patentową.



Kandydatka jest również współautorem patentu opracowania sposobu masowej hodowli wrotków potencjalnie wykorzystywanych w oczyszczalniach ścieków.

W autoreferacie omówione zostały wyniki poszczególnych artykułów i przedstawione tło badań, zabrakło natomiast zbiorczego podsumowania w odniesienia do celów badawczych. W efekcie opis osiągnięcia badawczego bardziej przypomina streszczenie pięciu artykułów.

Uwagę zwraca niezbyt staranne przygotowanie dokumentów pod kątem edytorskim, graficznym, używanie różnych czcionek i stylów formatowania tekstu. W 'Autoreferacie' i załączonej dokumentacji występują liczne błędy interpunkcyjne. W niektórych nazwach gatunkowych i rodzajowych zabrakło kursywy. Uwagę zwraca również niejednorodny styl notacji prezentowanych referencji, a szczególnie w wykazie prac wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego (wraz z błędami interpunkcyjnymi). Kandydatka wielokrotnie odwołuje się do aktualnej punktacji MNiSW, jednak to ministerstwo nie istnieje od ponad 2 lat.

3. Ocena pozostałych osiągnięć

Pani dr Edyta Fiałkowska jest autorem 40 publikacji z listy filadelfijskiej. Sumaryczny *Impact Factor* (pięcioletni z roku 2020) wynosi 133,879, a łączna liczba punktów MEiN (według aktualnej punktacji) wynosi 2 960. Łączna deklarowana liczba cytowań wg Web of Science (Core Collection) wynosiła 424 (bez autocytacji 310), a indeks Hirsha wynosił 12. Obecnie liczba cytowań wzrosła do 488 (bez autocytacji 369), a indeks Hirsha wynosi 13 (z dn. 02.02.2023). Tak więc, wskaźniki naukowo-metryczne są na przyzwoitym poziomie.

Kandydatka była autorem 18 doniesień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych, prezentując wyniki badań w formie posterów. Uwagę zwraca brak wystąpień w formie wykładów na konferencjach, a ostatnia aktywność konferencyjna była ponad 6 lat temu (w roku 2016). Kandydatka wykazała się również skromnym udziałem w recenzowaniu pracach naukowych, wykonując jedynie 7 recenzji manuskryptów w czasopiśmie międzynarodowych. Kandydatka nie kierowała międzynarodowymi lub krajowymi zespołami badawczymi, natomiast była kierownikiem projektu Narodowego Centrum Nauki MINIATURA, oraz uczestniczyła w 6 innych projektach.

Kandydatka jest współautorem 2 patentów krajowych i 2 międzynarodowych, oraz współautorem 2 opracowań rozwiązań technologicznych dla oczyszczalni ścieków. Jej współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym jest imponująca (blisko 100



oczyszczalni ścieków, firmą technologiczno-rozwojową, Stowarzyszeniem Eksploatatorów Obiektów Gospodarki Wodno-Ściekowej, Wody Polskie).

Badania prowadzone przez Kandydatkę w znacznej mierze mają charakter aplikacyjny. Główne zainteresowania badawcze Kandydatki to ekologia i wzajemne zależności między organizmami osadu czynnego, a w szczególności zagadnienia związane z bakteriami nitkowatymi, które w oczyszczalniach ścieków bardzo często powodują pienienie i puchnięcie osadu czynnego. W ramach tego zaproponowana została innowacyjna biologiczna metoda z wykorzystaniem wrotków (Rotifera) do ograniczania puchnięcia osadu czynnego. Prowadzone badania zaowocowały również opracowaniem metody masowej hodowli wrotków na co uzyskany został patent polski i międzynarodowy. Poza badaniami związanymi z funkcjonowaniem osadu czynnego, zainteresowania badawcze Kandydatki dotyczyły obrony indukowanej u nitkowatych sinic pod wpływem presji orzęsków. Kandydatka brała również udział w badaniach dotyczących akumulacji metali śladowych w organizmach wodnych.

4. Ocena aktywności naukowej o której mowa w art. 219 ust. 1 pkt 3 Ustawy 'Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce' z dnia 20 lipca 2018

Trzecią przesłanką warunkującą uzyskanie stopnia doktora habilitowanego jest 'wykazanie się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej'. Jednak Kandydatka ten punkt autoreferatu pozostawiła nie wypełniony. Lista autorów większej części publikacji Kandydatki wskazuje na silną współpracę wewnątrz instytucji macierzystej. Jednak z załączonej dokumentacji można wnioskować, że aktywność naukowa była realizowana na więcej niż jednej uczelni, ponieważ Kandydatka uczestniczyła w krótkich stażach naukowych (trzech 1-tygodniowych stażach w Holandii i Włoszech, oraz jednym 2-tygodniowym stażu w Wielkiej Brytanii). Kandydatka wykazała współpracę z zagranicznymi ośrodkami z Holandii, Hiszpanii i Ukrainy w ramach prac nad podręcznikiem „Osad Czynny. Biologia i analiza mikroskopowa” (Fiałkowska et al. 2005), wraz z interaktywnym przewodnikiem elektronicznym zawierającym zdjęcia, filmy i klucze do oznaczania bakterii. Kandydatka była również uczestnikiem trzech projektów międzynarodowych.

Znacznie lepiej wygląda współpraca z sektorem gospodarczym, gdzie Kandydatka uczestniczyła w konsultacjach dotyczących biologii osadu czynnego w blisko 100 oczyszczalni



ścieków z całej Polski. Kandydatka współpracowała z firmą 'Biospekt Badania i Edukacja', oraz wykazała się współpracą ze Stowarzyszeniem Eksploatatorów Obiektów Gospodarki Wodno-Ściekowej i Wody Polskie.

5. Wniosek końcowy

Podsumowując dorobek dr Edyty Fiałkowskiej stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie oraz aktywność naukowa daje lepszy wgląd w biologiczne funkcjonowanie osadu czynnego w oczyszczalniach ścieków i tym samym przyczynia się do rozwoju nauk biologicznych. Uzyskane wyniki przyczyniły się do opracowania rozwiązania technologicznego dla oczyszczalni ścieków polegającego na zastosowaniu wrotków z rodzaju *Lecane* do ograniczania puchnięcia osadu czynnego powodowanego przez nadmierny rozwój bakterii nitkowatych, a technologia ta uzyskała polską i międzynarodową ochronę patentową. Współpraca Kandydatki z otoczeniem społecznym i gospodarczym jest imponująca, jednak znacznie gorzej wygląda współpraca międzynarodowa i aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni. Niemniej jednak, wartość merytoryczna osiągnięcia naukowego oraz inna działalność naukowa odpowiadają wymogom zawartym w art. 219, Dz.U.2020.85 t. j. (warunki nadania stopnia doktora habilitowanego) Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku i stanowią podstawę do nadania dr Edycie Fiałkowskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki biologiczne.

Maciej Karpanisz