



Dr hab. Małgorzata Bąk
Instytut Nauk o Morzu i Środowisku
Uniwersytet Szczeciński
ul. Mickiewicza 16a
70-383 Szczecin
e-mail: małgorzata.bak@usz.edu.pl

Szczecin, dn. 10.02.2021

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Mateusza Rybaka

zatytułowanej „Różnorodność taksonomiczna zbiorowisk okrzemek zasiedlających wybrane gatunki drzew na terenach o różnym stopniu zurbanizowania”

Rozprawa doktorska magistra Mateusza Rybaka pt. „Różnorodność taksonomiczna zbiorowisk okrzemek zasiedlających wybrane gatunki drzew na terenach o różnym stopniu zurbanizowania” została napisana w Uniwersytecie Rzeszowskim, Zakładzie Ekologii i Ochrony Środowiska, Kolegium Nauk Przyrodniczych, w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, pod kierunkiem dr. hab. Pawła Czarnoty, profesora UR oraz dr hab. Teresy Nogi, prof. UR, jako promotor pomocniczej. Recenzowaną rozprawę stanowi rękopis monografii.

Tematem rozprawy są okrzemki – jednokomórkowe glony powszechne we wszystkich wodnych ekosystemach, słono- i słonawowodnych oraz słodkowodnych. Stanowią one trzon niemal wszelkich zespołów planktonicznych i peryfitonowych. Szacuje się, że są odpowiedzialne za produkcję nawet około 25% tlenu na Ziemi. Badania nad okrzemkami mają długą tradycję i są prowadzone na wszystkich kontynentach, ostatnio także pod kątem nowych produktów wykorzystywanych w chemii, farmacji czy kosmetologii, jak również zapożyczania niektórych rozwiązań z budowy ich krzemionkowych pancerzyków w nanotechnologii. Pomimo ogromnej liczby publikacji dotyczących okrzemek, okazuje się, że dużo mniej publikacji dotyczy badań okrzemek lądowych, w tym nadrzecznych. Doktorant wyczuł tę niszę i podjął się szczegółowych badań, będąc przekonany, że ekosystemy nadrzeczne mogą być miejscem bytowania unikalnych gatunków okrzemek.

Przedstawiona do recenzji rozprawa liczy 164 strony rękopisu, w tym 102 strony samego tekstu oraz trzy załączniki zajmujące 62 strony. Tekst rozprawy składa się z następujących rozdziałów: streszczenia, wstępu, opisu terenu badań, materiałów i metod badań, wyników, dyskusji, podsumowania i wniosków, spisu literatury i załączników.

Rozprawę rozpoczyna wstęp, będący równocześnie pierwszym rozdziałem pracy, zawierający opisy klasyfikacji taksonomicznych okrzemek, zarówno historycznych jak i współcześnie obowiązującej oraz zwięzły opis budowy, biologii i zastosowania okrzemek w różnych dziedzinach nauki i gospodarki. Ważną częścią wstępu jest podrozdział dotyczący badań nad glonami środowisk lądowych, z którego wynika, że temat ten jest bardzo słabo poznany, o czym świadczy niezbyt pokaźna liczba publikacji, jak również brak spójności w stosowanym nazewnictwie dotyczącym grup ekologicznych glonów występujących poza środowiskami wodnymi. Jeszcze mniej badań dotyczy glonów nadrzecznych, a publikacje dotyczące nadrzecznych okrzemek można policzyć na palcach

obu rąk. W Polsce ukazała się tylko jedna publikacja dotyczące nadrzewnych okrzemek i jest to publikacja, w której pierwszym autorem jest Doktorant. Podrozdział kończy przegląd publikacji dotyczących polskich badań glonów, w tym lądowych. Ostatnią częścią wstępu jest podrozdział zawierający cele pracy i hipotezy badawcze.

Celem pracy było zbadanie różnorodności okrzemek rozwijających się na korze drzew, określenie ich preferencji ekologicznych oraz powiązań z gatunkami drzew, jako gospodarzy, jak również z innymi grupami organizmów, jak mszaki, porosty czy zielenice. Doktorant do tak sformułowanego celu dodał pięć celów szczegółowych, tj. 1) opracowanie metodyki poboru prób i analiz nadrzewnej flory okrzemkowej, 2) określenie różnorodności gatunkowej, struktury zespołów i dynamiki ich rozwoju w różnych sezonach oraz na różnych gatunkach drzew z uwzględnieniem różnych mikrohabitatów i zróżnicowania środowiska, 3) określenie preferencji ekologicznych okrzemek nadrzewnych, 4) poszukiwanie rzadkich gatunków lub nienotowanych dotychczas w Polsce i 5) określenie powiązań pomiędzy okrzemkami a innymi organizmami nadrzewnymi oraz parametrami środowiskowymi.

Doktorant założył, że zespoły okrzemkowe będą różnić się 1) na stanowiskach o różnych poziomach antropopresji, 2) na różnych gatunkach drzew, 3) w różnych mikrosiedliskach w obrębie tego samego pnia, 4) na różnych wysokościach pnia od poziomu gruntu, oraz 5) że specyficzne dla okrzemek siedliska, jakimi są pnie drzew będą gromadziły gatunki rzadkie lub wręcz nienotowane do tej pory we florze okrzemkowej Polski. Swoje założenia Doktorant sformułował w postaci pięciu hipotez badawczych.

Rozdział drugi to szczegółowy opis terenów badań, z umiejscowieniem ich w odpowiednich jednostkach podziału fizyczno-geograficznego, z charakterystyką geologiczną, gleb, klimatu oraz szczegółowym opisem zbiorowisk leśnych jakie dominują w poszczególnych rejonach badań. Doktorant prowadził badania na terenie dwóch województw – małopolskiego, w miejscowości Poręba Wielka w otulinie Gorczańskiego Parku Narodowego oraz podkarpackiego, w miejscowości Krempna w otulinie Magurskiego Parku Narodowego oraz na terenie dwóch miast – Stalowej Woli i Rzeszowa. Takie rozmieszczenie miejsc poboru prób pozwoliło Doktorantowi na uzyskanie materiału badawczego z rejonów o różnym stopniu antropopresji, od niemal niewystępującej w otulinach parków narodowych, przez umiarkowaną, na obrzeżach miast, aż do bardzo silnej, kiedy próby pobierane były z drzew rosnących na silnie przekształconych i zabudowanych obszarach centrów miast.

Rozdział trzeci to opis materiałów i metod badawczych. Dowiadujemy się z niego, że Doktorant prowadził badania na próbach pobranych w latach 2017–2018, w ośmiu kampaniach badawczych, nazywanych w rozprawie sezonami, na ośmiu stanowiskach. Na każdym ze stanowisk wytypowano do badań trzy drzewa będące przedstawicielami rodzajów *Acer*, *Tilia* i *Populus*. Za każdym razem Doktorant pobierał próby z tych samych drzew ze wszystkich dostępnych na danym pniu mikrosiedlisk, np. nagiej kory, kory porośniętej mchem, porostami, czy pokrytej nalotami zielenic, na dwóch wysokościach – na 20 cm i na 150 cm od poziomu gruntu. Po ogólnym opisie metod następują bardzo szczegółowe opisy poszczególnych stanowisk badawczych i sposobu

użytkowania gruntów, które dodatkowo zostały zilustrowane zdjęciami satelitarnymi, na których zaznaczono wytypowane do badań drzewa. Łącznie Doktorant pobrał 647 prób, które poddał analizie diatomologicznej w oparciu o standardowo stosowane metody, a identyfikację taksonów oparł na szerokiej literaturze diatomologicznej. Scharakteryzował też zbiorowiska okrzemek na podstawie takich parametrów jak bogactwo gatunkowe, struktury dominacji oraz wskaźniki bioróżnorodności (Shannona i Pielou). Doktorant zastosował standardową w diatomologii zasadę zliczania i identyfikowania do poziomu gatunku lub nawet odmiany, co najmniej 400 okryw okrzemkowych, jednak nie we wszystkich próbach taka liczba okryw była obecna. Do dalszych analiz statystycznych Doktorant wykorzystał tylko próby, w których występowało co najmniej 200 okryw, co jest również powszechnie stosowaną regułą. Zidentyfikowane taksony okrzemek Doktorant pogrupował wg tzw. grup ekologicznych, uwzględniających preferencje względem pH, trofii i wilgotności środowiska, wg dwóch systemów klasyfikacji, tj. Van Dama i współautorów (1994) i Denysa (1991) i na tej podstawie podał ogólną charakterystykę zbiorowisk okrzemkowych. Niewątpliwie Doktorant włożył wiele trudu i wykonał wielką pracę analityczną związaną z poborem prób, pomiarami parametrów chemicznych, przygotowaniem preparatów mikroskopowych, analizą mikroskopową oraz wykonaniem licznych analiz statystycznych, czego jasnym dowodem jest kolejny rozdział, stanowiący bardzo rozbudowaną część wynikową.

Rozdział czwarty, czyli Wyniki, Doktorant rozpoczyna opisem parametrów chemicznych uzyskanych z przesączy z nagiej kory pobranej z każdego badanego drzewa, w każdym sezonie i na dwu wysokościach, 20 i 150 cm. Są to pH, przewodnictwo elektrolityczne oraz 9 różnych jonów standardowo badanych w przypadku okrzemek ze środowisk wodnych. Zabrakło tu jednak próby określenia ilości krzemu, tak ważnego dla rozwoju okrzemek. Wartości każdego z parametrów Doktorant przedstawił w postaci wykresów uwzględniających wszystkie sezony, stanowiska i gatunki drzew oraz wykonał test T-Studenta celem sprawdzenia, czy występują statystycznie istotne różnice sezonowe, przestrzenne, czy gatunkowe.

Następnie Doktorant przeszedł do przedstawienia struktury i dynamiki zbiorowisk okrzemkowych, w tym wyników analizy różnorodności zespołów okrzemkowych i struktury dominacji, konsekwentnie analizując zespoły zidentyfikowane na różnych gatunkach drzew, w różnych mikrosiedliskach, w różnych rejonach badawczych, na różnych wysokościach pnia i w różnym czasie. Niewątpliwym walorem tej części wyników są perfekcyjnie dopracowane zestawienia tabelaryczne oraz wykresy, które bez problemu przeprowadzają czytelnika przez ogromną ilość danych uzyskanych przez Doktoranta. Przemysłana forma przedstawienia wyników z zastosowaniem różnych kolorów i bardzo czytelnych skrótów ułatwia zrozumienie wyników i pozwala odczytywać tabele w niemal intuicyjny sposób, bez konieczności wczytywania się w opisy.

Łącznie w wyniku przeprowadzonych analiz Doktorant zidentyfikował 160 taksonów okrzemek, w większości przypadków oznaczonych do poziomu gatunku, w kilku przypadkach do poziomu odmiany i tylko w sześciu przypadkach do poziomu rodzaju. Nie wynikało to jednak z braku umiejętności Doktoranta czy braku odpowiednich kluczy, ale z faktu, że mogą być to z dużym prawdopodobieństwem gatunki jeszcze nieopisane,

a dalsze szczegółowe badania mogą skutkować opisaniem przez Doktoranta w przyszłości co najmniej 4 nowych gatunków z rodzaju *Luticola*.

Przygotowując badania Doktorant założył, że specyficzne siedliska nadrzeczne będą miejscem występowania rzadkich gatunków, co do których często brak wiedzy na temat ich preferencji ekologicznych. Rozbudowana część analiz dotycząca pomiarów chemicznych środowiska miała pomóc w określeniu tych preferencji. Niestety, wyniki chemiczne okazały się nie tak wartościowe, jak można było zakładać, w większości przypadków bez statystycznie istotnych różnic między poszczególnymi gatunkami drzew, czy rejonami badań. Pomimo tych niedogodności Doktorant podjął próbę określenia udziału zidentyfikowanych gatunków okrzemek w grupach ekologicznych związanych z preferencjami względem odczynu, trofii czy wilgotności środowiska opierając się na klasyfikacjach ekologicznych Denysa oraz Van Dama i współpracowników. Współwystępowanie gatunków o znanych i nieznanym preferencjach pozwoliło Doktorantowi częściowo przenieść preferencje tych pierwszych na te, o których niewiele wiadomo.

Moim zdaniem, najcenniejszą częścią pracy jest podrozdział dotyczący taksonów zagrożonych i odnotowanych po raz pierwszy we florze okrzemkowej Polski. Doktorant zidentyfikował trzynaście gatunków z „Czerwonej listy glonów w Polsce” opracowanej pod redakcją Prof. Siemińskiej oraz aż 28 taksonów notowanych po raz pierwszy w Polsce, a aż 15 po raz pierwszy poza miejscem, z którego zostały opisane. Wnioski nasuwają się same, że znaczna część tych taksonów prawdopodobnie wcale nie jest rzadka, a jedynie szukamy ich w nieodpowiednich miejscach. Spośród wspomnianych 15 gatunków, głównie z rodzaju *Luticola*, 8 zostało opisanych przez Levkova i współautorów z obszaru Macedonii w latach 2013–2019 i od czasu opisanego nie znaleziono ich w innych miejscach. Panowało nawet przekonanie, że mogą być to gatunki endemiczne dla obszaru Macedonii, obszaru Jeziora Ochrydzkiego, czy Półwyspu Bałkańskiego. Doktorant udowodnił jednak, że należy myśleć nieszablonowo i poszukiwać okrzemek w niestandardowych środowiskach, co dało spektakularny efekt w postaci rozszerzenia listy gatunków okrzemek występujących w Polsce.

Niezmiernie ciekawy jest fakt odnotowania przez Doktoranta zjawiska karlenia okrzemek. Niektóre okazy były niemal o połowę krótsze niż podawane w literaturze, minimalne długości okryw dla wybranych gatunków. Doktorant zamieścił zestawienie tabelaryczne z korektą minimalnych zakresów wielkości okryw. Jest to niewątpliwie temat na osobną publikację. Po raz kolejny podkreślam, iż szkoda, że zabrakło pomiarów stężenia krzemu, bo być może jego niedobór jest przyczyną karlenia okrzemek.

Dyskusja potwierdza dużą wiedzę doktoranta w zakresie przedmiotu badań. Rozdział ten rozpoczyna się omówieniem wyników analiz chemicznych i porównaniem ich z podobnymi z literatury. Na podstawie swoich badań Doktorant uznał siedlisko, jakim jest kora drzew za zasobne w biogeny, chociaż brak w literaturze podobnych badań, z którymi można by porównać uzyskane wyniki. Najliczniejsze zbiorowiska okrzemek Doktorant wiąże ze współwystępowaniem mszaków, tzw. bryosferą, a najmniej liczne z innymi organizmami, jak sinice, zielenice czy porosty, co tłumaczone jest w literaturze jako

bezpośredni wpływ konkurencji o zasoby lub jako oddziaływanie allelopatyczne, powodujące zahamowanie rozwoju okrzemek. Doktorant zauważył także prawidłowość, że częściej i bogatsze zbiorowiska występowały na jaworach niż na lipach, a najuboższe na topolach. Istotne było także otoczenie badanego drzewa, gdyż te rosnące w otoczeniu innych drzew w parkach i na terenach leśnych częściej były gospodarzami dla licznych populacji okrzemek, niż drzewa rosnące samotnie. Doktorant wnioskuje słusznie, że przyczyną jest większa wilgotność wokół drzew rosnących w kompleksach niż jako solitery. Z tej samej przyczyny zbiorowiska okrzemek występujące tuż nad ziemią były bogatsze niż te na wysokości 150 cm. Doktorant podjął próbę wytłumaczenia niskich wartości wskaźników bioróżnorodności Shannona i Pielou, które wiąże z dominacją gatunków o dużej odporności na naturalne zaburzenia w ekosystemie, oraz na oddziaływania antropogeniczne. Moim zdaniem należałoby także rozważyć przyczynę leżącą raczej w braku takiej odporności, o czym świadczyć może brak powtarzalności składu zespołów okrzemkowych w kolejnych sezonach lub wręcz o całkowitej wymianie gatunków na inne. Wskazuje to raczej na przypadkowość zasiedlania chwilowo wolnej niszy, której warunki mogą się w każdej chwili zmienić na zupełnie nieodpowiednie dla okrzemek.

Interesującą częścią dyskusji jest obszerny fragment, w którym Doktorant opisuje preferencje ekologiczne najczęstszych dominantów na podstawie wyników własnych badań, jak i danych literaturowych. Ważnym postulatem jest wniosek o zrewidowanie kategorii w „Czerwonej liście glonów w Polsce” co najmniej dwóch gatunków – *Luticola acidoclinata* i *Pinnularia schoenfelderi*, które wg wyników Doktoranta nie są ani wymierające, ani narażone. Doktorant w dyskusji szczegółowo przeanalizował również autekologiczne właściwości innych zidentyfikowanych gatunków.

Kolejny rozdział to Podsumowanie i wnioski, w którym w siedmiu punktach zostały podsumowane najistotniejsze uzyskane wyniki.

Pracę kończy spis cytowanych publikacji – wg numeracji jest ich 229, lecz niektóre się powtarzają, jak np. Lee i in. 1995 (pozycja 90 i 91), czy Levkov i in. 2017 (pozycja 93 i 94). Niektóre pozycje nie zostały przedstawione w porządku alfabetycznym (np. Hoffmann 1989 – pozycja 106).

Pracy towarzyszą trzy załączniki. Dwa pierwsze to tabele. Pierwsza z nich (Załącznik 1) zawiera pełną listę zidentyfikowanych w pracy taksonów wraz z informacją, na którym stanowisku badawczym zostały stwierdzone, na jakim gatunku drzewa oraz na jakich wysokościach na pniu występowały. Przy liście gatunków Doktorant zaznaczył te, które w literaturze uznawane są za wymierające, narażone bądź rzadkie. Załącznik drugi składa się z trzech tabel, które zawierają dane dotyczące parametrów chemicznych z pobranych prób, tj. z przesączy z kory trzech badanych rodzajów drzew – jaworów, lip i topól na wszystkich stanowiskach oraz we wszystkich sezonach badawczych. Trzeci załącznik stanowi dokumentację fotograficzną zidentyfikowanych w trakcie analiz taksonów. Doktorant sporządził 22 plansze z mikrofotografiami okrzemek z mikroskopu świetlnego i elektronowego mikroskopu skaningowego, których jakość fotograficzna nie budzi żadnych zastrzeżeń.

Podsumowując, nie ulega wątpliwości, że całe badawcze sformułowane w rozprawie zostały przez Doktoranta osiągnięte. Nie budzi zastrzeżeń metodyka badań – badania zostały precyzyjnie zaplanowane i skrupulatnie zrealizowane, a analizy diatomologiczne i chemiczne zostały przeprowadzone według standardów powszechnie stosowanych w badaniach diatomologicznych, lecz w miarę potrzeb dostosowane odpowiednio do specyfiki badań nad okrzemkową florą nadrzewną. Część wynikowa rozprawy jest bardzo rozbudowana, ilustrowana wieloma wykresami i zestawieniami tabelarycznymi, opatrzona doskonale wykonaną dokumentacją fotograficzną badanych gatunków, których identyfikacja nie budzi zastrzeżeń. Wyniki badań zostały poddane analizie z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi statystycznych. W dyskusji uwzględniono klasyczną, jak i najnowszą literaturę dotyczącą przedmiotu badań.

Uwagi krytyczne:

Praca napisana jest bardzo ładnym językiem, a opisy są zwięzłe i precyzyjne. Doktorant płynnie przechodzi z wątku na wątek, przez co praca jest przyjemna w czytaniu i naprawdę interesująca. W tekście znalazło się zaledwie kilka literówek, braków oraz błędów stylistycznych:

str. 8 ...opracowanym przez Agardh zamiast Agardh'a, który był mężczyzną;

str. 17 Najzimniejszym miesiącem jest styczeń ze średnią temperaturą 7,4°C zamiast - 7,4°C;

str. 28 ...rosły lipa i jaworem zamiast jawor;

str. 31 ...ilości taksonów zamiast liczby (taksony są policzalne);

str. 34 ...gługości zamiast długości;

str. 65 ...połowę z wszystkich zamiast ze wszystkich;

str. 93 ...najliczniejsze w *L. acidoclinata* próby zamiast najbogatsze, lub inaczej - *L. acidoclinata* najliczniej występowała w próbach...

str. 94 jest Krammer 1991a zamiast Krammer i Lange-Bertalot 1991a;

str. 96 ...*Luticola nivaloides* opisana w 1962, a zacytowana publikacja, w której jest opis jest z 1963 (Bock 1963);

str. 101 ...okrzemki rozwijały się zazwyczaj w postaci pojedynczych osobników zamiast występowały lub były znajdowane...

str. 144 Tablica 2 – brak opisu fotografii 20 i 21 – *Lemnicola hungarica*

str. 159 Tablica 17 – Fot. 6 i 7 – jest *Navicula harderii* zamiast *Nitzschia*;

Podczas czytania pracy nasunęło mi się kilka pytań:

- 1) Czy doktorant sprawdzał po zebraniu świeżych prób, jaka jest proporcja żywych okrzemek do pustych pancerzyków? Doktorant wspomina wprawdzie, że niektóre okrzemki miały zniszczone pancerzyki, uniemożliwiające ich identyfikację do gatunku – co wskazuje na ich naniesienie na miejsce poboru próby, lecz czy Doktorant próbował oszacować jakie mogą być proporcje takich autochtonicznych i allochtonicznych okrzemek?
- 2) Czy pochylenie drzewa lub kierunek światła ma znaczenie dla większego rozwoju nadrzewnych zbiorowisk okrzemkowych? Wiadomo, że mech nie porasta drzewa od północnej strony, jak się powszechnie uważało, lecz pojawia się w dużej ilości



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI

**INSTYTUT NAUK O MORZU
I ŚRODOWISKU**

po przeciwnej stronie, w którą jest pochylone drzewo. Czy większe połącze porośnięte przez mech skutkowało większą bioróżnorodnością okrzemek?

- 3) Czy pojedyncze okazy okrzemek znajdujące na korze pokrytej zielenicami czy porostami mogły być naniesione, a nie faktycznie tam występujące?

Pomijając drobne uwagi krytyczne, uważam, że dysertacja Mateusza Rybaka jest bardzo wartościową pozycją, stanowi ona oryginalne rozwiązanie przedstawionego problemu naukowego i wnosi nową wiedzę na temat zespołów okrzemkowych występujących w zbiorowiskach nadrzewnych. Doktorant wykazał, że ma ogólną wiedzę z dyscypliny nauk biologicznych oraz szczegółową z zakresu diatomologii. Praca ta jest dowodem na to, że Doktorant potrafi sformułować problem badawczy i doprowadzić do jego rozwiązania. Z tych powodów podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgr. Mateusza Rybaka spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w myśl Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. Z 2003 r. Nr 65, poz. 595 ze zm. W związku z tym wnioskuję do Rady Naukowej Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego o dopuszczenie mgr. Mateusza Rybaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem

Małgorzata Bąk