

Prof. dr hab. Maria Włodarska-Kowalczuk

Sopot, 24.08.2022

Zakład Ekologii Morza

Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk

ul. Powstańców Warszawy 55

81-712 Sopot

### **Recenzja pracy doktorskiej mgr Roberta Sobczyka**

#### **pt „Diversity and distribution of polychaete (Annelida, Polychaeta) communities on the continental shelf and slope of Gulf of Guinea, Ghanian coast”**

wykonanej w Katedrze Zoologii Bezkręgowców i Hydrobiologii, na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego, pod kierunkiem dr hab. Krzysztofa Pabisa

Recenzję opracowano zgodnie z decyzją Komisji Uniwersytetu Łódzkiego do spraw stopni naukowych w dyscyplinie nauki biologiczne z dnia 31 maja 2022 r.

Od czasu Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w 1992 i Konwencji o Różnorodności Biologicznej bioróżnorodność stała się centralnym konceptem nauk ekologicznych, ale również uznana została za kluczowy element zasobów naturalnych, którego ochrona i zrównoważone użytkowanie są niezbędne dla zapewniania podstawowych potrzeb życiowych obecnego i przyszłych pokoleń mieszkańców Ziemi. Ostatnie 30 lat przyniosło intensywny rozwój aktywności naukowej i gruntowne poszerzenie wiedzy w zakresie rozpoznania zasobów genetycznych, taksonomicznych i siedliskowych bioróżnorodności biosfery Ziemi, zrozumienia procesów decydujących o zmienności przestrzennej i czasowej w rozmieszczeniu tych zasobów a także znaczenia zakresu i dynamiki tej zmienności dla funkcjonowania ekosystemów lądowych, słodkowodnych i morskich. Ostatnie dekady to również wzrost świadomości o zagrożeniach, przede wszystkim antropogenicznych, dla zasobów bioróżnorodności na Ziemi i alarmujące głosy o postępującej i nieodwracalnej utracie bioróżnorodności w skali globalnej w epoce antropocenu. W tym kontekście kluczowe stają się gruntowne rozpoznanie obecnego stanu jak i możliwych kierunków zmian różnorodności biologicznej rozpatrywane we wszystkich skalach przestrzennych i czasowych. Historia rozwoju nauki, nierówności w rozmieszczeniu zasobów ekonomicznych i badawczych w różnych rejonach świata ale także trudności logistyczne czy metodyczne w dostępie do materiałów reprezentujących różne grupy taksonomiczne, siedliska i krainy geograficzne

powodują, że pomimo intensywnego rozwoju nauk w tej dziedzinie poziom rozpoznania zasobów bioróżnorodności Ziemi jest przestrzennie bardzo zróżnicowany. Globalne opracowania stanu wiedzy wskazują, że na mapie rozpoznania bioróżnorodności morskiej obszary tropikalne (zarówno wody przybrzeżne jak siedliska głębokiego oceanu) pozostają *Mare Incognitum*, szczególnie w porównaniu z intensywnie badanymi wodami wyższych szerokości geograficznych (np. Menegotto i Rangel *Nature Communication* 2018). Na palącą (w kontekście obserwowanych zmian i zagrożeń bioróżnorodności) potrzebę badań w tych rejonach odpowiada przedłożona do recenzji praca doktorska Pana mgr Roberta Sobczyka.

Zasadniczą część rozprawy stanowi cykl trzech spójnych tematycznie publikacji lub manuskryptów publikacji skupionych na ekologii bentosu w wodach szelfu i stoku kontynentalnego Zatoki Gwinejskiej:

1. Sobczyk R., Czortek P., Serigstad B., Pabis K. *Modelling of polychaete functional diversity: Large marine ecosystem response to multiple natural factors and human impacts on the West African continental margin*. artykuł opublikowany w *Science of the Total Environment* (2021, 792: 148075).
2. Sobczyk R., Serigstad B., Pabis K. *High polychaete diversity in the Gulf of Guinea (West African continental margin) - influence of local and intermediate scale ecological factors on a background of regional patterns*. manuskrypt przyjęty do recenzji w *Science of the Total Environment*
3. Sobczyk R., Serigstad B., Pabis K. *Taxonomic surrogacy in polychaete species richness and multivariate analysis on a background of multiple natural and anthropogenic environmental factors (Gulf of Guinea, West African continental margin)*. manuskrypt

Trzy utwory (publikacja i dwa manuskrypty) stanowiące zasadniczą część rozprawy są dziełami wieloautorskimi (3 lub 4 autorów), w każdym z nich mgr Sobczyk jest pierwszym autorem. Zgodnie z oświadczeniami Kandydata i współautorów, we wszystkich dziełach pełnił wiodącą rolę we wszystkich etapach tworzenia dzieł od tworzenia koncepcji, poprzez analizy taksonomiczne, statystyczne, prace literaturowe, przygotowanie tekstu i w przypadku opublikowanego dzieła przeprowadzenie go przez proces publikacyjny. Udział kandydata w tworzeniu dzieł został określony ilościowo jako wynoszący od 65 do 70 %. Na podstawie przedstawionych informacji oceniam indywidualny wkład kandydata w powstanie pracy jako wiodący i wystarczający dla uznania przedstawionych dzieł jako efektu samodzielnej pracy

naukowej a jednocześnie potwierdzenia umiejętności efektywnej pracy w zespole naukowym. Na podkreślenie zasługuje fakt opublikowania pierwszego z dzieł w wysokopunktowanym czasopiśmie Science of Total Environment (IF2021: 10.753, liczba punktów ministerialnych: 200). Dodatkowo, rozprawa zawiera opracowane w języku angielskim wstęp, cele badań, dyskusję, wnioski, zestawienie literatury i streszczenie oraz streszczenie w języku polskim. Struktura pracy, w tym układ rozdziałów i zwartych w nich treści, jest logiczna i przejrzysta oraz zgodna z przyjętymi powszechnie standardami przygotowywania rozpraw doktorskich.

We wstępie doktorant zapoznaje czytelnika z tematyką pracy, w tym przede wszystkim charakteryzuje i omawia znaczenie grupy Polychaeta, przedstawia zakres tematyczny i nadrzędny cel badań a także uzasadnienie podjęcia badań w tym zakresie. Wstęp napisany jest w sposób rzeczowy i stanowi bardzo dobre wprowadzenie do lektury kolejnych części rozprawy. Zastanawia jedynie stwierdzenie, iż *'despite great importance of East Atlantic ... there are almost no studies of distribution patterns and functioning of benthic systems linked with comprehensive recognition of physical and chemical environment, except of a few shallow (tu wymienione 6 publikacji dotyczących mórz zachodniej Afryki) and several deep-sea (tu wymienione 3 publikacje dotyczące badań umiejscowionych w Afryce i jedna w Norwegii)'*. Nie mogę się z nim zgodzić, wschodnie wybrzeże Atlantyku, szczególnie w rejonach umiarkowanych i polarnych półkuli północnej, było rejonem najdłuższych i najintensywniejszych badań w historii ekologii morza, w tym badań wzorców rozmieszczenia bentosu w odniesieniu do warunków środowiskowych, co zawdzięcza zresztą nie tyle wyjątkowości środowiskowej tej części świata a logistycznej łatwości prowadzenia badań przez rozbudowaną sieć europejskich instytutów badawczych i uczelni dysponującą największą (obok północnoamerykańskiej) ilością zasobów i tradycji badawczych. W tym kontekście zastanawiające jest również zestawienie przykładów, odnoszących się niemal wyłącznie do badań afrykańskich. We wstępie pojawia się również określenie 'Large Marine Ecosystem' w odniesieniu do badanej Zatoki Gwinejskiej, bez wytłumaczenia tego określenia ani nawet odnośnika do źródła, które pomogłoby zrozumieć jego użycie w tekście. Odniesienie do literatury (ale nadal nie wytłumaczenie pojęcia) otrzymujemy dopiero w artykule będącym pierwszym z trzech utworów. Krótkie wyjaśnienie powinno się jednak znaleźć już przy pierwszym użyciu tego określenia w rozprawie.

W kolejnym rozdziale rozprawy kandydat przedstawia cele badań. Cele badań sformułowane są klarownie, odpowiadają tematycznie trzem utworom stanowiącym zasadniczą część rozprawy.

Celem pierwszego utworu, artykułu opublikowanego w roku 2021 w czasopiśmie *Science of Total Environment*, była analiza zmienności bioróżnorodności gatunkowej i funkcjonalnej wieloszczetów na szelfie i stoku kontynentalnym (25-1000 m) u wybrzeży Ghany oraz określenie zależności zmienności przestrzennej bioróżnorodności funkcjonalnej od naturalnych i antropogenicznych czynników środowiskowych. W pracy postawiono cztery hipotezy, dotyczące odpowiedzi różnorodności gatunkowej i funkcjonalnej wieloszczetów na zmienność środowiskową w zakresie heterogeniczności osadów (hipoteza 1), zanieczyszczeń (hipoteza 2) i głębokości (hipoteza 3) a także (hipoteza 4) odpowiedzi wybranych grup funkcjonalnych na zaburzenia spowodowane zanieczyszczeniami. Postawione hipotezy były klarowne i jasno wyznaczały szczegółowe cele pracy. Niestety nie wykorzystano okazji do ustawienia struktury całego tekstu artykułu wokół testowanych hipotez. Mam tu na myśli np. strukturę prezentacji wyników (kolejność podrozdziałów i zawartych w nich treści) oraz ich dyskusji.

Analizy przeprowadzono na bardzo obszernym materiale, obejmującym 120 próby pobrane na 24 stacjach rozmieszczonych w czterech transektach, w zakresie głębokości od 25 do 1000 m. Analizy taksonomiczne ujawniły wysoką różnorodność taksonomiczną badanego rejonu: w analizowanym materiale zidentyfikowano 253 taksony. Wyniki pracy wskazują na silniejsze zróżnicowanie fauny w gradiencie głębokości niż odpowiadające zróżnicowaniu warunków lokalnych reprezentowanych przez transekty stacji (choć obserwacja ta nie została potwierdzona statystycznym testowaniem różnic - dlaczego?). Wyniki szczegółowych analiz statystycznych i ich interpretacja w Dyskusji wskazała na czynniki środowiskowe i procesy decydujące o rozmieszczeniu gatunków i grup funkcjonalnych na stoku kontynentalnym u wybrzeży Ghany.

Jednym z podstawowych wyborów, które decydują o wynikach (i możliwej ich interpretacji) analiz bioróżnorodności funkcjonalnej jest wybór cech funkcjonalnych uwzględnionych w analizie. W pracy uwzględniono osiem cech odnoszących się do preferowanego siedliska, mobilności sposobu odżywiania, morfologii. Możliwe byłoby poszerzenie katalogu np. o cechy odnoszące się do sposobu rozrodu i rozprzestrzeniania, szczególnie istotne w przypadku badań efektów zaburzeń (tu potencjalnych zaburzeń

antropogenicznych związanych z ze zrzutem zanieczyszczeń). Dlaczego nie zostały one uwzględnione? Dużą wartością pracy jest fakt, iż przeprowadzone analizy środowiskowe zawierają wskaźniki zanieczyszczeń różnego rodzaju/potencjalnie różnych źródeł (8 metali, węglowodory oraz TOM jako wskaźnik możliwego zanieczyszczenia organicznego). Zastanawia tu jedynie, jak w tej sytuacji należy rozumieć pojęcie zanieczyszczenia w hipotezie 2 (czy jako sumaryczny zrzut zanieczyszczeń różnego rodzaju czy poszczególne rodzaje zanieczyszczeń traktowane osobno?). Podczas lektury tekstu pojawia się również pytanie dlaczego głębokość (bohaterka jeden z hipotez) nie została wybrana jako zmienna do usunięcia (jak rozumiem z powodu wysokiej korelacji z inną zmienną) z analiz statystycznych. W przypadku wzorców zmienności przestrzennej warunków środowiskowych zaskakują (w porównaniu z badaniami w podobnym zakresie głębokości w innych rejonach geograficznych) wysokie wartości zawartości materii organicznej w osadach na najgłębszych stacjach. Jakże może być źródło podwyższonego dopływu materii organicznej do głębokich stref dna morskiego w tym regionie? Również zastanowiło mnie powiązanie (w Dyskusji) wysokiej równomierności (*eveness*) z zaburzeniami. Klasycznie uznaje się, że zaburzenia powodują podwyższoną dominację odpornych na dany typ zaburzenia gatunków, grup i w konsekwencji spadek równomierności.

Celem drugiego utworu (manuskryptu) była ocena stanu oraz czynników środowiskowych decydujących o rozmieszczeniu bioróżnorodności wieloszczetów w rejonie stoku kontynentalnego u wybrzeży Ghany. W tej części szczegółowo zbadano bioróżnorodność gatunkową, stosując wskaźniki oparte nie tylko na liczbie gatunków, czy stosunkach ilościowych osobników reprezentujących różne gatunki ale także miary uwzględniające powiązania filogenetyczne obecnych gatunków. Stwierdzono spadek bogactwa gatunkowego z głębokością, wzorzec zmienności niezgodny z rozpoznany w badaniach zespołów makrofauny prowadzonych w podobnych zakresach głębokości na północnym Atlantyku (cytowanych w pracy). Doktorant podjął próbę wyjaśnienia mechanizmów odpowiedzialnych za taki kierunek zmienności, ale również słusznie zauważył, że jego analizy dotyczą tylko jednej grupy taksonomicznej (wieloszczetów). Inne grupy (np. badane przez Józwiaka, Stępień i współautorów Tanidacea) wykazywały trend rosnącej różnorodności z głębokością. Interesującym wynikiem przedstawionym w pracy była niska zmienność bioróżnorodności ocenianej za pomocą miar uwzględniających powiązania filogenetyczne, wskazująca na niski poziom perturbacji badanego zespołu pomimo rozpoznanych źródeł zrzutu zanieczyszczeń.

Zastanawiające sformułowanie pojawia się w części Results tego utworu (s.16, akapit 3: *"bathyal zone (500 and 100 m) was under sampled in higher extent than stations from shelf"*). Zastanawia zarówno sama próba stopniowania poziomu 'niedopróbkowania różnorodności' (*undersampling*) jak i sposób oceny która ze stref był 'bardziej 'niedopróbkowana' – jaka jest metoda przeprowadzenia takiej oceny?

Materiał biologiczny był bardzo obszerny. Zastosowano, często rekomendowaną w przypadku badań monitoringowych, metodykę poboru pięciu replikacji na każdej stacji. Analiza materiału pobranego w ten sposób (wysoka liczba powtórzeń) pozwala na zajęcie stanowiska w toczącej się dyskusji na temat strategii poboru prób bentosowych, w tym wyboru pomiędzy poborem pojedynczych prób na wielu stacjach w opozycji do poboru wielu powtórzeń na mniejszej liczbie stacji (jako że całkowita liczba prób możliwych do zanalizowania w ramach danego projektu jest zwykle ograniczona). Ten temat nie został podjęty w dyskusji a byłabym zainteresowana przemyśleniami i rekomendacjami autora.

W trzecim utworze, dane o składzie i bioróżnorodności wieloszczetów z Zatoki Gwinejskiej wykorzystane zostały dla przetestowania efektywności metod surogatowych do opisu wzorców zmienności rozmieszczenia i różnorodności fauny w odpowiedzi na naturalne i antropogeniczne czynniki środowiskowe. Wskazanie efektywnie działającej metody surogatowej (pozwalającej na oszczędność czasu i środków finansowych) jest często kluczowe dla możliwości prowadzenia monitoringu lub szybkiej oceny wpływu zaburzeń na stan biocenozy. Szczególnie istotne staje się w rejonie tak słabo rozpoznanym taksonomicznie i z tak słabym lokalnym zapleczem merytoryczno-logistyczno-ekonomicznym jak wody przybrzeżne państw afrykańskich. Dwa podstawowe podejścia surogatowe to poszukiwanie grupy organizmów, której zmienność obrazuje zmienność całego zespołu, lub obniżanie rozdzielczości analizy taksonomicznej. W pracy przetestowano jedynie efektywność obniżania rozdzielczości taksonomicznej analiz. Stwierdzono dobre odwzorowanie zmienności bioróżnorodności (mierzonej szeregiem indeksów) gatunkowej przez dane analizowane na poziomie rodzaju i rodziny, znacznie gorsze wyniki przyniosła analiza możliwości zastosowania wyższych taksonów przy rozpoznawaniu wzorców zmienności przestrzennej w składzie fauny (analizowanych za pomocą metod analiz wieloczynnikowych). Oceny efektywności Kandydat dokonywał poprzez porównanie wzorców zmienności uzyskanych poprzez analizę danych na bazie gatunków, rodzajów, rodzin, co jest prawidłowym podejściem, natomiast zastanawiam się dlaczego nie została (dodatkowo) przeprowadzona prosta analiza korelacji - zarówno

korelacji wartości współczynników bioróżnorodności, jak i korelacji macierzy podobieństw (np. procedurą RELATE w programie PRIMER) uzyskanych dla różnych poziomów rozdzielczości taksonomicznej.

Wyniki tej pracy znajdują z całą pewnością zastosowanie w projektowaniu metodyki monitoringu badanego obszaru, jak również są cennym wkładem w rozpoznanie efektywności metod surogatowych w obszarach o szczególnych własnościach – tu słabo dotąd rozpoznanych obszarach tropikalnych o wysokiej bioróżnorodności. Zastanawia możliwość wykorzystania drugiego podejścia surogatowego (nieprzetestowanego w pracy) – wyboru grupy (w tym przypadku np. wybranej rodziny wieloszczetów), której zmienność można by uznać za wskaźnikową dla zmienności całego rozpatrywanego zespołu. Czy kandydat widziałby możliwość (albo zasadność) wyznaczenia takiej grupy?

Kolejną część rozprawy stanowi Dyskusja. W zwięzły, ale treściwy sposób Kandydat podsumowuje w nim uzyskane wyniki, dyskutuje ich znaczenie na tle obecnego stanu wiedzy o ekologii systemów bentosowych, zwłaszcza słabo pod tym względem rozpoznanych rejonów tropikalnych a także rozważa możliwości zastosowania uzyskanych informacji, szczególnie zrozumienia procesów decydujących o zmienności przestrzennej i odpowiedzi bentosu na dynamikę warunków środowiskowych w programach monitoringu i zarządzania ekosystemami morskimi Zatoki Gwinejskiej.

Rozprawę zamyka krótki rozdział nazwany Wnioskami (*Conclusions*), Spis Literatury oraz Streszczenie w języku polskim i angielskim. Wnioski sformułowane zostały w postaci 8 punktów, część z nich stanowi jednak przypomnienie najważniejszych wyników, nie są więc wnioskami. Wnioski powinny wносить nowe treści w stosunku do wcześniejszych rozdziałów, prezentować uogólnienia wynikające z otrzymanych wyników badań, a nie być jedynie powtórzeniem uzyskanych wyników. Dobór piśmiennictwa jak i sposób jego cytowania w pracy jest prawidłowy. Streszczenia napisane są poprawnie, czytelnikowi ułatwiłoby jednak lekturę, gdyby umieszczone zostały na początku a nie na końcu pracy.

Praca przygotowana została starannie, zarówno w warstwie językowej jak i graficznej. Drobne uchybienia edytorskie zauważone przez mnie to:

- Wstęp, akapit 1: Nieprawidłowe użycie zaimków - z kolejności zdań wynikałoby, że użyty w trzecim zdaniu zaimek '*they*' odnosi się do podmiotu zdania poprzedniego ('*only a small numer of taxa*'), co zapewne nie było intencją autora.

- Wstęp, akapit 1: Nie jest jasne dla mnie co autor miał na myśli, pisząc '*those annelids*' w zdaniu czwartym (o które ('*those*') pierścienice tu chodzi?)
- Wstęp, akapit 3: W drugim wersie nieprawidłowe użycie przedimka '*a*' (w zestawieniu z rzeczownikiem w l. mn., '*a model organisms*'). Podobny błąd w wersie 7/8 ('*an ecosystem engineers*').
- Dzieło 2, s. 13: podane w tekście wartości zagęszczeń (poniżej 1 osobnika m<sup>-2</sup>) są bardzo niskie i wydają się być błędnie podane (zwłaszcza w zestawieniu z wykresem 6).
- Dzieło 2, s.16, akapit 1: '*positive correlation*' – powinno być: '*positively correlated*'
- Dzieło 2, s.19, Fig 11. Wykresy na wydruku są niemal nieczytelne (zbyt mała czcionka)
- Dzieło 3, s. 17, akapit 1: '*performer*' – powinno być: '*performed*'.

Pracę doktorską Pana mgr Roberta Sobczyka oceniam bardzo pozytywnie. Stanowi ona kompleksowe opracowanie zmienności bioróżnorodności wieloszczetów, dominującej grupy zespołów makrozoobentosowych miękkiego dna, w jednym z najstabilniej rozpoznanych rejonów oceanu światowego. Jest oryginalnym i istotnym dziełem znacząco poszerzającym stan wiedzy o stanie bioróżnorodności dna morskiego w rejonach tropikalnych. Przynosi również zrozumienie procesów ekologicznych regulujących funkcjonowanie biocenoz bentosowych a także opracowanie metodyczne, które z pewnością spotka się z zainteresowaniem w środowiskach naukowych i znajdzie praktyczne zastosowanie (np. w programach monitoringowych) wykraczających poza lokalne instytucje związane bezpośrednio z rejonem badań.

Reasumując, pragnę stwierdzić, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65, poz.595, z późn. zm.), wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pana Roberta Sobczyka do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Maria Włodarska-Kowalczyk

*Maria Włodarska-Kowalczyk*