

Recenzja pracy doktorskiej Pani mgr Emilii Trudnowskiej

„Spatial distribution and size structure of zooplankton assemblages in west Spitsbergen waters” – Struktura wielkościowa oraz rozmieszczenie zbiorowisk zooplanktonu w epipelagialu zachodniego Spitsbergenu”

wykonanej w Instytucie Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie

pod kierunkiem Pani prof. IO PAN, dr hab. Katarzyny Błachowiak-Samołyk

Recenzję opracowano w związku z uchwałą Rady Naukowej IO PAN z dnia 20 października 2015 roku

Obecnie, jednym z głównych problemów współczesnego świata, a także nie lada wyzwaniem dla nauki, jest zjawisko globalnego ocieplania się klimatu. Zmiany klimatu i jego konsekwencje najwyraźniej uwidaczniają się w ekosystemach polarnych, gdzie sezonowość stanowi podstawę ich funkcjonowania, a wszelkie zaburzenia w tym zakresie spotykają się z bardzo szybką odpowiedzią środowiska. W świetle zachodzących procesów, ważnym poligonem badawczym stała się Arktyka. To tutaj m.in. obserwuje się tzw. wzmocnienie ocieplenia, przejawiające się większym w stosunku do średnich ogólnosiwiatowych wzrostem temperatury. Dla organizmów żyjących w rejonach polarnych, okresowość limitująca wiele procesów nie jest czymś nadzwyczajnym, bowiem wykształciły one cały system funkcjonalnych adaptacji. Wyzwaniem jednak staje się zmiana parametrów odpowiedzialnych za sezonowość, gdyż to wyzwała pojawienie się nowych zależności, prowadzących do przebudowy ekosystemu. Jednym z bardzo czułych indykatorów wszelkich zmian środowiskowych jest zooplankton, który jednocześnie w rejonach polarnych stanowi kluczowe ogniwo w krótkiej sieci troficznej. Przewidując skutki globalnego ocieplenia, można spodziewać się, że w Arktyce nastąpi m.in. wymiana głównych zimnolubnych taksonów, w tym dużych widłonogów należących do Calanoida, na poszerzające swój zasięg w kierunku północnym gatunki borealne, napływające z cieplejszymi wodami atlantyckimi. To oczywiście jest jedna z wielu konsekwencji, które pojawiają się w sposób kaskadowy, z racji wielopoziomowych, wzajemnie sprzężonych zależności, determinujących sprawne

funkcjonowanie ekosystemu. W obliczu tych zmian niezwykle ważne jest monitorowanie środowiska w sposób całościowy, z wykorzystaniem nowoczesnej, dającej dużo większe niż dotychczas możliwości poznawcze aparatury badawczej. W taki trend nowoczesnych, holistycznych badań doskonale wpisuje się przedłożona do recenzji praca doktorska Pani mgr Emilii Trudnowskiej.

Rozprawę doktorską stanowi cykl trzech spójnych merytorycznie publikacji o tematyce skupionej wokół zooplanktonu wód zachodniego Spitsbergenu:

1. **Trudnowska E.**, Szczucka J., Hoppe L., Boehnke R., Hop H., Blachowiak-Samolyk K., 2012. *Multidimensional zooplankton observation on the northern West Spitsbergen Shelf*, Journal of Marine Systems 98-99, 18-25.
2. **Trudnowska E.**, Sagan S., Kwasniewski S., Darecki M., Blachowiak-Samolyk K., 2015. *Fine-scale zooplankton vertical distribution in relations to hydrographic and optical characteristics of the surface waters on the Arctic shelf*, Journal Plankton Research 37, 120-133.
3. **Trudnowska E.**, Basedow S. L., Blachowiak-Samołyk K., 2014. *Mid-summer mesozooplankton biomass, its size distribution, and estimated production within a glacial Arctic fjord (Hornsund, Svalbard)*, Journal of Marine Systems 137, 55-66.

Przedłożona rozprawa doktorska na wstępie została opatrzona abstraktem, a raczej dość obszernym streszczeniem, napisanym w języku angielskim i polskim. Doktorantka zamieściła w nim najważniejsze informacje dotyczące realizowanej problematyki badawczej. Wskazała główne hipotezy badawcze i nadrzędne cele, tj. analizę struktury wielkościowej zbiorowisk zooplanktonu oraz ich horyzontalne i pionowe rozmieszczenie w powierzchniowych wodach zachodniego Spitsbergenu. Opisała po krótko metodykę badań, wyniki i najistotniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych analiz. Wszystko to ujęte zostało w dość przejrzystą formę, napisaną zrozumiałym i syntetycznym językiem (szczególnie w tekście angielskim). W końcowej części rozprawy Doktorantka zamieściła tzw. oświadczenia współautorskie i tabelę podsumowującą udział poszczególnych osób w powstanie publikacji.

Prace stanowiące rozprawę doktorską zostały opublikowane w anglojęzycznych, recenzowanych czasopismach, znajdujących się na tzw. liście filadelfijskiej – ISI Master Journal List publikowanej przez Thomson Reuters Scientific (Filadelfia, USA). Współczynnik wpływu *Impact Factor* poszczególnych publikacji wynosi odpowiednio: 2.655, 2.407, 2.508

(łączny IF wynosi 7.57), a według listy czasopism MNiSW jest to kolejno: 30, 30, 35 punktów (łącznie 95 punktów).

Wszystkie publikacje, wchodzące w skład recenzowanej pracy doktorskiej, są współautorskie (od 3 do 6 autorów), przy czym w każdej z nich Pani mgr Trudnowska jest pierwszym autorem. Zgodnie z treścią oświadczeń Doktorantki i współautorów, Pani mgr Trudnowska uczestniczyła w przygotowaniu koncepcji wszystkich opisanych w publikacjach badań, a jedna z nich [3] jest wynikiem przygotowania i kierowania przez Nią projektem naukowym. Doktorantka brała udział w rejsach naukowych, czynnie uczestnicząc w zbiorze materiałów do badań, szczególnie w pozyskaniu próbek zooplanktonu i danych z LOPC. W przypadku dwóch publikacji [2, 3] dokonała samodzielnie analiz laboratoryjnych, tj. identyfikacji taksonomicznej i populacyjnej zooplanktonu. Współdziałała także w zakresie analizy danych optycznych i akustycznych. Do Niej głównie należało przygotowanie koncepcji publikacji, statystyczne opracowanie danych, interpretacja wyników, przygotowanie rycin, w końcu redagowanie manuskryptów. Mimo, że w pracy doktorskiej nie został określony procentowo udział Doktorantki w powstanie artykułów, jak wynika z zamieszczonej na końcu rozprawy tabeli, Jej zaangażowanie we wszystkie etapy prowadzenia badań naukowych, jak i ostateczne sfinalizowanie ich w formie wysoko punktowanych publikacji, świadczą o dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej, umiejętności formułowania celów badań, stawiania hipotez badawczych, wnioskowania oraz skutecznej pracy w zespole.

Celem pierwszej pracy, wchodzącej w skład dysertacji (*Multidimensional zooplankton observation on the northern West Spitsbergen Shelf*), było szczegółowe opisanie struktury i rozmieszczenia zooplanktonu w północnej części zachodniego Spitsbergenu w okresie letnim, a także charakteru tworzonych skupisk i ich odniesienia do sytuacji hydrologicznej badanego rejonu. Dzięki równoczesnemu zastosowaniu kilku metod badawczych, tradycyjnej sieci planktonowej oraz urządzeń nowej generacji: laserowego optycznego licznika cząstek (LOPC) i sondy akustycznej (DT-X, z częstotliwością 420 kHz), dokonano wielowymiarowych obserwacji rozprzestrzenienia zooplanktonu na przedpolu oraz wewnątrz dwóch dotychczas słabo poznanych fiordów (Magdalenefjorden i Smeerenburgfjorden). Stwierdzono, że zarówno skład, jaki i liczebność różnych wymiarowo frakcji zooplanktonu były zależne od stopnia przemieszczania się cieplejszych i bardziej zasolonych wód atlantyckich w głąb Arktyki. Wykazano, że różnice w strukturze jakościowej wynikały nie tylko z odmiennych preferencji ekologicznych kluczowych dla tego rejonu dużych Calanoida (*Calanus glacialis* i *Calanus finmarchicus*), ale także innej w

poszczególnych latach struktury wiekowej. Użycie LOPC pozwoliło wyznaczyć długość (kilkukilometrową) skupisk dużej frakcji zooplanktonu (głównie starszych stadiów rozwojowych *Calanus* spp.), natomiast zastosowanie echosondy dodatkowo umożliwiło określenie ich rozciągłości pionowej. Dzięki temu zlokalizowano występowanie rozległych zgrupowań w obrębie oddziaływania frontu hydrograficznego, oddzielającego wody atlantyckie od wód przybrzeżnych. Badania optyczne wykazały także zależność między zwiększoną zawartością małych cząstek (prawdopodobnie stadiów larwalnych i juvenilnych oraz licznych w tym rejonie przedstawicieli *Oithona*) w wodzie wewnątrz fiordów charakteryzujących się wyższą temperaturą wody. Z jednej strony poczynione obserwacje wpisują się w nurt standardowych badań polarnych, potwierdzając dość dobrze poznane i opisane dotychczas zależności występowania zooplanktonu do warunków hydrograficznych. Z drugiej strony, wzbogacenie metod badawczych o nowoczesne, komplementarnie działające, urządzenia pozwoliło na uzyskanie ciągłości (w przeciwieństwie do punktowości wynikającej ze stosowania sieci) i wysokiej rozdzielczości przestrzennej obrazu rozmieszczenia zooplanktonu. Zooplankton charakteryzuje się tzw. skupiskowością występowania, jest wiele przyczyn tego zjawiska. Wgląd w strukturę takich zgrupowań i sposób ich tworzenia przybliży nas do lepszego rozumienia samego zjawiska, jak i jego roli dla całego pelagialu.

W kolejnej pracy (*Fine-scale zooplankton vertical distribution in relations to hydrographic and optical characteristics of the surface waters on the Arctic shelf*) przeanalizowane zostały czynniki środowiskowe kształtujące drobnoskalowe rozmieszczenie zooplanktonu w wodach powierzchniowych zachodniego Spitsbergenu, w dwóch odmiennych hydrologicznie rejonach (przedpole fiordów Magdalenefjorden i Hornsund). Dla lepszego, bardziej szczegółowego, rozpoznania warstwy, w której w okresie letnim gromadzi się główna część biomasy zooplanktonu, zastosowano krótko odcinkowe próbkowanie 50-cio metrowej kolumny wody (co 10 m). Pozostałe badania *in situ* ukierunkowano na opisanie warunków termiczno-zasoleniowych, świetlnych, zawartości chlorofilu oraz jakości i ilości zawiesiny, wykorzystując w tym celu najnowocześniejszy sprzęt i zaawansowane metody statystyczne. Taka konstrukcja badań przyniosła wiele cennych i nowych jakościowo obserwacji. Udowodniono, że w mikroskali epipelagialu istnieje także wyraźna separacja przestrzenna poszczególnych składowych zooplanktonu (holo- i meroplanktonu), w tym przedstawicieli Copepoda: *Calanus finmarchicus*, *Oithona* spp., *Pseudocalanus* spp., *Calanus glacialis* oraz stadiów rozwojowych dużych Calanoida. Dowiedziono również, że

zaobserwowana zmienność jakościowo-ilościowa jest ściśle uzależniona od własności hydrograficznych i optycznych wody, co za tym idzie od indywidualnych preferencji środowiskowych poszczególnych organizmów. Badania te pozwoliły na zaproponowanie rozszerzenia listy ważnych czynników środowiskowych, kształtujących i „wyjaśniających” specyfikę rozmieszczenia zooplanktonu, o parametry optyczne. Zastosowane po raz pierwszy wskaźniki, oparte na współczynnikach rozpraszania i absorpcji światła, okazały się równie ważne, jak te tradycyjnie stosowane – temperatura i zasolenie. Wykazano istotne znaczenie wskaźników optycznych w interpretacji i opisie zarówno horyzontalnej, jak i wertykalnej zmienności rozmieszczenia zbiorowisk zooplanktonu. Kolejnym, nowatorskim elementem badań jest wykorzystanie spektralnych charakterystyk strumienia oddolnego promieniowania, tzw. koloru morza, do opisu wzorców rozmieszczenia organizmów planktonowych. Jak wiadomo, znajomość właściwości optycznych poszczególnych składników wody morskiej (w tym zawiesiny organicznej i nieorganicznej) umożliwia zdalne określenie ich obecności i szacowanie ich ilości, co w konsekwencji pozwala na monitorowanie zmian zachodzących w akwenach morskich i oceanicznych także na poziomie zooplanktonu. Tego typu metody oddają w ręce naukowców zupełnie nowe, przełomowe możliwości poznawcze.

Ostatnia praca, składająca się na dysertację (*Mid-summer mesozooplankton biomass, its size distribution, and estimated production within a glacial Arctic fjord (Hornsund, Svalbard)*), to ciekawa, pionierska próba oszacowania produkcji wtórnej dla wód fiordu Hornsund na podstawie modelowej analizy, uwzględniającej temperaturę wody, chlorofil *a* oraz rozkład biomasy zooplanktonu w poszczególnych klasach wielkości. Do tego celu *in situ* zastosowano nowoczesną platformę badawczą z urządzeniami pomiarowymi o wysokiej rozdzielczości: LOPC, CTD i fluorometr, a dla identyfikacji spektrum taksonomicznego wykonano tradycyjne zaciągi planktonowe. Zebrane wzdłuż całej długości fiordu dane, przyczyniły się do pierwszego, tak szczegółowego zobrazowania funkcjonowania strefy pelagicznej. Odchodząc od tradycyjnych metod opisu środowiska, opartych przede wszystkim na strukturze taksonomicznej i biomasy zooplanktonu, zaproponowano od niedawna stosowane wskaźniki, niosące dużo większy, zintegrowany potencjał informacyjny. Te wskaźniki to: produkcja wtórna, opisująca kompleksowo procesy kształtujące obieg materii i energii między poszczególnymi składnikami ekosystemu, oraz spektrum wielkościowe planktonu. Tak opracowane materiały umożliwiły wykazanie heterogeniczności ekosystemu fiordu Hornsund nie tylko pod względem hydrograficznym czy biologicznym, ale co ważniejsze funkcjonalnym. Wyniki modelowania wskazały, że wody powierzchniowe

centralnej części fiordu charakteryzują się wyjątkowo wysoką potencjalną produktywnością zooplanktonu mimo niższych, występujących tu, wartości temperatury, zasolenia i zawartości chlorofilu.

Praca doktorska Pani mgr Emilii Trudnowskiej to nowatorskie, dogłębne i, co warto podkreślić, kompleksowe spojrzenie na funkcjonowanie pelagialu ekosystemu arktycznego w jego mikro- i makroskali. Uzyskane wyniki badań wnoszą wiele cennych, zupełnie nowych informacji na temat zmienności rozmieszczenia zooplanktonu. Dotyczą mało poznanych dotychczas rejonów. Łączą w sobie tradycyjne oraz nowoczesne metody analizy i opisu zjawisk przyrodniczych. To wymagało od Doktorantki wykształcenia szerokiego spektrum umiejętności własnych, m.in.: dużej wiedzy ekologicznej i biologicznej, dobrego umocowania w literaturze podejmowanych decyzji, dużych umiejętności identyfikacyjnych zooplanktonu, poznania skomplikowanych technik analitycznych. Dzięki temu, w toku dobrze przemyślanych, konsekwentnie przeprowadzonych analiz z sukcesem zweryfikowała postawione hipotezy badawcze. Pani mgr Trudnowska wykazała się także dużą dojrzałością naukową w interpretacji i formułowaniu wniosków, podkreślając wieloaspektowość zjawisk przyrodniczych. Z dużym entuzjazmem, ale i ostrożnością odniosła się do zaawansowanych technicznie metod (LOPC), wskazując na ich wciąż zbyt małą precyzyjność. Świadczy to o swego rodzaju pokorze, moim zdaniem bardzo pożądanej w nauce, a także rozumieniu potrzeby utrzymania sprawdzonych, tradycyjnych, ale wysoko precyzyjnych oznaczeń mikroskopowych. Do analizy planktonu coraz częściej używane są laserowe detektory, stając się niezwykle pomocnym narzędziem. Z drugiej jednak strony wskazuje się na znaczne rozbieżności (w porównaniu z wynikami standardowych połowów planktonowych) – niedoszacowanie lub przeszacowanie – liczebności, a co za tym idzie biomasy poszczególnych składowych planktonu o różnych spektrach wielkościowych. Ze względu na to, że wiele procesów odpowiadających za funkcjonowanie ekosystemów wodnych jest zależnych od szeroko rozumianego wskaźnika wielkości (ang. *size-dependent processes*), chciałabym prosić Doktorantkę o szersze omówienie procesu wnioskowania o rodzaju cząstek (w szczególności tych mniejszych), tym samym rodzaju zooplanktonu na podstawie danych uzyskanych z LOPC.

Reasumując, moim zdaniem, z punktu widzenia jakości opisu stanu teraźniejszego, jaki i przewidywania kierunków przyszłych zmian zachodzących w ekosystemach polarnych, rozprawa doktorska Pani mgr Emilii Trudnowskiej stanowi oryginalne, cenne dzieło naukowe. Praca 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.), dlatego przedkładam Radzie Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr Emilii Trudnowskiej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie, biorąc pod uwagę bardzo wysoki poziom merytoryczny pracy, wnioskuję o wyróżnienie jej stosowną nagrodą.

Anna Bielecka