

dr hab. Adam Sokołowski, prof. nadzw.
Uniwersytet Gdański
Instytut Oceanografii
Al. Marszałka Piłsudskiego 46
81-378 Gdynia

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr Emilii Katarzyny Jankowskiej

pt. „*Struktura i funkcjonowanie zespołów bentosowych związanych z łąkami makrofitów w Zatoce Gdańskiej*”

Praca została wykonana w Zakładzie Ekologii Morza Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie pod kierunkiem dr hab. Marii Włodarskiej-Kowalczyk, prof. IO PAN i prof. dr Marleen De Troch z Marine Biology Group Uniwersytetu w Ghent w Belgii.

Bentosowa roślinność naczyniowa, a w szczególności łąki trawy morskiej, tworzą bardzo zróżnicowane i produktywne obszary w strefie przybrzeżnej mórz i oceanów większości kontynentów. Z uwagi na rolę tych zbiorowisk w funkcjonowaniu ekosystemów przybrzeżnych m.in. jako siedlisko dla wielu gatunków fauny bentosowej, baza pokarmowa czy miejsce rozrodu, żerowania i schronienia dla licznych kręgowców i bezkręgowców morskich, łąki podwodne stanowią obszary niezwykle cenne zarówno pod względem przyrodniczym, jak i dla lokalnej gospodarki oraz turystyki. Z tego względu, w wielu ośrodkach naukowych na świecie siedliska te są przedmiotem zainteresowań badawczych, zwłaszcza w kontekście wieloletnich zmian w strukturze i funkcjonowaniu związanych ze zjawiskami o charakterze regionalnym np. powodzie i eutrofizacja, jak i w skali globalnej np. ocieplenie klimatu czy wzrost poziomu morza.

Istotne zmiany w strukturze zbiorowisk i powierzchni dna morskiego zajmowanej przez trawę morską *Zostera marina* obserwuje się ostatnio również w Zatoce Gdańskiej. Konsekwencje tych zmian, choć w światowej literaturze przedmiotowej szeroko opisane, pozostają słabo rozpoznane w akwenach strefy borealnej, o naturalnie niskiej różnorodności gatunkowej takich jak Morze Bałtyckie. Z uwagi na krótką historię geologiczną i charakterystykę ekologiczną, wpływ łąk podwodnych na elementy abiotyczne i biotyczne środowiska Bałtyku może zaznaczać się w inny sposób niż w akwenach typowo morskich. W tym kontekście, badania zrealizowane przez Doktorantkę są uzasadnione, a podjęta

tematyka badawcza wpisuje się w aktualny nurt związany z przekształcaniem środowiska i oddziaływaniem zjawisk globalnych.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że praca wykonana została w ramach dwóch projektów badawczych, w tym międzynarodowego o akronimie ZOSTERA finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, co świadczy o umiejętności współpracy Doktorantki z partnerami zagranicznymi. Wpływa również pozytywnie na jakość prowadzonych badań i pozwala postrzegać je w szerszej perspektywie.

Charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa stanowi zwarte opracowanie o charakterze monograficznym, obejmujące łącznie 142 strony maszynopisu, w tym 20 stron cytowanej literatury, na którą składa się 198 pozycji głównie anglojęzycznych. Pozycje literaturowe odnoszą się w większości do artykułów w czasopismach naukowych i książek, wydanych w XXI wieku, co świadczy o dobrej znajomości przez Doktorantkę współczesnej literatury przedmiotu. Pracę wzbogaca 27 rycin i 17 tabel, które prezentują uzyskane wyniki analityczne oraz ilustrują w formie schematów omawiane w tekście zależności i mechanizmy. Na końcu pracy zamieszczono oddzielny spis tabel i rycin oraz sześciostronowy aneks zawierający sześć tabel przedstawiających szczegółowe wyniki analiz chemicznych osadów dennych, zawiesiny i badanych organizmów roślinnych i zwierzęcych.

Rozprawa została napisana w języku angielskim i zawiera na początku Abstract (dwie strony) i streszczenie w języku polskim. W mojej opinii, polskojęzyczne streszczenie, z uwagi na obszerną formę (przeszło pięć stron) i zakres treści, powinno być raczej zatytułowane Podsumowanie i przesunięte na koniec pracy. Redakcja tej części opierała się przypuszczalnie na bezpośrednim tłumaczeniu przez Doktorantkę tekstu anglojęzycznego, przez co wkradły się niefortunne i nieścisłe sformułowania np.

- „powierzchnia trawy morskiej” - chodziło zapewne o powierzchnię obszarów występowania trawy morskiej” (str. 10);
- „udział drapieżnictwa w sposobach odżywiania się” (str. 13) czy „większe drapieżnictwo” (str. 14) - dotyczy raczej większego udziału drapieżników w liczebności fauny bentosowej;
- silniejszy przepływ węgla organicznego w sieci troficznej (str. 14) - zwiększony udział węgla pochodzenia bakteryjnego w puli źródeł pokarmu dla fauny bentosowej.

Struktura podziału treści i układ rozdziałów są typowe dla rozpraw doktorskich w naukach eksperymentalnych i obejmują Introduction, Material and methods, Results, Discussion i Conclusions.

Pierwszy rozdział „**Introduction**” (10 stron) Doktorantka rozpoczęła od podrozdziału przedstawiającego założenia pracy, jej cel i nawet zapowiedź wyników, a dopiero w kolejnym podrozdziale scharakteryzowała tematykę związaną z przeprowadzonymi badaniami. Taki układ wydaje się nieuzasadniony, ponieważ założenia pracy i jej cel powinny wynikać raczej z aktualnego stanu wiedzy, a hipotezy badawcze powinny być sformułowane w oparciu o zdefiniowane wcześniej obszary niepewności czy brak znajomości przedmiotu. Podrozdział zatytułowany „*Seagrass and its significance for coastal ecosystems*” zawiera przedstawione w ciekawy i zwięzły sposób informacje o pozycji taksonomicznej trawy morskiej, jej rozmieszczeniu w Oceanie Światowym, roli jaką pełni w funkcjonowaniu ekosystemów przybrzeżnych i znaczeniu ekonomicznym. Szkoda, że Autorka nie zamieściła w tym miejscu szczegółowej charakterystyki występowania i czasowych zmian zespołów *Zostera marina* w Morzu Bałtyckim oraz opisu znaczenia tego gatunku, co stanowiłoby dobre uzasadnienie dla sformułowania celu pracy. W szczególności, brakuje przedstawienia danych faktograficznych dotyczących notowanego w ostatnich latach zwiększania zasięgu występowania trawy morskiej w Zatoce Gdańskiej - co Autorka uznała za zagadnienie kluczowe dla podjęcia swoich badań.

Cele badawcze i hipotezy zostały określone jasno i czytelnie.

Rozdział 2 to „**Materials and methods**” zawarty na kolejnych 23 stronach, podzielony na cztery podrozdziały, z których pierwszy zawiera charakterystykę rejonu badań, ze szczególnym uwzględnieniem zespołów trawy morskiej. W mojej opinii, ta część powinna być zamieszczona w rozdziale „Introduction”. W dalszej kolejności Autorka przedstawia opis obszarów i stanowisk badawczych oraz metod zbioru materiału. Moim zdaniem ten podrozdział napisany jest zbyt zdawkowo, brakuje w nim informacji metodycznych i technicznych, które wpływają na interpretację uzyskanych danych pomiarowych np.:

- w jaki sposób zdefiniowano granice łąk trawy morskiej w każdym obszarze;
- czy lokalizacja stanowiska badawczego, oprócz kryterium odległości od granicy łąki, wybierana była przez pletwonurka losowo;
- czy poszczególne stanowiska badawcze uznano za powtórzenia w obrębie danego obszaru badań czy na każdym stanowisku materiał zbierano w powtórzeniach tak, jak w przypadku próbek przeznaczonych do analiz izotopowych i analiz kwasów tłuszczowych;
- osady dennie o jakiej miąższości zbierano czerpakiem rdzeniowym w celu ilościowego scharakteryzowania roślinności i makrofauny bentosowej;
- nie jest jasne, czy stanowisko badawcze, na którym zebrano osady o miąższości 60 cm, zlokalizowane było w obrębie łąki trawy morskiej.

Z drugiej strony, na podkreślenie zasługuje fakt, iż materiał badawczy pozyskiwano z wykorzystaniem techniki nurkowania swobodnego (SCUBA), co wymagało od Doktorantki odpowiednich umiejętności, znacznego nakładu pracy i dobrej organizacji logistycznej.

Kolejny podrozdział, który poświęcony został charakterystyce metod analitycznych wykorzystanych do pomiarów POC i TN oraz składu izotopów trwałych węgla i azotu w zebranych materiale, został zredagowany w zrozumiały sposób, choć niektóre metody budzą moje wątpliwości:

- w zespołach epifitów często występują organizmy należące do mikrofauny takie jak wrotki czy wiciowce, które mogą wpływać na zawartość węgla i azotu oraz skład izotopowy tych pierwiastków. Ponadto, istotną część wyizolowanych epifitów mogą stanowić wielokomórkowe mikroglony, na co wskazuje również zbliżony stosunek izotopów węgla tych glonów i epifitów. Czy próbki epifitów uzyskane po sonifikacji weryfikowano pod kątem składu taksonomicznego i struktury biomasy?
- zastosowana metoda izolacji mikrofitobentosu z powierzchniowych osadów dennych znajduje zastosowanie głównie w rejonach pływowych, gdzie mobilne mikroglony wykazują migracje pionowe związane z dostępnością światła i cyklem pływowym. Czy przeprowadzono ocenę efektywności tej metody poprzez porównanie struktury zespołów otrzymanych po izolacji z wynikami bezpośrednich badań próbek osadów?
- z przedstawionego opisu wynika, że analizy składu izotopowego większości organizmów makrofauny posiadających szkielet zewnętrzny takich jak małże i ślimaki przeprowadzono, podobnie jak innych zwierząt bentosowych, na całych osobnikach (włącznie z muszlą) bez wcześniejszego usunięcia węgla nieorganicznego muszli lub jej fragmentów, co stanowiłoby błąd metodyczny. Poprosiłbym o wyjaśnienie.
- pewne wątpliwości budzi przedstawiona w tabeli 1 klasyfikacja niektórych taksonów makrofauny bentosowej pod względem troficznym. Na przykład, babki z rodzaju *Pomatoschistus* (również równonóg *Cyathura carinata*) zostały przydzielone do grupy wszystkożerców, podczas gdy w rozdziale „Discussion” Doktorantka opierając się o to samo źródło literaturowe (Rutkowski 1982) uznaje te ryby za drapieżniki i w dodatku przytacza wyniki swoich badań na potwierdzenie tej klasyfikacji.

Do oceny zmienności badanych parametrów chemicznych oraz określenia struktury bentosowej sieci troficznej i udziału różnych form węgla w puli źródeł materii organicznej dostępnej i przyswajanej przez konsumentów, Doktorantka wykorzystwała nowoczesne metody statystyczne posługując się różnymi narzędziami m.in. oprogramowaniem PRIMER i językiem programowania R. Zastosowała również zaawansowane procedury diagnostyczne np. Gelman-Rubin czy Gweke do weryfikacji poprawności przeprowadzonych obliczeń modelowych. Zarówno dobór metod, ich zastosowanie, jak i sposób opracowania wyników uważam za właściwy i dobrze przemyślany. Pod dyskusję chciałbym natomiast poddać

przyjęte w modelu wartości współczynników frakcjonowania troficznego: 0,8‰ dla $\delta^{13}\text{C}$ i 3,4‰ dla $\delta^{15}\text{N}$ oraz ich zmienności.

Rozdział poświęcony prezentacji uzyskanych wyników „**Results**” jest najbardziej obszerny (34 strony) i zawiera dwa podrozdziały tematyczne dotyczące odpowiednio charakterystyki zespołów trawy morskiej i struktury bentosowej sieci troficzej. Obydwa podrozdziały, pomimo dużej liczby wyników i danych obliczeniowych, zostały napisane zwięźle, a informacje ułożone są według spójnego i logicznego schematu. Obserwowane zmienności i relacje znajdują potwierdzenie w wynikach analiz statystycznych i modelu SIAR, które przeprowadzono z odpowiednią starannością i rozważą. Układ treści i jasny sposób prezentacji sprawiają, że rozdział czyta się z dużym zainteresowaniem. Moją wątpliwość budzą zamieszczone w tej części tabele i ryciny (tabela 3, rycina 10 i 19), w których przedstawione wyniki badań różnią się od informacji opisowych zawartych w tekście. Na przykład, dane przedstawione w tabeli 3 (str. 49) wskazują na najmniejszą sumaryczną biomasę wszystkich makrofitów w obszarze Outer, podczas gdy w tekście Autorka sugeruje obszar oznaczony jako Inner. Podobnie, zakres wyników dotyczących $\delta^{13}\text{C}$ dla siedlisk z trawą morską i niepokrytych roślinnością bentosową zilustrowany na rycinie 10 (str. 55) jest większy niż w części opisowej. Brakuje również danych pomiarowych dotyczących zawartości wszystkich form azotu (TN) w osadach powierzchniowych, które Autorka opisuje w rozdziale „Material and methods” i w części poświęconej dyskusji wyników. Chciałbym poprosić o wyjaśnienie, jak można zinterpretować stosunkowo duży udział kwasów tłuszczowych oznaczonych jako „Inne” w potencjalnych źródłach węgla organicznego i tkance konsumentów.

Rozdział „**Discussion**” (29 stron) jest podzielony na dwa podrozdziały odpowiadające tematycznie podrozdziałom w części „Results” i przedstawia interpretację uzyskanych wyników badań na tle bogatej literatury naukowej. Ta część jest również poprawnie napisana i wnosi wiele nowych elementów poznawczych. Autorka dosyć często odnosi wyniki swoich badań do całej Zatoki Gdańskiej (np. na stronie 86), podczas gdy badane obszary stanowią tylko niewielki fragment płytkowodnej części tego akwenu. Domyślam się, że wynika to z przyjętej formuły redagowania manuskryptu pod kątem publikacji, która adresowana jest do międzynarodowej społeczności naukowców, ale zalecałbym ostrożność przy formułowaniu tego typu uogólnień. Wymieniając potencjalne mechanizmy prowadzące do podwyższonej akumulacji materii organicznej w osadach dennych i zwiększonego składu izotopów trwałych azotu w różnych komponentach ekosystemu na obszarach łąk podwodnych, nie uwzględniono oceny wpływu materii pochodzenia lądowego. Zadziwiająco wysoki jest również udział epifitów w materii

organicznej zdeponowanej w osadach dennych w obszarach nieporośniętych trawą morską - poprosiłbym o szersze wyjaśnienie tego zagadnienia w kontekście założeń i ograniczeń modelu SIAR.

W części dotyczącej struktury bentosowej sieci troficznej analiza porównawcza składu izotopów trwałych węgla i azotu oraz składu kwasów tłuszczowych pozwoliła na wyodrębnienie pięciu głównych grup źródeł węgla organicznego dla konsumentów tj. rośliny naczyniowe, glony plechowate i epifity, mikrofitobentos i bakterie oraz materia organiczna związana z zawiesiną i z osadami. W oparciu o przyjętą klasyfikację, Doktorantka zidentyfikowała dominujące źródła pokarmu dwóch gatunków meiofauny i licznej grupy makrofauny bentosowej. Wykazała się przy tym umiejętnością krytycznej analizy zastosowanych markerów pochodzenia materii organicznej i należytą ostrożnością w formułowaniu wniosków. Zastanawiający jest dominujący udział glonów epifitycznych w diecie pąkli *Amphibalanus improvisus* w rejonach porośniętych trawą morską oraz w pokarmie małży *Limecola balthica* na obszarach pozbawionych roślinności makrobentosowej. Obydwa gatunki odżywiają się w drodze filtracji segregując cząstki zawieszanej materii organicznej o wielkości kilku mikrometrów. Proponowany zatem przez Doktorantkę mechanizm polegający na wychwytywaniu z wody przez te bezkręgowce oderwanych fragmentów glonów *Pilaiella littoralis* wraz z porastającymi je epifitami wydaje się mało prawdopodobny. Rozdział wieńczą interesujące rozważania Doktorantki o głównych kierunkach przepływu węgla organicznego do wyższych poziomów troficznych i udziale w tym procesie bakterii. Szkoda, że Pani mgr Emila Jankowska nie spróbowała dokonać bardziej wnikliwej analizy uzyskanych danych (np. w oparciu o biomasę makrofauny bentosowej) i próbę ilościowego oszacowania procesów transferu węgla.

Rozprawę kończą zwięzłe wnioski („**Conclusions**”), które zostały sformułowane z właściwą dozą ostrożności i w poprawny sposób weryfikują postawione w pracy hipotezy badawcze.

Wybrane uwagi szczegółowe, błędy terminologiczne i niezręczności językowe

W całej pracy Doktorantka konsekwentnie stosuje nazwę gatunkową *Macoma balthica* dla rogowca bałtyckiego, podczas gdy człon rodzajowy został zrewidowany w 2015 roku. Obecna nazwa to *Limecola balthica* (Huber, M.; Langleit, A.; Kreipl, K. (2015). Tellinidae. In: M. Huber, *Compendium of bivalves* 2. Harxheim: ConchBooks. 907 str.)
Abstract: Wniosek dotyczący zwiększonej akumulacji węgla organicznego w powierzchniowej warstwie osadów dennych w rejonie podwodnych łąk makrofitów w Zatoce Gdańskiej nie znajduje potwierdzenia w materiale faktograficznym zamieszczonym w

Abstrakcie i w Streszczeniu z uwagi na brak danych porównawczych z osadami, gdzie makrofity nie występują.

Doktorantka nie ustrzegła się błędów językowych i usterek terminologicznych, które wymagają większej uwagi i staranności. Praca posiada duży potencjał publikacyjny i z lektury poszczególnych rozdziałów wnioskuję, iż niektóre fragmenty zostały zredagowane pod kątem publikacji. Zdaję sobie sprawę, że czasopisma naukowe wymagają zwartej treści i syntetycznej formy manuskryptu, ale rozprawa doktorska może być obszerniejszym opracowaniem, a poszczególne akapity nie powinny zawierać skrótów myślowych.

Niefortunne wydaje się zastosowanie skrótów POC do określenia węgla organicznego w osadach (str. 7) i POM dla opisanie materii organicznej w zawieszynie (str. 8). W obydwu przypadkach litera P odnosi się do cząstek (z języka angielskiego particulate), co może sugerować tą samą formę węgla. W dodatku, w kolejnych rozdziałach Autorka wprowadziła inny skrót, SSOM, dla materii organicznej w powierzchniowych osadach dennych. Wyjaśnienie tego skrótu, który został użyty po raz pierwszy na stronie 13, zostało przedstawione dopiero na stronie 32, ale z kolei nie znajduje się w wykazie skrótów na stronie 43.

Uwagi edytorskie i techniczne:

- str. 7: Abstract, „support enhanced biodiversity” powinno być „support biodiversity”;
- str. 10: Do jakich innych łąk *Zostera marina* w Zatoce Gdańskiej odnosi się porównanie;
- str. 10: W języku pisanim nie powinno zaczynać się zdania od skrótu (np. „*Z. marina* jest gatunkiem trawy morskiej ...”);
- str. 10: Niefortunne sformułowanie, „liczebności konsumentów”;
- str. 11: Niefortunne sformułowanie „system dna morskiego i system łąk”;
- str. 21: Schemat przedstawiony na rycinie 2 nie został omówiony wcześniej w tekście;
- str. 21: Jedynym gatunkiem jakiej grupy czy taksonu?
- str. 27: Fig. 4 nie ilustruje obszarów występowania trawy morskiej w Zatoce Puckiej w roku 1987, co sugeruje tekst zawierający odnośnik do tej ryciny;
- str. 30: Fig. 7 - czy termin „long cores” odnosi się zarówno do próbek osadów o miąższości 10 cm i 60 cm czy tylko do jednej grupy próbek;
- str. 30: „6 litres of suspended POM ...” - Autorka ma zapewne na myśli objętość wody zebranej w celu analizy zawartości materii organicznej związanej z zawiesziną - jak opisała prawidłowo na stronie 32;
- str. 31: Termin „pelite fraction” definiuje się najczęściej jako frakcja osadów o wielkości ziaren $< 0,01$ mm albo $< 0,063$ mm (taką definicję podała Autorka na str. 34 i 58);

- str. 37: Table 1 - warto byłoby uzupełnić tabelę o pozycje literaturowe, na podstawie których klasyfikowano makrofaunę bentosową do danej grupy troficznej w miejsce cytowania odniesień literaturowych w tekście (str. 43-44);
- str. 47: Sformułowanie „particles of primary producers” jest nieprawidłowe;
- Table 9, Table 10 - zapis wyników analiz post-hoc dla wybranych par zmiennych jest mało zrozumiały i dopiero wyjaśnienie zawarte w tekście na stronie 64 pozwala właściwie odczytać symbole w tabelach;
- str. 65: W tytule ryciny 14 brakuje wyjaśnienia symboli literowych;
- str. 65, 67: Powinno być Fig. 15 A, B zamiast Fig. 4A, B;
- str. 67: Powinno być 16:1ω7;
- str. 68: Powinno być Table 11;
- str. 83: „sites” powinno być zastąpione przez „locations”;
- str. 89: Powinno być Table 8 zamiast Table 9;
- str. 91: Niejasne, czego skład kwasów tłuszczowych (FA composition)?
- str. 108: Brak odniesienia w tekście do Fig. 26.

Spis literatury

Według przyjętego w pracy schematu, poszczególne składowe tytułu artykułu naukowego w spisie literatury powinny być pisane małą literą, a porządek cytowania powinien być alfabetyczny, np. str. 129: Webster et al. 1998

str. 114: poz. 20-22 po poz. 16

Różnice w liczbie autorów, pisowni ich nazwisk i roku publikacji w tekście i spisie literatury:

str. 17	Watcott et al. 2009	i	Waycott et al. 2009 (str. 129)
str. 17	Zeimen and Wood 1975	i	Zieman and Wood 1975 (str. 130)
str. 21	Caulsen et al. 2014	i	Clausen et al. 2014 (str. 114)
str. 26	Ojaveer et al. 2010	i	Ojaveer et al. 2012 (str. 125)
str. 27	Ciszewski 1962	i	Ciszewski et al. 1962 (str. 114)
str. 27	Ciszewski 1992	i	Ciszewski et al. 1992 (str. 114)
str. 27	Pliński 1990	i	Pliński and Florczyk 1990 (str. 126)
str. 34	Fry 2008	i	Fry 2006 (str. 117)
str. 44	Hart and Fuller 1987	i	Hart and Fuller 1979 (str. 119)
str. 48	Neubauer and Jensen 2014	i	Neubauer and Jensen 2015 (str. 124)
str. 87	Boeschker et al. 2000	i	Boeschker et al. 2000 (str. 113)
str. 100	Valentine et al. 2006	i	Valentine and Duffy 2006 (str. 128)
str. 105	Włodarska-Kowalczyk et al. 2015	i	Włodarska-Kowalczyk et al. 2015 (str. 129)
str. 108	Van Oevelen et al. 2006	i	Oevelen Van et al. 2006 (142)

Brak w spisie literatury następujących pozycji cytowanych w pracy:

str. 22: Gutiérrez et al. 2010

str. 22-23: Larkum et al. 2006

str. 23: Gilles et al. 2012

str. 27: Pliński 1986

str. 28: Włodarska-Kowalczyk et al. 2015

str. 38: Eder 1995

str. 48: Budge et al. 2006

str. 96: Giere et al. 2006

str. 100: Corsica-Lepoint et al. 2000

str. 110: Giere 2006

Pozycje literaturowe, których cytowań nie znalazłem w tekście:

Ciais et al. (2013)

Dalsgaard et al. (2000)

GESAMP (1993)

Kasim and Mukai (2006)

Macreadie et al. (2014)

Mateo and Romero (1997)

Mateo and Serrano (2012)

Podsumowanie

Rozprawa doktorska Pani mgr Emilii Jankowskiej jest oryginalnym i wartościowym pod względem merytorycznym opracowaniem naukowym, wnoszącym wiele ciekawych elementów poznawczych. Z uwagi na obserwowany w ostatnich latach wzrost zasięgu występowania łąk podwodnych trawy morskiej *Zostera marina* w Zatoce Gdańskiej, tematykę pracy należy uznać za aktualną, a postawione zadania badawcze za potrzebne i interesujące.

Na uwagę zasługuje zastosowanie z powodzeniem dwóch nowoczesnych markerów składu i pochodzenia materii organicznej tj. kwasów tłuszczowych i izotopów trwałych węgla i azotu. Wykorzystanie różnych, ale komplementarnych metod analitycznych umożliwiło zdefiniowanie głównych zmiennych różnicujących rejony porośnięte trawą morską i pozbawione roślinności makrobentosowej. Praca ma wieloaspektowy charakter i dotyczy nie tylko struktury zespołów fauny bentosowej, ale również porusza zagadnienia związane z

funkcjonowaniem w kontekście powiązań troficznych i przepływu energii, co uważam na ważne osiągnięcie. Warty podkreślenia jest fakt, że Doktorantka jako pierwsza oszacowała ilość i tempo akumulacji węgla organicznego w rejonach porośniętych *Zostera marina* w południowej części Morza Bałtyckiego, wykazując istotne zróżnicowanie tych wartości w odniesieniu do podobnych obszarów w innych rejonach geograficznych i strefach klimatycznych. .

Podsumowując, przedłożoną do recenzji pracę oceniam pozytywnie, a przedstawione uwagi mają w większości charakter dyskusyjny lub są natury edytorskiej.

Wniosek końcowy

Uważam, że w świetle Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2013 r., recenzowana praca w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i zwracam się do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie z wnioskiem o przyjęcie jej jako pracy doktorskiej i dopuszczenie Pani mgr Emilii Jankowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Gdynia, dn. 18.05.2017