

Dr hab. Barbara Urban-Malinga

Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Kołłątaja 1

81-332 Gdynia

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani Mgr Emilii Katarzyny Jankowskiej pt.
Struktura i funkcjonowanie zespołów bentosowych związanych z łąkami makrofitów
w Zatoce Gdańskiej**

wykonanej w Zakładzie Ekologii Morza

Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie pod kierunkiem

Pani dr hab. Marii Włodarskiej-Kowalczyk

oraz

Pani prof. dr Marleen De Troch

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska to 142 stronicowe dzieło, którego celem jest zbadanie wpływu odradzających się łąk makrofitów o niskim zagęszczeniu na funkcjonowanie systemów bentosowych na przykładzie Zatoki Gdańskiej, oraz porównanie struktury bentosowej sieci troficznej na dnie porośniętym i nieporośniętym makrofitami. Układ rozprawy jest bardzo przejrzysty i czytelny. Po streszczeniu napisanym najpierw w języku angielskim, a następnie w języku polskim, następuje 9-stronicowy wstęp, a po nim obszerny, 22-stronicowy rozdział opisujący metody zastosowane w pracy. Wyniki opisane na 33 stronach opatrzone są 14 tabelami i 16 kolorowymi rycinami. Po 28-stronicowej dyskusji następują wnioski, oraz spis cytowanej literatury zawierający 198 pozycji. Za spisem literatury znajduje się spis wszystkich tabel i rycin wykorzystanych w pracy, oraz 5-stronicowy aneks składający się z 6 dodatkowych tabel z wynikami. Rozprawa napisana jest bardzo starannie. Błędy edytorskie, literowe, czy interpunkcyjne są rzadkością. Cała rozprawa napisana jest w języku angielskim z wyjątkiem 5-stronicowego streszczenia w języku polskim. Dobrym zwyczajem jest, moim zdaniem, przygotowywanie rozpraw doktorskich w języku angielskim, gdyż poza merytoryczną wartością rozprawy można też ocenić umiejętność doktoranta w posługiwaniu się językiem powszechnie uznanym za podstawowy i nieodzowny w pracy naukowej. Z moich doświadczeń wynika jednak, że poziom języka angielskiego w rozprawach jest nie zawsze wystarczająco dobry; w takich przypadkach lepiej byłoby - i dla doktoranta, a szczególnie dla recenzenta i innych czytelników - aby rozprawa

napisana była jednak w języku polskim, albo żeby język angielski został odpowiednio zweryfikowany. Pozwalam sobie na tą dygresję w tym miejscu tylko i wyłącznie po to aby szczególnie podkreślić, że wspomniany problem nie dotyczy recenzowanej przeze mnie rozprawy autorstwa p. mgr Jankowskiej. Rozprawa ta napisana jest bardzo dobrym, czytelnym i fachowym językiem angielskim. Tekst jest jasny i logiczny, dzięki czemu pracę tę czyta się płynnie i przyjemnie. Liczba błędów językowych i literowych jest nieznaczna. Każdy z rozdziałów układa się w przemyślany, dobrze skomponowany i spójny ciąg logiczny.

Celem rozprawy jest ocena wpływu odradzających się łąk makrofitów, ze szczególnym uwzględnieniem trawy morskiej *Zostera marina*, na funkcjonowanie systemów bentosowych ze szczególnym uwzględnieniem tempa akumulacji węgla w osadach, oraz struktury bentosowej sieci troficznej związanej z dnem porośniętym roślinnością w Zatoce Gdańskiej.

Problem oceny roli odradzających się łąk makrofitów i ich znaczenia dla funkcjonowania bentosu w Zatoce Gdańskiej, jest bez wątpienia tematem o istotnym znaczeniu. Makrofity są tzw. 'inżynierami środowiska'. Liczne obserwacje prowadzone w rejonach występowania łąk podwodnych mówią o ich wpływie na dynamikę wody, tempo sedymentacji, różnorodność taksonomiczną i funkcjonalną; ważna jest też rola roślinności zanurzonej jako miejsca tarła ryb i schronienia dla narybku. Łąki trawy morskiej występowały powszechnie w Zatoce Gdańskiej do lat 60-tych XX w.; potem notowany był istotny spadek ich powierzchni. W ostatnich latach obserwuje się trend odwrotny. Odradzające się łąki trawy morskiej w Zatoce Gdańskiej charakteryzują się jednak niskim zagęszczeniem i biomasa, co istotnie odróżnia je od podobnych formacji w innych rejonach świata. Stąd też, jak słusznie zauważa autorka, ich rola i znaczenie w ekosystemie wcale nie muszą pozostawać w analogii do obserwacji z innych rejonów świata, zwłaszcza, że Bałtyk jako zbiornik o niskim zasoleniu i niskiej bioróżnorodności funkcjonuje według innych reguł niż zbiorniki w pełni zasolone. Dlatego też uważam podjęty temat i postawiony w rozprawie problem badawczy za istotne zarówno w skali lokalnej jak i globalnie.

Aby zrealizować cele rozprawy doktorantka przeprowadziła :

- ocenę zdolności łąk makrofitów w Zatoce Gdańskiej do akumulowania węgla w osadzie, a w szczególności oceniła tempo sedymentacji, przeanalizowała zawartość materii organicznej, barwników fotosyntetycznych i skład izotopów stabilnych węgla i azotu w osadach.
- przy pomocy markerów biochemicznych takich jak izotopy stabilne węgla i azotu, oraz kwasy tłuszczowe, zdefiniowała źródła pokarmu i dokonała oceny diety poszczególnych konsumentów związanych z dnem porośniętym i nieporośniętym makrofitami.

Wnioski z rozprawy mówią o tym, że pomimo niskiego zagęszczenia i biomasy, łąki makrofitów w Zatoce Gdańskiej:

- Sprzyjają akumulacji węgla w osadach, a materia organiczna pochodząca z trawy morskiej jest znaczącym składnikiem materii organicznej zgromadzonej w osadach porośniętych, a jej udział w całkowitej puli materii jest istotnie wyższy niż na dnie pozbawionym roślinności.

- Znacząco wpływają na strukturę bentosowej sieci troficznej gdyż oferują większą różnorodność źródeł pokarmu względem siedlisk nieporośniętych roślinnością. Ponadto, autorka zaobserwowała większy udział drapieżnictwa w odżywianiu wszystkożernej makrofauny, większy udział meiofauny jako źródła pokarmu dla makrofauny, oraz bakterii jako źródła pokarmu meiofauny, i w związku z tym większy udział bakterii w całkowitym przepływie węgla w zespołach bentosowych związanych z łąkami makrofitów niż na analogicznych obszarach pozbawionych roślinności.

Rozprawa doktorska P. mgr Emilii Jankowskiej to bez wątpienia źródło niezwykle cennego materiału. Autorka dokonała oceny zdolności łąk Zatoki Gdańskiej do akumulowania węgla w osadzie. Uzyskane wyniki porównała z wynikami z systemów łąk o dłuższej historii i dobrze rozwiniętej roślinności. Tego typu analiza na obszarze łąk podwodnych przeprowadzona została po raz pierwszy na obszarze Bałtyku południowego. Następnie przy pomocy markerów biochemicznych doktorantka określiła źródła pokarmu poszczególnych konsumentów oraz przedstawiła obraz bentosowej sieci troficznej w obrębie dna pokrytego roślinnością i porównała go z siecią troficzną na analogicznym obszarze pozbawionym roślinności wnioskując tym samym o znaczeniu makrofitów dla funkcjonowania siedlisk dennych i związanych z nimi organizmów. Tradycyjne, nie zawsze skuteczne, metody wykorzystywane do identyfikowania źródeł pokarmu polegające najczęściej na analizie zawartości przewodów pokarmowych, uzupełnionej o obserwacje terenowe i laboratoryjne, są od lat wypierane przez metody biochemiczne takie jak identyfikacja kwasów tłuszczowych czy analiza naturalnie występujących stabilnych izotopów, która bazuje na analizie proporcji izotopów azotu ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) i węgla ($^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$). Doktorantka sprawnie i skutecznie wykorzystała jednocześnie obie metody do zidentyfikowania źródeł pokarmu konsumentów, co zasługuje na duże uznanie.

Uzyskane wyniki dotyczące składu izotopów stabilnych i wybranych markerów kwasów tłuszczowych, doktorantka przeanalizowała przy pomocy modelowania bayesowskiego w celu 1. oszacowania udziału poszczególnych źródeł pokarmu w diecie poszczególnych konsumentów i w celu 2. stworzenia modelu powiązań w sieci troficznej związanej z łąkami makrofitów. Jest to pierwsza tego typu analiza, w której dokonuje się integracja jednocześnie tak wielu elementów składowych bentosowej sieci troficznej.

W swoich analizach doktorantka uwzględniła meiofaunę - mikroskopijną frakcję wielkościową fauny o rozmiarach nieprzekraczających 1 mm. Meiofauna jest bardzo często pomijana w podobnych analizach i z tego względu jej rola jako grupy i rola poszczególnych grup taksonomicznych wchodzących w jej skład, pozostają ciągle mało poznane. Należy też podkreślić, że doktorantka przeprowadziła swoją analizę na poziomie gatunkowym szczegółowej analizie poddając dwa wybrane gatunki Harpacticoida i uzyskując w ten sposób pierwsze tak szczegółowe wyniki dotyczące źródeł pokarmu meiofauny na poziomie gatunkowym. Doktorantka wykazała, że typ siedliska może mieć znaczący wpływ na dietę widłonogów, jednak wpływ ten jest silnie uzależniony od przynależności gatunkowej widłonoga, co pokazuje jak ważne jest prowadzenie tego typu analiz właśnie na poziomie gatunku. Tego typu podejście jest rzadkością ze względu na trudność jaką ciągle pozostaje ocena przynależności gatunkowej bezkręgowców zaliczanych do bentosowych widłonogów, czy tzw. meiofauny w ogóle.

Wyniki uzyskane przez p. mgr Jankowską dają wyjątkowo szczegółowy i kompletny obraz bentosowej sieci troficznej związanej ze strefą przybrzeżną Zatoki Gdańskiej. Wyniki te mają jednak wartość poznawczą nie tylko w skali lokalnej czy w skali Bałtyku południowego ale też i globalnie. Łąki makrofitów w Zatoce Gdańskiej są stosunkowo słabo rozwinięte dlatego też wyniki niniejszej rozprawy stanowią cenne uzupełnienie danych pochodzących z innych rejonów świata o zazwyczaj lepiej rozwiniętej roślinności, i niewątpliwie przyczyniają się do poszerzenia dotychczasowej wiedzy na temat znaczenia łąk podwodnych i ich potencjału do modyfikacji funkcjonowania dna morskiego i bentosu w obszarach przybrzeżnych.

Uzyskane wyniki będzie też można wykorzystać w kontekście dyskusji na temat związku pomiędzy bioróżnorodnością a funkcjonowaniem ekosystemów. Fauna związana z łąkami makrofitów charakteryzuje się większą różnorodnością. Czy istnieje zatem związek pomiędzy różnorodnością taksonomiczną a różnorodnością funkcjonalną? To kolejny potencjalny problem, który doktorantka będzie mogła opisać korzystając z wyników niniejszej rozprawy.

Podczas czytania rozprawy nasunęły mi się następujące uwagi:

- Tytuł rozprawy Struktura i funkcjonowanie zespołów bentosowych związanych z łąkami makrofitów w Zatoce Gdańskiej nie do końca odpowiada zawartości pracy. Struktura zespołów bentosowych nie jest przedmiotem rozprawy więc słowo 'struktura' w tytule jest zbędne.

- W opisie metodyki brakuje mi szczegółowej informacji dotyczącej rozmieszczenia stacji poboru próbek. Próbkę osadów pobierano na 96 stacjach, 36 w Z. Puckiej wewnętrznej, 36 w Z. Puckiej zewnętrznej i 24 stacje wyznaczone były w okolicach Gdyni i Sopotu. Połowę wszystkich stacji stanowiły stanowiska porośnięte roślinnością. Mapa na Ryc. 7 prezentuje bardzo zgrubny obraz rozmieszczenia stacji. Współrzędne geograficzne stacji podane są tylko w przypadku dwóch stanowisk na których pobierano materiał do analizy sieci troficznej. Ponadto na str. 30 wspomniane jest, że na każdej stacji wykonywany był pomiar temperatury wody i zasolenia, nigdzie jednak nie znalazłam wyników tych pomiarów.

- W opisie metodyki brakuje szczegółowej informacji dotyczącej liczby próbek osadów pobranych do oceny zawartości: pigmentów, węgla organicznego, azotu całkowitego, oraz izotopów stabilnych. Czy na każdej spośród 96 stacji pobierano po jednej próbce a wyniki uśredniano dla badanego obszaru?

Podobny brak szczegółowej informacji dotyczy opisu metodyki poboru próbek do analizy bentosowej sieci troficznej (str. 32) - nie wiadomo jaka była grubość warstwy osadu pobranej do oceny zawartości powierzchniowej materii organicznej gdyż nie wiadomo co oznacza 'upper sediment' czy 'the most upper sediment layer' pobrany do oceny mikrofitobentosu.

- Na stacjach porośniętych roślinnością pobierano próbki makrofitów do oceny ich składu i zagęszczenia. Pobierano je rdzeniem o średnicy 15 cm, a więc o powierzchni ok. 177 cm² co

stanowi w zaokrągleniu 0.02 m^2 ; uzyskane wyniki przeliczono na powierzchnię 1 m^2 dna. Ile takich rdzeni pobierano na jednej stacji? Czy zagęszczenie makrofitów na danym obszarze (w każdym z trzech rejonów badań) obliczono uśredniając liczebność roślin uzyskaną z odpowiednio 18, 18 i 12 rdzeni zebranych po jednym na każdej stacji porośniętej roślinnością? Nie jest to jasno wyjaśnione.

Ponadto, średnie zagęszczenie pędów makrofitów wynosiło zgodnie z Tabelą 3 w zaokrągleniu od 47 do 85 na m^2 dna. Skoro tak, to jakie było średnie zagęszczenie makrofitów w jednym rdzeniu, którym pobierano próbki? Dlaczego akurat taką powierzchnię rdzenia zastosowano do poboru próbek makrofitów?

- Na str. 40 – test istotności różnic parametrów opisujących cechy osadu (w profilu pionowym tego osadu) przeprowadzono przy pomocy testu PERMANOVA, w którym wyróżniono 3 stałe czynniki: rejon (L-location, jak mniemam wyróżnione zostały 3 poziomy), siedlisko (H – habitat, 2 poziomy) i warstwa osadu (La – 5 poziomów). Ze względu na fakt, że warstwy osadu nie były względem siebie niezależne gdyż pochodziły z tego samego rdzenia należałoby, moim zdaniem, zastosować jeszcze jeden czynnik – replikacja, który byłby czynnikiem losowym zagnieżdżonym w rejonie i siedlisku. Strategię analizy istotności różnic parametrów osadu w jego profilu pionowym należałoby, moim zdaniem, jeszcze raz przemyśleć.

- Na str. 110 – znajduje się tu stwierdzenie na temat roli widłonogów jako źródła pokarmu dla młodocianych ryb i następuje odwołanie do publikacji Hicks z 1984 r. Warto jednak podkreślić, że doniesień na ten temat roli widłonogów bentosowych jako źródła pokarmu jest dużo więcej: liczne doniesienia mówią o tym, że bentosowe widłonogi a także inne bezkręgowce meiobentosowe mogą stanowić pokarm zarówno bezkręgowców (np. Crangon crangon, krabów (*Carcinus maenas*), jak i kręgowców takich jak ryby (Pihl & Rosenberg 1984; Pihl 1985), czy ptaki (Gaston 1992; Sutherland et al. 2000). Zagadnienie to poruszają następujące przykładowe pozycje literaturowe: Bell and Coull, 1978; de Morais and Bodiou, 1984; Gee, 1989; Coull, 1990; Feller and Coull, 1995; Coull et al., 1995, ale też: Grossman et al., 1981; Alheit and Scheibel, 1982; Sogard, 1984; Gee, 1987; Smith and Coull, 1987; Ellis and Coull, 1989; Coull, 1990; Service et al., 1992; Coull et al., 1995; Feller and Coull, 1995; Aarnio et al., 1996).

Brakuje mi w dyskusji odniesienia do faktu, że widłonogi poddane w tej pracy szczegółowej analizie zarówno z punktu widzenia ich roli jako pokarmu, a także z punktu widzenia ich roli jako konsumenta, są drugim co do liczebności taksonem meiofauny w rejonie badań o czym świadczy stwierdzenie na str. 110. Dominującym taksonem są z pewnością Nematoda, które również stanowią udokumentowane źródło pokarmu jednak liczba doniesień na ten temat jest znikoma gdyż bezkręgowce te ulegają strawieniu najprawdopodobniej w ciągu 1 godziny i najczęściej nie pozostawiają śladów w przewodach pokarmowych konsumentów.

Nematoda dominują najczęściej pod względem liczebności i charakteryzują się wysokim stopniem specjalizacji i selektywności w zdobywaniu pokarmu. Z kolei, pod względem biomasy, w zespołach meiofauny często dominują wolnożyjące Platyhelminthes, które są

najprawdopodobniej największymi znanymi drapieżnikami w osadach i ze względu na ich biomasa stanowią prawdopodobnie ważne źródło pokarmu. Warto było by przedyskutować ten aspekt, gdyż widłonogi nie reprezentują całej meiofauny. Spośród makrofauny przeanalizowano w rozprawie 22 gatunki co prawdopodobnie stanowi wszystkie lub prawie wszystkie gatunki występujące w badanym siedlisku; spośród meiofauny – przeanalizowano dwa gatunki co jest świetnym wynikiem, jednak trzeba pamiętać, że są to dwa gatunki spośród bardzo bardzo wielu innych, o tożsamości poznanej lub, co bardzo prawdopodobne, jeszcze nieznanej. Dlatego też uważam, że stwierdzenia jak np. na str. 14 „że meiofauna konsumuje głównie SSOM oraz mikrofitobentos...” i inne stwierdzenia z dyskusji na ten temat stanowią uogólnienie do którego brakuje mi odniesienia autorki.

- uważam, że należałoby używać aktualnej nazwy *Macoma balthica*, czyli *Limecola balthica*

Drobne uwagi:

- Str. 11 „Porównanie wyników badań z zatoki z wynikami z systemów łąk o dłuższej historii, stabilnej i dobrze rozwiniętej wegetacji pozwoliło na ocenę znaczenia stopnia rozwoju łąk podwodnych na zdolność do modyfikacji funkcjonowania systemów dna morskiego w obszarach przybrzeżnych”. Zdanie brzmiałoby lepiej gdyby ... ocenę znaczenia stopnia rozwoju łąk... zamienić na ... ocenę wpływu stopnia rozwoju łąk...

- Str. 12. Efektywność łąk traw morskich do gromadzenia węgla w osadzie zależy od lokalizacji i panujących w niej warunków środowiskowych, najwyższa zawartość węgla organicznego została odnotowana w rejonie osłoniętej części zatoki (Inner). Zdanie brzmiałoby lepiej gdyby słowo „Efektywność ... do” zamienić na „Efektywność ... w”

-Str. 13 – określenia takie jak np. „...marker bakteryjny [...] wskazuje na wysoki udział bakterii w tym źródle”, albo że ...wszystkożercy [...] wykazywali się wyższą zawartością markera odpowiedzialnego za drapieżnictwo... są trochę niezgrabne. Marker nie jest odpowiedzialny za drapieżnictwo.

-Str. 13 – marker detrytusu (18:1 ω 9) jest tożsamy z markerem drapieżnictwa ?

-Str. 14 – „Zaobserwowano brak różnic...” – lepiej byłoby stwierdzić „Nie zaobserwowano różnic ...”

-Str. 14 – „Różnice w strukturze sieci troficznej pomiędzy siedliskami obejmowały: większą liczbę źródeł pokarmu konsumowanych przez faunę...”- – może lepiej byłoby stwierdzić „Różnice w strukturze sieci troficznej pomiędzy siedliskami obejmowały: większą różnorodność źródeł pokarmu ...”

-Str. 14 – „modyfikacja struktury sieci troficznej poprzez większą liczbę dostępnych i konsumowanych źródeł [...]” – jest to podsumowanie wyników więc dobrze by było dodać o jakie źródła chodzi.

str. 30 - „6 liters of suspended POM”- na pewno chodzi o 6 litrów wody pobranych do analizy POM

Podsumowanie

Wszystkie wymienione uwagi nie umniejszają w żaden sposób wartości rozprawy, którą oceniam bardzo wysoko. Uważam, że pani mgr Jankowska podeszła oryginalnie do postawionego problemu badawczego. Doktorantka wykazała się szerokim wachlarzem umiejętności niezbędnych przy realizacji pracy naukowej. Opanowała i skutecznie wykorzystwała kilka trudnych metod analitycznych, uzyskała interesujące wyniki, przeanalizowała je posługując się złożonym warsztatem statystycznym, a następnie przeprowadziła naprawdę interesującą i twórczą dyskusję tych wyników.

Należy też podkreślić fakt, że praca została wykonana we współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowymi co jasno świadczy o umiejętności i skuteczności p. mgr Jankowskiej we współpracy międzynarodowej. Patrząc na zakres wykonanych prac można z całym przekonaniem stwierdzić, że doktorantka wykazała się dużą pracowitością i wszechstronnością. Uważam, że pani mgr Emilia Jankowska wykonała solidną pracę naukową, której wyniki, w moim przekonaniu, z łatwością będzie mogła opublikować w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, i które z pewnością szybko wejdą do obiegu myśli naukowej.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę powyższe argumenty mogę z całym przekonaniem stwierdzić, że rozprawa doktorska Pani **Mgr Emilii Katarzyny Jankowskiej** pt. „**Struktura i funkcjonowanie zespołów bentosowych związanych z łąkami makrofitów w Zatoce Gdańskiej**” spełnia warunki, o których mówi artykuł 13 Ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz stopniach i tytułach w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65, poz. 595; ze zm. w Dz. U. z 2011 r. nr 84, poz. 455). Zwracam się zatem do Rady Naukowej Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie o dopuszczenie Pani **Mgr Emilii Katarzyny Jankowskiej** do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

B. Urban - Malinga

Barbara Urban-Malinga

Gdynia, 29. 05. 2017