

Prof.zw.dr hab. Juliusz C. Chojnacki  
Emeryt ZUT w Szczecinie,  
Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa  
Ul. Kazimierza Królewicza 4/108 71-550 Szczecin

Szczecin, 10 marca 2019

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej Maji Musialik- Koszarowskiej,**  
**pt. "Dynamika zmian rozwoju wybranych gatunków**  
**Copepoda z Południowego Bałtyku"**

Promotor: Pani dr hab .prof. ndzw. IOPAN Lidia Dzierzbicka – Głowacka  
Drugi Promotor: Pani Prof.dr hab. Maria Iwona Żmijewska

1. **Wartość naukowa rozprawy**

a. Oryginalność badań:

*Praca zawiera syntezę czterech artykułów naukowych, których współauto-rem (o wystarczającym procentowym udziale własnym, uwidocznionym w oświadczeniach współautorów) jest kandydatka na doktora p. Maja Musialik – Koszarowska. Wszystkie wymienione niżej artykuły zawierają addedum z oryginalnymi oświadczeniami współautorów o ich udziale w publikacji: 1/Seasonal variability in the population of the main mesozooplankton species in the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea): Production and mortality rates – Dzierzbicka – Głowacka L. (30%), Kalarus M. (30%), **Musialik-Koszarowska M. (30%)**, Lemieszek A.(5%), Żmijewska M.I.(5%); 2/Population dynamics of the main copepod species n the Gulf of Gdańsk (the southern Baltic Sea): abundance, biomass and production rates – **Musialik-Koszarowska M. (55%)**, Dzierzbicka-Głowacka L.(10%), Kalarus M.(10%), Lemieszek A.(10%), Maruszak P.(10%), Żmijewska M.I.(5%). 3/Long term changes in the total development time of Copepoda species occurring in large numbers in the Southern Baltic Sea – numerical calculations – Figiela M.(40%), **Musialik-Koszarowska M. (45%???)**, Nowicki A.(5%), Lemieszek A, (5%), Kalarus M.(5%), Druet Cz (?).4/Influence of environmental factors on the population dynamics of key zooplankton species in the Gulf of Gdańsk (Southern Baltic Sea) – **Musialik Koszarowska M. (70%)**, Dzierzbicka-Głowacka L.(15%), Weydmann A. (15%).*

*Liczne badania jakościowe i ilościowe zooplanktonu Bałtyckiego od czasów pionierskich prof.dr W. Mańkowskiego i późniejsze (m.in. P.T. Wiktorowej, Ciszewskiego, Siudzińskiego, Drugiej Pani Promotor i recenzenta) miały niewątpliwy walor poznawczy dotyczący dynamiki przebiegających w czasie zmian ilościowych i jakościowych, biomasy czy wartości kalorycznej z intuicyjnym określeniem wpływu na te zmiany abiotycznych czynników środowiskowych i sezonowości. Wprawdzie wyliczano wówczas różne korelacje, ale były to próby mało wiarygodne i trudne do weryfikacji czy opracowania modelu dynamicznego tych zmian ilościowych mezo-zooplanktonu na tle czynników abiotycznych środowiska, a zwłaszcza zasolenia,*

temperatury wody czy choćby sezonów klimatycznych. Dopiero od jakiegoś czasu zaczęły się pojawiać publikacje zespołu Pani dr hab. prof. ndzw. IO PAN Lidii Dzierzbickiej–Głowackiej i Pani prof. dr hab. Iwony M. Żmijewskiej, które donosiły o opracowaniu, wprawdzie jeszcze nie doskonałych, ale logicznych modeli dynamiki zmian w rozwoju nie tylko Copepoda z Zatoki Gdańskiej, a także i innych akwenów morskich. Wskazane prace monotematyczne, które recenzuję, jako pracę doktorską, są fragmentem prac zespołu z istotnym wkładem kandydatki na doktora, w badania systemowe, pozwalające na modelowanie całego ekosystemu Bałtyku w oparciu o wyniki badań podstawowych. Z tego względu zgodziłem się recenzować pracę doktorską pani Mai Musialik–Koszarowskiej, którą to pracę uważam za bardzo ważną i potrzebną w przyszłych badaniach nad determinizmem mezozooplanktonu Morza Bałtyckiego.

b. Wartość naukowa artykułów:

Niezależnie od syntezy zawartej w streszczeniu autorstwa Maji Musialik-Koszarowskiej (mam kilka uwag merytorycznych, o czym niżej), pracę doktorską stanowią 4 załączone artykuły, które mają swoją indywidualną wartość naukową, ale których walor i znaczenie wzrasta przy ich powiązaniu pod dobrze sformułowanym tematem zaprezentowanej pracy doktorskiej.

*1/Seasonal variability in the population of the main mesozooplankton species in the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea): Production and mortality rates (Oceanologia 2015, 57, 78-75)*

Jest to publikacja wyników prac z lat 2006 - 2007 kilku współautorów o dynamice trzech najważniejszych ilościowo populacji Bałtyckich Calanoida. Potwierdzają się w nich, wcześniejsze (intuicyjne wnioski wielu wcześniejszych badań), iż sezon letni to dla większości planktersów maksimum ilościowe jak i biomasy. Dla skorupiaków planktonowych w Bałtyku, których dominację można z grubsza, bez modeli, uszeregować gradacją ich ciepłolubności. Interesującym elementem tej pracy jest zwrócenie uwagi na śmiertelność widłonogów, która ma miejsce latem. Szkoda jednak, że zespół autorski nie pokusił się o komentarz i dokładniejsze wyjaśnienie zjawiska masowej śmiertelności mezozooplanktonu w tym sezonie. Może się to wiązać z większą ilością generacji (konkurencja pokarmowa, głodowanie, a także nadmierny wpływ obfitości fitoplanktonu, niszczącej aktywność życiową naupliusów czy copepoditów) ale i intensywniejszym żerowaniem ichtioplanktonu i wielkim zagęszczeniem oraz potrzebami troficznymi wszystkich stadiów rozwojowych ichtiofauny a nawet zoobentosu. W sumie praca dała dobre podstawy do oceny produktywności wtórnej mezozooplanktonu Zatoki Gdańskiej i dalszych studiów w tym kierunku.

*2/Population dynamics of the main copepod species in the Gulf of Gdańsk (the southern Baltic Sea): abundance, biomass and production rates (Oceanological & Hydrobiological Studies 2016, 45,2,159-171)*

Artykuł ten był rozwinięciem sygnalizowanych wcześniej studiów nad dynamiką populacji Calanoida Zatoki Gdańskiej w oparciu o materiał z 6 standardowych

morskich stacji badawczych z lat 2010 – 2012. Potwierdziły się tu dominacja rodzaju *Acartia* ilościowa i biomasy (wzrost zasobów), przekładająca się na najwyższą produkcję wtórną. Następnym skorupiakiem w rankingu była *Temora longicornis*. Z najniższym potencjałem w rankingu wielkości zasobów wykazał się zimnolubny *Pseudocalanus* sp. co korelowało z wyraźnymi tendencjami malejącymi jego zasobów. W porównaniu do literaturowych danych w latach 2010 – 12 stwierdzano w wynikach własnych, generalnie niższe wartości produktywności widłonogów w Zatoce Gdańskiej niż choćby w Centralnym Bałtyku. Podobnie jak w latach 2006-2007 wskazano na wysokie wartości śmiertelności skorupiaków planktonowych, co wiązano jedynie ze wzrostem wyżerania przez ryby śledziowate, choć to stwierdzenie nie zostało poparte żadnym dowodem.

*3/Long-term changes in the total development time of Copepoda species occurring in large numbers in the Southern Baltic Sea – numerical calculations. (Oceanological & Hydrobiological Studies 2016, 45,1,1-10)*

Jest to ważny artykuł zawierający rozszerzenie badań nad długoterminowymi zmianami dynamiki mezozooplanktonu a zwłaszcza Copepoda należących do podrzędu Calanoida w południowym Bałtyku na tle temperatury, zasolenia i koncentracji pokarmu. Do tych obliczeń włączone zostały dwa scenariusze emisji gazów cieplarnianych A1B i B1 ze szczególnym uwzględnieniem w tej analizie czasu rozwoju naupliusów, copepoditów i form dorosłych. Do tych badań obliczeniowych zastosowano modele matematyczne oparte na metodach numerycznych, w których wykorzystano własne jak i literaturowe dane, pozwalające rekonstruować, a zwłaszcza zdefiniować relacje troficzne i życie biologiczne w ekosystemie morskim. Ma to niezwykle ważne znaczenie wobec ciągłych zmian środowiska fizyko chemicznego w Bałtyku dla dynamiki populacji mezozooplanktonu skorupiakowego, a nade wszystko dla kierunków eksploatacji zasobów ożywionych środowiska morskiego.

*4/Influence of environmental factors on the population dynamics of key zooplankton species in the Gulf of Gdańsk (Southern Baltic Sea). (Oceanologia 2019, 61, 1, 17-25)*

Od dawna wiadomo, że zmiany wartości wskaźników abiotycznych środowiska w ciągu roku czy dłuższych okresach czasu wyraźnie wpływają na dynamikę populacji Copepoda w Południowym Bałtyku. Wykazano to na przykładzie wyników badań zooplanktonu w latach 2006-2007 i 2010 – 2012 z 6 stacji na Zatoce Gdańskiej. Które z tych czynników środowiskowych mają największe znaczenie? Autorzy próbowali odpowiedzieć na to pytanie stosując analizę redundancji i wówczas okazało się, że różnicowanie biomasy widłonogów zależy nie tylko od temperatury i zasolenia wody, ale w równym stopniu od temperatury powietrza, zachmurzenia, prędkości i kierunku wiatrów czy głębokości stacji z których pobierano próby biologiczne. Opracowano również model generalny dla temperatury i zasolenia dla wszystkich stadiów ontogenetycznych *Acartia* sp. i *Temora longicornis* i większości stadiów *Pseudocalanus* sp. (od C1-samców dla zasolenia). Potwierdziły się znane wcześniej cechy z biologii Cala-

noida Bałtyckich, że *Acartia* sp. dominują latem, *Temora longicornis* wiosną i jesienią, a *Pseudocalanus* sp. zimą.

## 2. **Wartość merytoryczna rozprawy:**

Wymagane „streszczenie” oraz załączone, opublikowane 4 wartościowe artykuły naukowe, pozwalają dość ostrożnie sformułować hipotezę roboczą, wg., której struktury i cechy ekologiczne populacji rodzajów *Acartia* i *Pseudocalanus* oraz gatunku *Temora longicornis* dają się zdeterminować wartościami parametrów abiotycznych środowiska. W artykułach udowodniono, że większość cech dynamiki populacji (a zwłaszcza rozwoju czy śmiertelności) u badanych widłonogów, można określić i nawet prognozować przy pomocy modelowania. Biorąc pod uwagę fakt, że wskazane artykuły sensu largo są monotematyczne, doktorantka M. Musialik-Koszarowska pod kierunkiem swoich Pań Promoterek, wyznaczyła jasny cel, opisała opublikowane wyniki i przeanalizowała je wyciągając poprawne wnioski. Realny udział doktorantki w tych publikacjach (na podstawie oświadczeń), jest znaczący, a w dwóch, dość istotnych, nawet dominujący, co tym bardziej upoważnia ją do formułowania tezy, analizy i oceny końcowej wynikającej z efektów modelowania tempa rozwoju i wzrostu poszczególnych stadiów rozwojowych przyjętych do badania widłonogów. Ważny jest równocześnie fakt, że przy pomocy algorytmów różnych modeli i obliczeń numerycznych udało się ocenić nie tylko tempo rozwoju, ale ilość generacji, a nawet śmiertelność i produktywność dominujących skorupiaków mezozooplanktonu Zatoki Gdańskiej, biorąc pod uwagę temperaturę wody, zasolenie a także koncentrację pokarmu. Szkoda, że w tym modelowaniu pominięte zostały inne dynamiczne aspekty abiotycznego środowiska Bałtyku (np. prądy, wlewy etc.).

Przy analizie dostarczonych do recenzji tekstów, odnotowałem niepokojącą mnie możliwość niskiej czułości i elastyczności przedstawionych modeli ekologicznych dla Calanoida. Powodem jest brak uwzględnienia w modelowaniu, znaczenia szerokiej puli cech taksonomicznych i behawioralnych a nawet fizjologicznych, powiązanych z gatunkami analizowanych hydrobiontów. Z uważnej lektury załączników i „streszczenia” wynika, że doktorantka nie uwzględniła jednak w algorytmach modeli, wielu istotnych cech z biologii i behawioru widłonogów, choćby to, że badane skorupiaki należą do hydrobiontów silnie zróżnicowanych pod względem tolerancji termicznej (ciepło i zimnolubne) jak również halotolerancji. Przecież te cechy osobnicze determinują potencjał biotyczny i zagęszczenie każdego z gatunków, które z natury rzeczy są zmienne w słonawych i klimatycznie zróżnicowanych wodach Bałtyku.

Kolejnym problemem autekologicznym, przy ocenie dynamiki populacji i ich struktur, a zwłaszcza tempa rozwoju osobniczego, jest nie tylko dostępność i obfitość pokarmu, ale sposób jego absorbowania, która cechuje heterogeniczność troficzną widłonogów. Rodzaj *Acartia* i każdy z jego 76 gatunków żyjących we wszechoceanie, może być „mięsożerny”, „roślinozerny”, albo wszystkożerny, a nawet w specyficznych warunkach skorupiaki te mogą być planktivorami. Sytuację komplikuje jeszcze wybiórczość pokarmowa każdego gatunku i preferencje sezonowe. Ta różnorodność troficzna powoduje, że gatunki rzędu Calanoida, filtrując wodę morską w swoim aparacie gębowym zatrzymują, a później zjadają nie tylko naupliusy innych widłonogów, ale

orzęski, wiciowce, fitoplankton, bakterioplankton, mikroglony a nawet drobne okrzemki. Na tym tle, pomijając cechy gatunkowe przy obliczeniach numerycznych (z różnych powodów), i nie uwzględniając powyższej właściwości całej podgromady Copepoda, świadomie dopuszczamy do analizy pozbawione istotnych cech dane wejściowe, dlatego trudno oczekiwać obiektywnych i elastycznych behawioralnie modeli.

W jednym z załączonych artykułów Autorka i Współpracownicy podają wyliczone ilości generacji dla rodzaju *Acartia* czy *Pseudocalanus*. Tymczasem jak wiadomo w badanym akwenu istnieją 4 gatunki *Acartiidae*, i każdy z nich ma inną ilość generacji w ciągu roku, nie mówiąc o sezonach (zimnych, ciepłych). Ta sama uwaga dotyczy dwóch gatunków należących do rodzaju *Pseudocalanus*. Problem uśredniania wyników badań podstawowych staje się istotny przy ograniczaniu się jedynie do rodzaju, (w tym wypadku rodzaju *Acartia*) gdy tak naprawdę wprowadzane dane dotyczą kilku gatunków. Ilość generacji *Acartia bifilosa* przy niezwykle sprzyjających warunkach środowiskowych, w ciągu sezonu letniego, jest wyższa niż u pozostałych 3 gatunków, gdyż samica może emitować jaja do środowiska, nawet co 5 dni!!! Potencjalnie daje to możliwość powstania dla tego gatunku kilkudziesięciu generacji w ciągu roku, gdy tymczasem pozostałe gatunki są w stanie wydać jedynie kilka do kilkunastu. Tego modele w załączonych pracach zupełnie nie wykazały. Dlatego „zaokrąglenie” cech behawioralnych i dynamiki populacji wyliczona w odniesieniu do rodzaju, a nie konkretnego gatunku, moim zdaniem istotnie wypacza końcowe wyniki z modeli, które z tego powodu są mało elastyczne i mało wrażliwie opisujące populacje naturalne.

Należy się liczyć z tym, że wprowadzając dane pod nazwą rodzajową *Acartia*, zupełnie zatracamy charakter i cechy biologiczne każdego z gatunków: *Acartia bifilosa*, *Acartia tonsa*, *Acartia longiremis* i *Acartia clausi*. Wiadomo, że te gatunki różnią się wyraźnie między sobą tolerancją termiczną, zasoleniową i troficzną. Pomijanie rozróżniania gatunków w badaniach modelowych, prowadzi do niepoprawnych konkluzji dotyczących choćby ilości generacji w ciągu roku czy sezonu, co istotnie rzutuje na ocenę produkcji wtórnej. Dalszą konsekwencją takiego postępowania, na przykładzie rodzaju *Acartia* jest, że modele z tego powodu stają się obarczone błędem niższej precyzyjności (sensitivity), wynikającej z pominięcia zróżnicowania behawioralnej tolerancji termicznej i zasoleniowej osobników należących do różnych gatunków. Można wprawdzie usprawiedliwiać takie działania tym, że *Acartia bifilosa*, która jako gatunek kosmopolityczny, o wysokiej zdolności adaptacyjnej i elastyczności, dominujący w Bałtyku, w bardzo dużym uproszczeniu może być potraktowany, jako reprezentatywny dla rodzaju *Acartia*. Nie to jest celem badań jakościowych.

Z taką i podobną argumentacją spotkałem się przed laty w pracach WG 28 BMB pod kierunkiem L. Hernrotha, nad standardami wagowymi i obliczaniem nomogramów dla widłonogów bałtyckich w tym dla rodzaju *Acartia*. W związku z tym uważam, że stosowanie „uśredniania” i „unifikacji” wobec pozostałych gatunków o innej tolerancji behawioralnej, i traktowanie rodzaju, jako „populacji”, oznacza, że przeprowadzono „bardzo uproszczoną i powierzchowną” analizę prób biosestonu morskiego. Używając slangu studenckiego: „analizę wykonano na skróty”, co w efekcie nasuwa posądzenie o niesumienność naukową. To zrozumiałe, że badania podsta-

wowe, a zwłaszcza oznaczenia jakościowe wymagają czasu i dużego nakładu pracy, stąd jestem zdania, że ta moda na „skrót” celem przyspieszenia opracowań jakościowych i ilościowych, niweczy trud i rzetelność pracy planktonologów. Można by dojść do absurdu w upraszczaniu badań jakościowych mezozooplanktonu Bałtyku i zamiast dla gatunków, czy ostatecznie rodzajów, zbudować zoptymalizowany model dla sumy wszystkich gatunków rodzajów Calanoida i Cyclopoida, a może nawet i całego podrzędu Copepoda!!! Byłoby szybciej i prościej. Ale czy o to w badaniach naukowych chodzi?

Reasumując powyższe jestem zdania, że przy zbyt holistycznym podejściu do badań tych niedużych skorupiaków, pisane algorytmy są ciągle jeszcze za mocno upraszczane, a powinny przeciwnie - uwzględniać jak największą pulę cech biologicznych i behawioralnych tych zwierząt. Determinuje je przecież naturalna bioróżnorodność widłonogów. Uproszczone symulacje i obliczenia numeryczne mogą w efekcie nietrafnie oceniać opór środowiska dla Copepoda i innych hydrobiontów. Postulat? Trzeba dążyć do opracowania szczegółowych modeli dla gatunków (oczywiście, że to wymaga żmudnej pracy taksonomów), ale obiektywizuje wyniki przy zastosowaniu dobrze skonfigurowanego narzędzia statystycznego. W rezultacie efekt końcowy może zaskakiwać.

Mimo tych moich zastrzeżeń i uwag o charakterze ogólnym, bardzo ważnym rezultatem badań doktorantki i zespołu Współautorów było stworzenie modeli numerycznych w oparciu o wyniki parametrów badań abiotycznych i biotycznych dla 2 rodzajów i jednego gatunku Bałtyckich Calanoida. Modele te (mimo pewnych niedoskonałości, co z łatwością można skorygować) już teraz pozwalają na ocenę dynamiki tych populacji (a zwłaszcza ocenę rozrodczości, śmiertelności, tempa rozwoju, produktywności etc.) na najbliższe kilkadziesiąt lat, a także na ocenę tego, co wydarzyło się przed kilkadziesiąt laty i było powodem obecnego stanu biosystemu Bałtyku w tym populacji ryb i pozostałych hydrobiontów.

### **3. Poprawność redakcyjna rozprawy**

Trudno tu osądzić układ pracy, czy jasność stylu, lub szatę graficzną, kiedy oceniany jest dorobek, a nie klasyczna praca doktorska. Załączone streszczenie, z którym zapoznałem się szczegółowo, ma z konieczności skrótową formę i właściwie odsyła swoich czytelników do załączonych, oryginalnych prac zespołowych, gdzie znajdują się wystarczająco wyczerpujące opisy metody, materiałów, tabele, wykresy i właściwie dobrana literatura. Samo streszczenie jest prawidłowe, choć moim zdaniem ze zbyt małą wyrazistością formułuje tezę (zamieniając ją w cel?), choć później w syntetycznej analizie załączonych artykułów wspólnych, Autorka wyciąga dość istotne wyniki i wnioski opisowe. Mimo tych mankamentów, efekt naukowy rozprawy opartej na publikowanym dorobku kandydatki na doktora, jest bardzo pozytywny.

### **4. Uwagi krytyczne**


Oprócz wymienionych w punkcie 2 moich uwag, w formie sugestii, do których jak liczę, doktorantka ustosunkuje się podczas obrony, mam ponadto kilka uwag merytorycznych. Nie miałem możliwości zapoznać się z CV doktorantki (brak takiego

złącznika), i nie wiem, jaki typ wykształcenia reprezentuje – humanistyczny, biologiczny czy techniczno-matematyczny. Poszukiwałem tych informacji, ponieważ napotkałem w załączonym streszczeniu, a nawet w artykułach, problem z niemal nagminnym, rażącym myleniem pojęć: liczebność zamiast zagęszczenie (przecież planktersów nikt w Bałtyku nie policzył – zadanie nie wykonalne) oraz stosowanie pojęcia populacja, kiedy należało użyć pojęcia generacja w rozumieniu „pokolenie”. W statystyce pojęcie populacja ma nieco inne znaczenie niż w biologii, stąd moje presumpcje o kierunku wykształcenia uniwersyteckiego doktorantki. Biolog, a zwłaszcza ekolog różni bez żadnych wątpliwości pojęcia generacja i populacja, nie czyniąc z tych pojęć synonimów. Należałoby w przyszłych publikacjach, uporządkować stosowanie i użytkowanie w sposób właściwy, podstawowych pojęć synekologicznych.

5. **Ocena końcowa:**

Podjęcie żmudnego i drobiazgowego zadania stworzenia modelu matematycznego dla dominujących w Bałtyku skorupiaków mezozooplanktonowych, na tle warunków środowiskowych, przy użyciu metod statystycznych udowodniło, że podstawowe badania hydrobiologiczne, hydrochemiczne i hydrologiczne, wykonane osobno, a później opracowane matematycznie, mają sens. Modelowanie i obliczenia numeryczne nabierają dziś szczególnego znaczenia przy decyzjach gospodarczych chociażby o wielkości limitów połowowych stad ryb i tzw. managementie środowiskowym w Bałtyku. Nadto efektem tej pracy doktorskiej było udowodnienie, że możliwe jest stworzenie skutecznego narzędzia do prognozowania i wyjaśniania skutków zmian naturalnych i antropopresji zachodzących w ekosystemie Bałtyku. Z tego powodu bardzo wysoko sobie cenię recenzowany doktorat. Jako planktonolog liczę w przyszłości na modele dla wioślarek (rodzaje Podon, Bosmina czy nawet Leptodora, a w estuariach Daphnia), bardzo istotnego, dominującego w biomasy i produkcji wtórnej, składnika mezozooplanktonu, a także liczę na modele dla innych elementów zoocenozy Bałtyku (bentosu, nektonu etc.).

Ja, niżej podpisany stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pani Maji Musialik-Koszarowskiej pt. **„Dynamika zmian rozwoju wybranych gatunków Copepoda z Południowego Bałtyku”** spełnia warunki określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 poz. 595 z późn. zmianami) i wnioskuje do Rady Instytutu Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego o dopuszczenie Pani Maji Musialik-Koszarowskiej, do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

  
.....  
emerytowany prof.zw. dr hab. Juliusz C. Chojnacki  
(oceanolog, ekolog morza)