

## AUTOREFERAT W JĘZYKU POLSKIM

### 1. Imię i Nazwisko

**Agata Weydmann**

### 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:

2004 – **magister Oceanografii** w zakresie Biologii Morza; Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego.

2005 – **magister Biotechnologii**; Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Akademii Medycznej w Gdańsku.

2010 – **doktor nauk o Ziemi** w zakresie Oceanologii; Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie i University Centre in Svalbard (Norwegia); Rozprawa doktorska pt. *Diversity of the copepods of Svalbard fjords as a response to environmental factors*, opiekunowie naukowci: prof. dr hab. Jan Marcin Węsławski oraz prof. Jørgen Berge.

### 3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

01.02.2008 – 31.07.2010: **oceanograf**; Instytut Oceanologii PAN w Sopocie (IO PAN), Zakład Ekologii Morza; w ramach projektów: *Climate effects on planktonic food quality and trophic transfer in Arctic Marginal Ice Zones* (Norwegian Research Council project no. 178766/S30) i *Arctic Tipping Points* (7. Program Ramowy EU, no. FP7- 226248).

01.08.2010 – 31.01.2012: **adiunkt**; IO PAN, Zakład Ekologii Morza; w ramach projektu: *Arctic Tipping Points* (ATP; 7. Program Ramowy EU, no. FP7- 226248).

05.03.2012 – 10.09.2012: **oceanograf**; IO PAN, Zakład Ekologii Morza (0,5 etatu).

12.09.2012 – 31.07.2015: **adiunkt**; IO PAN, Zakład Ekologii Morza (cały etat, od 11.2014 – 0,5 etatu); kierownik projektu OPUS *Struktura przestrzenno-czasowa populacji kluczowych widłonogów arktycznych w okresie ekstremalnych zmian środowiskowych* (Narodowe Centrum Nauki, nr 2011/03/B/NZ8/02876).

01.05.2011 – 31.10.2011 i 01.02.2012 – 30.06.2014: **dydaktyk**; Instytut Geofizyki PAN w Warszawie (do 31.08.2013 – 0,75 etatu, później – 0,5 etatu); w ramach projektu *Podnoszenie kompetencji uczniowskich w dziedzinie nauk matematyczno-przyrodniczych i technicznych z wykorzystaniem innowacyjnych metod i technologii – EDUSCIENCE* (UDA-POKL.03.03.04-00-118/10-00).

14.10.2014 – obecnie: **adiunkt**; Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański (UG), Zakład Badań Planktonu Morskiego.

**4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki:**

**a) tytuł osiągnięcia naukowego**

***Wpływ ocieplenia klimatu na rozmieszczenie i różnorodność kluczowych gatunków zooplanktonu w Arktyce Europejskiej***

Osiągnięcie naukowe stanowi jednotematyczny cykl 6 publikacji.

**b) autorzy, tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa**

Lp.	Publikacja	Punkty MNiSW 2016	Impact Factor (IF) *
1.	<b>Weydmann A.</b> , Carstensen J., Goszczko I., Dmoch K., Olszewska A., Kwaśniewski S. (2014) Shift towards the dominance of boreal species in the Arctic: inter-annual and spatial zooplankton variability in the West Spitsbergen Current. <b><i>Marine Ecology Progress Series</i></b> 501: 41–52. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu manuskryptu, częściowym udziale w poborze prób, przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy szacuję na 75%.</i>	35	2,619
2.	<b>Weydmann A.</b> , Walczowski W., Carstensen J., Kwaśniewski S. (2017a) Warming of Subarctic waters accelerates development of a key marine zooplankton <i>Calanus finmarchicus</i> . <b><i>Global Change Biology</i></b> . DOI: 10.1111/gcb.13864 <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu manuskryptu, częściowym udziale w poborze prób, przeprowadzeniu analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rysunków oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy szacuję na 80%.</i>	45	8,502
3.	<b>Weydmann A.</b> , Zwolicki A., Muś K., Kwaśniewski S. (2015) The effect of temperature on egg development rate and hatching success in <i>Calanus glacialis</i> and <i>C. finmarchicus</i> . <b><i>Polar Research</i></b> 34, 23947, <a href="http://dx.doi.org/10.3402/polar.v34.23947">http://dx.doi.org/10.3402/polar.v34.23947</a> <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu i zorganizowaniu badań (kierownik jednej z dwóch wypraw), pracach terenowych, przeprowadzeniu eksperymentów, przeprowadzeniu części analiz statystycznych, przeglądzie i wyborze literatury, interpretacji wyników badań, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rycin oraz końcowej edycji tekstu. Mój udział procentowy szacuję na 75%.</i>	25	1,728

4.	Aarbakke O.N.S., Fevolden S.V., <b>Weydmann A.</b> (2017) Relative summer abundances and distribution of <i>Pseudocalanus</i> spp. (Copepoda: Calanoida) adults in relation to environmental variables in the Nordic Seas and Svalbard fjords. <b><i>Polar Biology</i></b> , 40: 51-59. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu badań, udziale w poborze prób, przygotowaniu materiału do analiz genetycznych (oznaczenia taksonomiczne i wybranie osobników z rodzaju Pseudocalanus z próbek zooplanktonu), przeprowadzeniu analiz statystycznych, interpretacji wyników badań, poprawkach manuskryptu po recenzjach wraz z przygotowaniem rycin oraz końcowej edycji tekstu.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 50%.</i>	30	1,949
5.	<b>Weydmann A.</b> , Przyłucka A., Lubośny M., Walczyńska K., Serrão E.A., Pearson G.A., Burzyński A. (2017b) Postglacial expansion of the Arctic keystone copepod <i>Calanus glacialis</i> . <b><i>Marine Biodiversity</i></b> DOI: 10.1007/s12526-017-0774-4 <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu badań i zapewnieniu na nie funduszy (kierownik projektu), udziale w pracach terenowych, oznaczeniach taksonomicznych, interpretacji wyników, wyborze literatury, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rycin oraz końcowej edycji tekstu.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 60%.</i>	30	1,646
6.	<b>Weydmann A.</b> , Coelho N.C., Serrão E.A., Burzyński A., Pearson G.A. (2016) Pan-Arctic population of the keystone copepod <i>Calanus glacialis</i> . <b><i>Polar Biology</i></b> , 39: 2311–2318. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu badań i zapewnieniu na nie funduszy (kierownik projektu), udziale w pracach terenowych i laboratoryjnych, oznaczeniach taksonomicznych, interpretacji wyników, wyborze literatury, napisaniu manuskryptu wraz z przygotowaniem rycin oraz końcowej edycji tekstu.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 75%.</i>	30	1,949
<b>Suma</b>		<b>195</b>	<b>18,393</b>

\*W roku wydania publikacji (lub w 2016 dla publikacji z roku 2017)

**c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

Tempo ocieplania się Arktyki jest około trzy razy szybsze niż globalne tempo ocieplenia, a wszystkie dostępne modele klimatyczne przewidują kontynuację tego trendu, sugerując, że w ciągu najbliższych dwóch dekad, lub nawet szybciej, Ocean Arktyczny będzie w większości obszaru wolny od lodu pod koniec lata i pokryty głównie jednorocznym lodem w zimie (IPCC 2014). Zmniejszenie ilości lodu morskiego oznacza zarówno zmiany cech i procesów fizykochemicznych Oceanu Arktycznego oraz współzależnych części atmosfery i geosfery, jak i utratę środowiska życia dla wielu gatunków związanych z lodem oraz zmiany warunków funkcjonowania zespołów biologicznych. Dodatkowo, w europejskim sektorze

Arktyki, stosunkowo ciepłe wody atlantyckie, których temperatura również wykazuje tendencję wzrostową na przestrzeni ostatnich lat, wraz z Prądem Zachodniospitsbergeńskim penetrują coraz bardziej północne tereny (Walczowski et al. 2012), przyczyniając się do nasilenia obserwowanych zmian w środowisku. Wraz z napływem atlantyckich mas wodnych i wzrostem temperatury wody morskiej, obserwuje się także przesuwanie się na północ skrajnych zasięgów występowania zarówno gatunków arktycznych, jak i atlantyckich, a także napływ nowych gatunków do Arktyki (Berge et al. 2005). Zespół powyżej opisanych procesów nazywany jest niekiedy atlantyfikacją Arktyki (Polyakov et al. 2017).

Masy wodne niesione przez Prąd Zachodniospitsbergeński, który jest kontynuacją Prądu Północnoatlantyckiego, w swej drodze na północ przechodzą transformację i przy zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, największej wyspy archipelagu Svalbard, spotykają zimne, arktyczne wody Prądu Południowego Przylądka, tworząc Front Polarny (Cottier et al. 2005, Walczowski et al. 2012). Z racji swojej lokalizacji oraz zarysowanej powyżej cyrkulacji prądów morskich, Archipelag Svalbard jest więc położony na styku wpływów arktycznych i atlantyckich. Każdy z powyższych prądów transportuje charakterystyczne dla poszczególnych mas wodnych gatunki zooplanktonu, które niesione są również do poszczególnych fiordów, co czyni fiordy Svalbardu, a zwłaszcza zachodniego Spitsbergenu, modelowym i niezwykle interesującym miejscem do badania wpływu zmian klimatu na morski ekosystem Arktyki.

W wysokich szerokościach geograficznych widłonogi są najważniejszą grupą zooplanktonu, jako że arktyczna sieć troficzna opiera się na intensywnym wiosennym zakwicie glonów podlodowych i fitoplanktonu, których widłonogi są głównymi konsumentami, same jednocześnie stanowiąc bazę pokarmową dla niektórych przedstawicieli zooplanktonu oraz planktonożernych ryb i ptaków (Karnovsky et al. 2003, Falk-Petersen et al. 2009). Spośród widłonogów występujących w rejonie Svalbardu za kluczowe dla ekosystemu, ze względu na rolę w sieci troficznej, uważa się dominujące pod względem biomasy gatunki z rodzaju *Calanus* oraz ważny ze względu na liczebność rodzaj *Pseudocalanus* (Conover i Huntley 1991, Weydmann et al. 2013), stąd też na nich skupiono uwagę w omawianych poniżej publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.

Podstawą niniejszej rozprawy habilitacyjnej jest cykl sześciu publikacji w uznanych czasopismach międzynarodowych, które zostały przedstawione w Tabeli w punkcie 4.b). Głównym ich celem było zbadanie wpływu obserwowanych w pierwszej dekadzie XXI wieku zmian klimatu, przejawiających się wzrostem temperatury i zwiększonym napływem

atlantyckich mas wodnych do Arktyki, na rozmieszczenie i różnorodność zooplanktonu w europejskim sektorze Arktyki. Postawiono hipotezę badawczą, że atlantyfikacja, a co za tym idzie – zmiana reżimu mas wodnych w tym rejonie, wpłynie na przebudowę zespołu zooplanktonu w kierunku zwiększonego udziału gatunków borealnych. Natomiast podwyższona temperatura wody wpłynie na przyspieszony rozwój oraz zmianę struktury populacji przedstawicieli tej grupy ekologicznej. Hipotezę zweryfikowano zarówno na podstawie wieloletniej serii czasowej prób zooplanktonu, zebranych z obszaru oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego i fiordów Spitsbergenu, jak i w oparciu o prace eksperymentalne oraz genetyczne, skupiając się przede wszystkim na widłonogach uważanych za kluczowe dla morskiego ekosystemu Arktyki. Przeprowadzone badania miały charakter interdyscyplinarny, łączący ekologię, genetykę oraz wielowymiarowe analizy statystyczne i zostały przeprowadzone w ramach międzynarodowych projektów badawczych: *Arctic Tipping Points* (finansowany w ramach 7. Programu Ramowego EU, którego byłam wykonawcą), oraz *OPUS Struktura przestrzenno-czasowa populacji kluczowych widłonogów arktycznych w okresie ekstremalnych zmian środowiskowych* (finansowany przez Narodowe Centrum Nauki), którego byłam kierownikiem.

Aby zbadać wpływ zmian czynników środowiska na strukturę gatunkową zooplanktonu w rejonie oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego, w pierwszej z przedstawionych jako rozprawa habilitacyjna prac (Weydmann et al. 2014, *Shift towards the dominance of boreal species in the Arctic: inter-annual and spatial zooplankton variability in the West Spitsbergen Current. Marine Ecology Progress Series* 501: 41–52) wykorzystano wieloletni materiał zooplanktonowy zbierany w latach 2001-2009 przez Pracownię Ekologii Planktonu IO PAN, w ramach rejsów statkiem badawczym *r/v Oceania* po Morzach Nordyckich (program AREX - *Arctic Research Expedition*). W pracy tej wykazano, że w latach 2001-2009 struktura zespołu zooplanktonu w rejonie oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego była zależna od położenia geograficznego i specyfiki mas wodnych. Wyodrębniono w niej cztery główne typy zespołów zooplanktonu, związane z rejonem pochodzenia, czyli: 1) wschodnią i 2) zachodnią gałęzią powyższego prądu, 3) Morzem Grenlandzkim wraz z Cieśniną Fram oraz 4) rejonem szelfu zachodniego Spitsbergenu. Wykorzystanie po raz pierwszy w badaniach morza w kanonicznej analizie redundancji (ang. *Redundancy Analysis*, RDA) metody analizy przestrzennej *Principal Coordinates of Neighbour Matrices* (PCNM), a następnie podziału wariacji pomiędzy grupy zmiennych niezależnych, pozwoliło ustalić, że za zmienność zooplanktonu w obszarze badań odpowiadają następujące czynniki środowiskowe:

temperatura, zasolenie, głębokość morza, stopień pokrycia lodem morskim i stężenie chlorofilu *a* w wodzie morskiej oraz przestrzenne zlokalizowanie stacji badawczych. Spośród powyższych, najważniejszym czynnikiem była temperatura wody, wpływająca na skład gatunkowy oraz strukturę populacji poszczególnych gatunków. Na przestrzeni prawie dekady, w czasie której prowadzono badania, zaobserwowano również stopniową inwersję dominacji gatunków o różnym pochodzeniu biogeograficznym. Wyrażała się ona w dominacji taksonów kosmopolitycznych i boreo-arktycznych takich jak *Oithona similis* i *Triconia* sp. w początkowych latach badań, ustępujących na rzecz gatunków północnoatlantyckich, z najliczniejszym *Calanus finmarchicus*, pod koniec omawianego okresu, co miało związek głównie ze wzrostem temperatury wody. Opisane zmiany świadczą o przebudowie składu gatunkowego zespołów zooplanktonu morskiego na obszarze oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego w kierunku zespołów charakterystycznych dla północnego Atlantyku. Kontynuacja obserwowanych zmian w zespołach zooplanktonowych może prowadzić do przebudowy całej sieci troficznej ekosystemu arktycznego (Stempniewicz et al. 2007).

Wpływ czynników środowiskowych, związanych głównie ze wzrostem temperatury mas wodnych, może obejmować nie tylko strukturę gatunkową zespołów zooplanktonu, co wykazano w pierwszej z prezentowanych publikacji, ale także przebudowę struktury demograficznej populacji najliczniejszych gatunków. Weryfikacja tej hipotezy dla kluczowego gatunku widłonoga *Calanus finmarchicus* przedstawiona została w drugiej publikacji (Weydmann et al. 2017a, *Warming of Subarctic waters accelerates development of a key marine zooplankton Calanus finmarchicus*. **Global Change Biology** DOI: 10.1111/gcb.13864). *Calanus finmarchicus*, który pochodzi z Północnego Atlantyku i jest transportowany do Arktyki wraz z Prądem Zachodniospitsbergeńskim, pełni ważną rolę w morskim ekosystemie, stanowiąc istotny składnik pokarmu planktonożernych ptaków i ryb pelagicznych, w tym poławianych komercyjnie makreli i śledzi atlantyckich (Falk-Petersen et al. 2009). Ryby te żerują na bogatych w tłuszcze, starszych stadiach rozwojowych tego widłonoga podczas letnich wędrówek pokarmowych, dopasowując je do cyklu życiowego swej głównej ofiary, w tym rozrodu, który ma miejsce tuż przed lub podczas wiosennego zakwitnięcia fitoplanktonu (Prokopchuk i Sentyabov 2006). Na podstawie danych z lat 2001-2011 stwierdzono, że liczebności poszczególnych stadiów życiowych i stopień rozwoju populacji *C. finmarchicus* różniły się istotnie w zależności od warunków środowiskowych, co było szczególnie widoczne przy porównaniu lat ciepłych (2006, 2007, 2009) i zimnych (2001, 2004 i 2010). W sezonach

ciepłych w lipcu, czyli w czasie lub tuż po zakwicie fitoplanktonu, dominowały starsze stadia rozwojowe, a w zimnych najliczniejsze były stadia młodociane, takie jak pływiki (*nauplii*) oraz pierwsze stadia kopepoditowe. Na podstawie wielowymiarowych analiz statystycznych wykazano, że najważniejszym czynnikiem środowiskowym, wpływającym na obserwowane różnice, była temperatura wody, której wzrost przyspieszał rozwój badanych widłonogów. Co charakterystyczne, populacja *C. finmarchicus* na stacjach, na których temperatura wynosiła powyżej 6°C, już w lipcu była zdominowana przez kopepodity piątego stopnia rozwoju (C5). Taka struktura populacji badanego widłonoga wskazuje na możliwość wystąpienia w południowym rejonie badań dwóch pokoleń *C. finmarchicus* w latach ciepłych, co może wpłynąć na reorganizację struktury sieci troficznej, zwłaszcza szczytowych drapieżników, takich jak planktonożerne ptaki, oraz wymusić dalsze migracje ryb, zwłaszcza śledzia, w kierunku północnym. Uzyskane wyniki sugerują, że przedstawiony scenariusz będzie się nasilał wraz z postępującymi zmianami klimatycznymi w rejonie Arktyki Europejskiej.

W celu zweryfikowania, czy sugerowany wpływ wzrostu temperatury na przebudowę struktury populacji najważniejszych widłonogów ma miejsce już na wczesnym etapie rozwoju osobniczego, przeprowadzono serię eksperymentów, których wyniki przedstawiono w trzeciej publikacji (**Weydmann et al. 2015**, *The effect of temperature on egg development rate and hatching success in Calanus glacialis and C. finmarchicus*. **Polar Research** 34, 23947). Opiera się ona na danych eksperymentalnych nad wpływem temperatury wody na rozwój jaj, liczebność nowej generacji i tym samym sukces reprodukcyjny kluczowych dla ekosystemu gatunków: arktycznego *Calanus glacialis* i borealnego *C. finmarchicus*. Przeprowadzono dwie serie doświadczeń obejmujących inkubację jaj obu wymienionych gatunków widłonogów w następujących temperaturach: 0; 2,5; 5; 7,5 i 10°C, dla których notowano czas wyklucia się nauplii. Wyniki przeanalizowano za pomocą statystyk Bayesowskich, sprawdzając dopasowanie eksperymentalnie uzyskanych danych do poszczególnych parametrów funkcji temperatury, zaproponowanej przez wcześniejszych badaczy (Bělehrádek 1935) i wciąż powszechnie stosowanej. Uzyskane wyniki potwierdziły przyspieszenie rozwoju jaj widłonogów w wyższych temperaturach, jednakże nie wykazano istotnego wpływu wzrostu temperatury na liczbę pływików (*nauplii*) wyklutych z jaj. Graniczną wartością temperatury, powyżej której rozwój jaj atlantyckiego *C. finmarchicus* następował znacząco szybciej niż arktycznego *C. glacialis*, było ok. 2°C. Ponieważ jaja atlantyckiego widłonoga w wyższej temperaturze rozwijają się szybciej niż jaja gatunku arktycznego, możliwe jest, że pierwszy z nich odniesie większy sukces rozrodczy w sytuacjach, gdy ważny jest termin wystąpienia

takiego zjawiska, jak np. zakwit fitoplanktonu, który wraz ze zmniejszaniem zasięgu pokrywy lodowej w Arktyce będzie następował wcześniej (Wassmann i Reigstad 2011).

Ze względu na różne preferencje siedliskowe poszczególnych gatunków widłonogów z rodzaju *Pseudocalanus* mogą one być indykatorami mas wodnych i zmian zachodzących w środowisku, stąd w ramach czwartej pracy (Aarbakke et al. 2017, *Relative summer abundances and distribution of Pseudocalanus spp. (Copepoda: Calanoida) adults in relation to environmental variables in the Nordic Seas and Svalbard fjords. Polar Biology* 40: 51-59) zbadany został wpływ właściwości mas wodnych, takich jak temperatura i zasolenie, na rozmieszczenie dorosłych widłonogów z tego rodzaju w Morzu Norweskim i fiordach zachodniego Spitsbergenu w latach 2003-2009. W powyższym rejonie występują co najmniej cztery gatunki *Pseudocalanus*: borealny *P. acuspes*, borealno-arktyczny *P. minutus*, współwystępujący z poprzednimi gatunkami w rejonie fiordów Svalbardu i północnej Norwegii *P. moultoni* oraz pochodzący ze strefy umiarkowanej, najbardziej ciepłolubny z nich *P. elongatus* (Aarbakke et al. 2014). Ze względu na wysokie liczebności stanowią one ważne źródło pokarmu dla konsumentów II rzędu, zwłaszcza ryb. Ponieważ poszczególne gatunki z rodzaju *Pseudocalanus* są trudne do oznaczenia, tradycyjne metody taksonomiczne oparte o cechy morfologiczne zostały w niniejszej publikacji poparte metodami molekularnymi. Na podstawie analizy redundancji RDA wykazano, że preferencje siedliskowe przedstawicieli rodzaju *Pseudocalanus* różnią się zasadniczo. Spośród trzech gatunków oceanicznych, *P. moultoni* jest najbardziej eurytermiczny i ma najszerszy zakres występowania, *P. elongatus* i *P. minutus* wykazują podobne preferencje i związane są z wyższymi temperaturami, podczas gdy szelfowy *P. acuspes* wyraźnie preferował zimniejsze i mniej zasolone masy wodne pochodzenia arktycznego. Przedstawione wyniki sugerują, że związany ze zmianą klimatu wzrost temperatury wody może znacząco wpłynąć na liczebność i rozmieszczenie zwłaszcza dwóch z wymienionych gatunków. *P. elongatus* może przesunąć swój zasięg występowania na północ, natomiast liczebność populacji *P. acuspes* w badanym obszarze może zmaleć.

Na podstawie wyników uzyskanych we wcześniejszych pracach, sugerujących silny wpływ ocieplenia na kluczowe gatunki zooplanktonu w Arktyce Europejskiej, w publikacji piątej (Weydmann et al. 2017b, *Postglacial expansion of the Arctic keystone copepod Calanus glacialis. Marine Biodiversity DOI: 10.1007/s12526-017-0774-4*) i szóstej (Weydmann et al. 2016, *Pan-Arctic population of the keystone copepod Calanus glacialis. Polar Biology*, 39: 2311–2318) podjęto próbę oszacowania różnorodności genetycznej typowo arktycznego widłonoga *Calanus glacialis*, zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Cykl życiowy tego gatunku



jest związany z lodem morskim, którego ubytek obserwuje się w ostatnich latach. Może być także wypierany przez bliźniaczy *C. finmarchicus* (Carstensen et al. 2012), co łącznie wskazuje na potencjalną możliwość zmiany jego liczebności i znaczenia dla ekosystemu wraz z postępującą atlantyfikacją Arktyki. W pierwszej z omawianych prac piątej (**Weydmann et al. 2017b**, *Postglacial expansion of the Arctic keystone copepod Calanus glacialis*. **Marine Biodiversity** DOI: 10.1007/s12526-017-0774-4), na podstawie mitochondrialnego markera opartego o fragment genu kodującego podjednostkę dehydrogenazy NADH (*ND5*), wykazano brak zmian w strukturze populacji tego gatunku, zarówno w czasie (lata 2003-2012), jak i pomiędzy fiordami zachodniego Spitsbergenu (Hornsund i Kongsfjorden), uważanymi za odmienne pod względem reżimu hydrologicznego. Jednocześnie, udało się wykazać znaczny wzrost liczebności tego gatunku około 10 000 lat temu, co wskazuje na jego gwałtowną ekspansję po ostatnim zlodowaceniu.

Natomiast w ostatniej z prac wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej (**Weydmann et al. 2016**, *Pan-Arctic population of the keystone copepod Calanus glacialis*. **Polar Biology**, 39: 2311–2318), głównie w oparciu o polimorficzne markery bazujące na mikrosatelitarnym DNA, zaprojektowane specjalnie dla projektu *Struktura przestrzenno-czasowa populacji kluczowych widłonogów arktycznych w okresie ekstremalnych zmian środowiskowych*, którego byłam kierownikiem (Weydmann et al. 2014), wykazano brak istotnych różnic pomiędzy populacjami *C. glacialis* pochodzącymi z oddalonych geograficznie i różnych pod względem reżimu hydrologicznego miejsc: fiordów Svalbardu (Kongsfjorden, Hornsund, Isfjorden, Rijpfjorden i Storfjorden), Morza Białego oraz Zatoki Amundsena w Morzu Beauforta. Wyniki obu powyższych prac genetycznych wskazują na istnienie w Arktyce dużej, panmiktycznej populacji tego ważnego widłonoga, cechującej się wysokim przepływem genów pomiędzy poszczególnymi regionami, co jednak oznacza stosunkowo niską różnorodność genetyczną, która może potencjalnie skutkować mniejszymi zdolnościami adaptacyjnymi do obserwowanych zmian środowiska.

Jeśli utrzyma się trend zmian związany z podwyższeniem temperatury morza (IPCC 2014) i zintensyfikowanym transportem wód atlantyckich wraz z Prądem Zachodniospitsbergeńskim na północ, przedstawiony również w prezentowanych publikacjach, to nieuniknione będą zmiany w strukturze i funkcjonowaniu zespołów zooplanktonu w obszarze Arktyki Europejskiej. Przedstawione powyżej wyniki interdyscyplinarnych badań, poparte zaawansowanymi, wielowymiarowymi analizami statystycznymi, jednoznacznie

wskazują na temperaturę jako najważniejszy czynnik wpływający na zmienność zooplanktonu i cykle życiowe jego najistotniejszych przedstawicieli. Tym samym można spodziewać się postępujących zmian w rozmieszczeniu kluczowych gatunków, prowadzących do stopniowej przebudowy zespołu zooplanktonu, w którym przewagę będą zdobywać gatunki pochodzące z Północnego Atlantyku. Jednocześnie prawdopodobna jest zmiana w strukturze populacji poszczególnych gatunków spowodowana wcześniejszym przystępowaniem do rozrodu i szybszym rozwojem w wyższych temperaturach, co zostało stwierdzone dla atlantyckiego widłonoga *Calanus finmarchicus*. Obserwowana przebudowa zespołu zooplanktonu jest tym bardziej istotna, że przeprowadzone badania molekularne kluczowego arktycznego przedstawiciela zooplanktonu, *Calanus glacialis*, wskazują na niską różnorodność i wysoki przepływ genów pomiędzy osobnikami pochodzącymi z różnych rejonów w Arktyce. Może to oznaczać jego potencjalnie mniejsze zdolności adaptacyjne do zmieniających się warunków środowiska spowodowanych ociepleniem klimatu.

Podsumowując badania przedstawione w niniejszej rozprawie habilitacyjnej można stwierdzić, że spośród przedstawicieli zooplanktonu, poprzez rozszerzenie zasięgów występowania na północ, możliwość wcześniejszego przystąpienia do rozrodu i szybszy rozwój, na atlantyfikacji Arktyki Europejskiej prawdopodobnie skorzystają najbardziej gatunki borealne. Spośród nich za najważniejsze ze względu na biomasę i liczebność, a co za tym idzie – rolę w sieci troficznej, należy uznać widłonogi *Calanus finmarchicus* i *Pseudocalanus elongatus*. Konsekwentnie, negatywne skutki ocieplenia w tym rejonie będą widoczne dla typowych przedstawicieli szelfowego zooplanktonu arktycznego jak *Calanus glacialis* i *Pseudocalanus acuspes*, co może skutkować redukcją ich populacji w przyszłości.

Postępujące zmiany w rozmieszczeniu i strukturze wiekowej kluczowych przedstawicieli zooplanktonu w Arktyce Europejskiej mogą prowadzić do zmiany proporcji udziału głównych roślinożerców w sieci troficznej, z dominacji dużych i bogatych w tłuszcz gatunków arktycznych na korzyść borealnych, pochodzących z Północnego Atlantyku, zazwyczaj mniejszych niż ich arktyczne gatunki siostrzane (Węśławski et al. 2009). To może oznaczać, że produkcja pierwotna będzie zużyta głównie przez mniejszych, szybciej rozwijających się konsumentów, o mniejszej zawartości tłuszczu. Będzie to miało ogromny wpływ na populacje drapieżników, bezpośrednio lub pośrednio bazujących na zooplanktonie, w szczególności na planktonożerne ptaki i ryby pelagiczne. Zmiany te oznaczają przebudowę zarówno morskich, jak i lądowych ekosystemów Arktyki następujących pod wpływem już obserwowanych i przewidywanych w przyszłości zmian klimatu.

### Literatura

- Aarbakke O.N.S., Bucklin A., Halsband C., Norrbin F. (2014) Comparative phylogeography and demographic history of five sibling species of *Pseudocalanus* (Copepoda: Calanoida) in the North Atlantic Ocean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 461: 479-488.
- Bělehrádek J. (1935) Temperature and living matter. Vol. 8 (Protoplasma-Monographien) Berlin: Borntraeger.
- Berge J., Johnsen G., Nilssen F., et al. (2005) Ocean temperature oscillations enforce the reappearance of *Mytilus edulis* in Svalbard after 1000 years of absence. *Marine Ecology Progress Series* 303: 167-175.
- Carstensen J., Weydmann A., Olszewska A., Kwaśniewski S. (2012) Effects of environmental conditions on the biomass of *Calanus* spp. in the Nordic Seas. *Journal of Plankton Research* 34: 951-966.
- Conover R.J., Huntley M. (1991) Copepods in ice covered seas – Distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. *Journal of Marine Systems* 2: 1-41.
- Cottier F.R., Tverberg V., Inall M.E., et al. (2005) Water mass modification in an Arctic fjord through cross-shelf exchange: the seasonal hydrography of Kongsfjord, Svalbard. *Journal of Geophysical Research* 110; doi:10.1029/2004JC002757.
- Falk-Petersen S., Mayzaud P., Kattner G., Sargent J.R. (2009) Lipids and life strategy of Arctic *Calanus*. *Marine Biology Research* 5: 18-39.
- IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Karnovsky N.J., Węśławski J. M., Kwaśniewski S., et al. (2003) Foraging behavior of little auks in heterogeneous environment. *Marine Ecology Progress Series* 253: 289-303.
- Polyakov I.V., Pnyushkov A.V., Alkire M.B., et al. (2017) Greater role for Atlantic inflows on sea-ice loss in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean. *Science* 10.1126/science.aai8204.
- Prokopchuk I., Sentyabov E. (2006) Diets of herring, mackerel, and blue whiting in the Norwegian Sea in relation to *Calanus finmarchicus* distribution and temperature conditions. *ICES Journal of Marine Science* 63: 117-127.
- Stempniewicz L., Błachowiak-Samołyk K., Węśławski J.M. (2007) Impact of climate change on zooplankton communities, seabird populations and arctic terrestrial ecosystem – A scenario. *Deep-Sea Research II* 54: 2934-2945.
- Walczowski W., Piechura J., Goszczko I., Wieczorek P. (2012) Changes of the Atlantic Water properties: an important factor of the European Arctic marine climate. *ICES Journal of Marine Science* 69: 864-869.
- Wassmann P., Reigstad M. (2011) Future Arctic Ocean seasonal ice zones and implications for pelagic-benthic coupling. *Oceanography* 24: 220-231.
- Weydmann A., Søreide J.E., Kwaśniewski S., et al. (2013) Ice-related seasonality in zooplankton community composition in a high Arctic fjord. *Journal of Plankton Research* 35: 831-842.
- Weydmann A., Coelho N.C., Ramos A.A., et al. (2014) Microsatellite markers for the Arctic copepod *Calanus glacialis* and cross-amplification with *C. finmarchicus*. *Conservation Genetic Resources* 6: 1003-1005.
- Węśławski J.M., Kwaśniewski S., Stempniewicz L. (2009) Warming in the Arctic may result in the negative effects of increased biodiversity. *Polarforschung* 78: 105-108.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

### *Osiągnięcia naukowe*

Będąc w klasie maturalnej, wzięłam udział w telewizyjnym programie *Jeśli nie Oksford, to co?*, dzięki któremu wygrałam indeks na Oceanografię na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii UG. Po drugim roku studiów rozpoczęłam równoległe studia na Międzyuczelnianym Wydziale Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Akademii Medycznej w Gdańsku. Jeszcze w czasie studiów zaczęłam interesować się rejonami polarnymi, co zaowocowało współpracą z Zakładem Ekologii Morza IO PAN oraz moją pierwszą wyprawą na Spitsbergen w 2003 roku, w ramach rejsu badawczego na pokładzie statku r/v *Oceania*, należącego do Instytutu.

W czasie realizacji prac magisterskich z oceanografii i biotechnologii chciałam połączyć wiedzę zdobytą na tych kierunkach studiów z fascynacją Arktyką, co udało się dzięki projektowi badawczemu poświęconemu identyfikacji zooplanktonowych gatunków widłonogów należących do rodzaju *Calanus*. W pierwszej pracy magisterskiej, której tytuł brzmi: *Badania morfologiczne – populacyjne gatunków z rodzaju Calanus w środowisku na styku morskich stref klimatycznych, fiord Hornsund (Spitsbergen)*, obronionej w 2004 roku na kierunku Oceanografia, wykorzystałam statystyczne metody dyskryminacji kohort, dla pomiarów długości prosomy powyższych skorupiaków. Promotorem pracy był prof. dr hab. Jan Marcin Węśławski z IO PAN. Natomiast, w ramach drugiej pracy magisterskiej, zatytułowanej *Zastosowanie markerów molekularnych do oznaczania widłonogów z rodzaju Calanus z obszarów Subarktyki i Arktyki europejskiej*, którą obroniłam rok później na kierunku Biotechnologia, pod opieką dr. Krzysztofa Walerona, opracowałam klucz molekularny do oznaczania tych widłonogów, oparty na analizie restrykcyjnej fragmentów genów jądrowych. Takie dwutorowe podejście do identyfikacji zooplanktonu zostało docenione na Sympozjum Młodych Oceanografów w 2005 roku, na którym wyróżniono moją prezentację pt. *Identyfikacja gatunków arktycznych widłonogów należących do rodzaju Calanus – 2 różne podejścia*. Od początku studiów moje zainteresowania badawcze obejmują zarówno wielowymiarowe analizy statystyczne, jak i wykorzystanie metod genetycznych w ekologii morza.

Po zakończeniu studiów magisterskich na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii, w 2004 roku rozpoczęłam studia doktoranckie w ramach Studium Doktoranckiego przy IO PAN, pod opieką prof. dr. hab. Jana Marcina Węśławskiego. W kolejnym roku wygrałam konkurs organizowany przez sieć *The European Marine Stations Network (MARS)*: Travel

Award for Young Scientists, za projekt *Does genetic diversity of Arctic fauna depend on the life strategy?*, a w ramach nagrody uzyskałam finansowanie stażu badawczego w Centre d'Océanologie de Marseille (Francja) w październiku i listopadzie 2005 roku. Owoce mojego pobytu w Marsylii jest współautorstwo publikacji w *Polar Biology* (Ledoux et al. 2012), o strukturze genetycznej jeżowca *Abatus cordatus*.

W 2006 roku rozpoczęłam współpracę z prof. Jørgenem Berge oraz zespołem z University Centre in Svalbard (UNIS, Norwegia), zostałam także przyjęta na UNIS jako tzw. *guest PhD student*, z prof. Jørgenem Berge jako drugim promotorem. Powyższa współpraca zaważyła na mojej dalszej drodze naukowej: w 2007 roku wzięłam udział w wiosennej wyprawie do Rjipfjordu (Ziemia Północno-Wschodnia), organizowanej przez UNIS, a w 2008 zostałam na rok zatrudniona jako wykonawca w norweskim projekcie *Climate effects on planktonic food quality and trophic transfer in Arctic Marginal Ice Zones (CLEOPATRA)*, finansowanym przez Norwegian Research Council, realizowanym w IO PAN oraz na UNIS. W ramach powyższej współpracy powstała m.in. publikacja w cenionym czasopiśmie *Journal of Plankton Research* (Weydmann et al. 2013) oraz liczne wystąpienia konferencyjne.

Na badania związane z realizacją rozprawy doktorskiej w 2008 roku w Komitecie Badań Naukowych zdobyłam grant promotorski pt.: *Różnorodność genetyczna zooplanktonowych widłonogów z fiordów Svalbardu* (kierownik: prof. dr hab. Jan Marcin Węśławski), który był realizowany w IO PAN, a jego głównym celem było oszacowanie zróżnicowania genetycznego populacji najważniejszych gatunków zooplanktonowych widłonogów występujących we fiordach Svalbardu oraz wpływu czynników środowiskowych na nie. W czerwcu 2010 roku obroniłam rozprawę doktorską p.t.: *Diversity of the copepods of Svalbard fjords as a response to environmental factors*, wykonywaną przy współpracy z UNIS, której promotorami byli prof. dr hab. Jan Marcin Węśławski oraz prof. Jørgen Berge.

W styczniu 2009 roku zostałam zatrudniona na 3 lata jako wykonawca, najpierw na stanowisku oceanografa, a potem adiunkta, w dużym, międzynarodowym projekcie *Arctic Tipping Points*, finansowanym w ramach 7. Programu Ramowego EU, jako tzw. *Large-Scale Integrating Project*, który był kierowany przez prof. Paula Wassmanna z Uniwersytetu w Trømso (Norwegia). Zespół z IO PAN, w którego składzie się znalazłam, kierowany przez dr. Sławomira Kwaśniewskiego, był zaangażowany w dwa pakiety robocze: Work Package (WP) 3 i 4. Udział w WP3: *Extraction of Arctic regime shifts and tipping points from time series records* obejmował współpracę, w ramach zespołu prowadzonego przez prof. Jacoba Carstensa z Aarhus University (Dania), w przygotowaniu dostępnych biologicznych serii

czasowych oraz ich opracowaniu, z wykorzystaniem metod statystyki opisowej i analiz wielowymiarowych dla celów projektu. Wynikiem współpracy w powyższym pakiecie roboczym jest seria publikacji dotyczących zooplanktonu z rejonów oddziaływania Prądu Zachodniospitsbergeńskiego, które ukazały się w prestiżowych czasopismach (Carstensen et al. 2012, *Journal of Plankton Research*; Weydmann et al. 2014, *Marine Ecology Progress Series*; Weydmann et al. 2017a, *Global Change Biology*) oraz liczne wystąpienia na międzynarodowych konferencjach (m.in. *International Council for the Exploration of the Sea Annual Science Conference 2013*, *International Conference On Copepoda 2011*, *Arctic Frontiers 2011*). Dodatkowo, dzięki współpracy z prof. Carstensenem, opublikowany został także artykuł prezentujący statystyczne metody wyznaczania punktów krytycznych i analizę dotychczas opisanych punktów krytycznych w Arktyce (Carstensen i Weydmann 2012, *AMBIO*).

Z kolei w ramach Work Package 4 *Experimental exploration of climatic tipping points for Arctic marine ecosystem components* brałam udział w przeprowadzeniu dwóch serii eksperymentów laboratoryjnych nad wpływem temperatury na rozwój jaj kluczowych przedstawicieli arktycznego zooplanktonu – widłonogów z rodzaju *Calanus*: atlantyckiego *C. finmarchicus* oraz arktycznego *C. glacialis*, czego owocem jest publikacja w *Polar Research* (Weydmann et al. 2015), która wchodzi w skład mojego osiągnięcia habilitacyjnego.

Poza dorobkiem publikacyjnym, dzięki uczestnictwu w projekcie *Arctic Tipping Points* prowadziłam prace planktonowe w dwóch rejsach badawczych na norweskim statku badawczym r/v *Jan Mayen* (obecnie *Helmer Hansen*), które miały miejsce w latach 2009 i 2011. W 2010 r. kierowałam wiosenną wyprawą projektowego zespołu badawczego do Polskiej Stacji Polarnej w Horsundzie. W czasie trwania projektu doskonaliłam także swoje umiejętności dotyczące analiz statystycznych dzięki pracy z zespołem prof. Jacoba Carstensena z Aarhus University i udziałowi w kursach: obsługi programu statystycznego PRIMER (Dania, 2011), analiz wielowymiarowych i obsługi programu CANOCO (Czechy, 2012) oraz, już później, zaawansowanego kursu analiz wielowymiarowych (Czechy, 2014) i programu PERMANOVA (Nowa Zelandia, 2016). Przede wszystkim zaś, w ramach pracy w projekcie *Arctic Tipping Points* zyskałam niepowtarzalną możliwość pracy z najlepszymi europejskimi naukowcami.

Jednym z nich jest profesor Ester A. Serrão z Centre of Marine Sciences (CCMAR), działającego w ramach Uniwersytetu w Algarve (Portugalia), z którą nawiązałam współpracę nad różnymi aspektami genetyki arktycznego widłonoga *Calanus glacialis*. W czasie realizacji projektu *Arctic Tipping Points* wykonana została seria eksperymentów nad wpływem

temperatury na ekspresję genów u tego gatunku, co zaowocowało wspólną publikacją w czasopiśmie *Marine Genomics* (Ramos et al. 2015). Aplikowałam również o dofinansowanie stażu w laboratorium Marine Ecology and Evolution w CCMAR, prowadzonym przez prof. Ester A. Serrão, i dwukrotnie udało mi się uzyskać na te badania środki w ramach stypendium *Association of European Marine Biological Laboratories (ASSEMBLE)*, dzięki czemu pracowałam w zespole profesor Serrão w październiku i listopadzie 2011 r. oraz w styczniu i lutym 2013 r.

Wstępne wyniki uzyskane podczas tych staży pozwoliły na otrzymanie finansowania wspólnego **projektu OPUS** *Struktura przestrzenno-czasowa populacji kluczowych widłonogów arktycznych w okresie ekstremalnych zmian środowiskowych* w Narodowym Centrum Nauki, którego byłam kierownikiem, a który powstał przy dodatkowym współudziale dr. hab. Artura Burzyńskiego z Zakładu Genetyki i Biotechnologii Morskiej IO PAN. Celem naukowym projektu była ocena wpływu ocieplania się Arktyki na różnorodność genetyczną, strukturę populacji oraz możliwość krzyżowania się zooplanktonowych widłonogów z rodzaju *Calanus*. Następnym krokiem było opublikowanie w *Conservation Genetics Resources* pierwszych dla tego arktycznego widłonoga, populacyjnych markerów genetycznych opartych o mikrosatelitarne DNA (Weydmann et al. 2014). Kolejnym osiągnięciem powyższej współpracy było wykazanie wysokiego przepływu genów pomiędzy osobnikami *Calanus glacialis* z różnych lokalizacji, co sugeruje obecność jednej panmiktycznej populacji tego gatunku w Arktyce i zostało przedstawione w *Polar Biology* (Weydmann et al. 2016), na międzynarodowej konferencji *Polar Marine Science; Gordon Research Conference 2015* oraz w powyższym osiągnięciu habilitacyjnym.

Uzyskana podczas powyższej współpracy kolekcja sekwencji matrycowego RNA zapoczątkowała proces poznania kompletnej sekwencji mitochondrialnego genomu *Calanus glacialis*, jako ósmego widłonoga na świecie, a drugiego – arktycznego. Na ten cel w 2015 roku uzyskałam finansowanie projektu *MITCAL – mitochondrialny genom arktycznego widłonoga Calanus glacialis* w ramach programu pod nazwą „**Iuventus Plus**”, przeznaczonego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego na badania naukowe prowadzone przez wybitnych młodych naukowców. Projekt skończył się w marcu 2017 r. i osiągnięto główny cel naukowy, czyli uzyskano kompletną sekwencję mitogenomu tego kluczowego przedstawiciela arktycznego zooplanktonu. Dodatkowo, udało się opracować prawie kompletną sekwencję genomu mitochondrialnego atlantyckiego *Calanus finmarchicus* i dokonać analizy porównawczej obu siostrzanych gatunków ze sobą oraz z innymi dostępnymi mitogenomami

widłonogów. Wyniki tego projektu zostały przedstawione na kilku międzynarodowych konferencjach (m.in. *ICES/PICES 6th Zooplankton Production Symposium 2016*, *Arctic Science Summit Week 2017*, *51 st. European Marine Biology Symposium 2016*), jedna publikacja ukazała się w *Marine Biodiversity* (Weydmann et al. 2017b), natomiast główna w prestiżowym czasopiśmie *Scientific Reports* (Weydmann et al. 2017c), a wszystkie uzyskane sekwencje zostały zdeponowane w publicznie dostępnej bazie danych GenBank.

W tym samym czasie, czyli w 2015 roku, zespół, w którego skład wchodzi jako główny wykonawca, pod kierownictwem dr Marty Ronowicz z IO PAN w Sopocie, zdobył w Narodowym Centrum Nauki finansowanie grantu *LARVA – Wpływ warunków środowiskowych i zmian sezonowych na reprodukcję i sukcesję zbiorowiska arktycznej epifauny*. Niniejszy projekt stawia sobie za główne cele zbadanie wpływu zmian sezonowych na reprodukcję, procesy kolonizacji i sukcesji fauny dna twardego w płytkich wodach w Arktyce oraz określenie interakcji między tymi organizmami, a także wpływu warunków środowiskowych na faunę poroślową. W projekcie tym odpowiedzialna jestem za część dotyczącą meroplanktonu, czyli larw organizmów bentosowych czasowo przebywających w toni wodnej, oraz genetyczne oznaczanie gatunków i analizy statystyczne. Opiekuję się także doktorantką, wykonującą pracę doktorską w ramach tego projektu i badającą larwy planktonowe zoobentosu. Powyższą tematyką udało nam się zainteresować zespół norweski, kierowany przez dr Janne E. Søreide z UNIS, co zaowocowało wspólnym projektem *Meroplankton biodiversity, seasonal dynamics and function in high latitude coastal ecosystems* finansowanym w ramach Fram Centre Flagship project Fjord and Coast. Projekt, w którym jestem głównym wykonawcą oraz przedstawicielem Uniwersytetu Gdańskiego, ma na celu poznanie sezonowej dynamiki meroplanktonu i jego znaczenia w ekosystemach arktycznych fiordów.

Ostatnim projektem badawczym kierowanym przeze mnie, który rozpoczął się w 2016 roku, jest *Sezonowa i międzyletnia zmienność zooplanktonu z pułapek sedymentacyjnych w arktycznych fiordach* (Narodowe Centrum Nauki, **projekt OPUS**). Głównym problemem badawczym niniejszego projektu jest prześledzenie sezonowych i międzyletnich zmian zespołów zooplanktonu w dwóch arktycznych fiordach Svalbardu: znajdującego się pod wpływem wód atlantyckich Kongsfjorden oraz Rijpfjorden, o typowym arktycznym charakterze, z wykorzystaniem pułapek sedymentacyjnych zamocowanych na zakotwiczonych zestawach pomiarowych (ang. *mooring*). Dane dotyczące zespołu zooplanktonu, warunków hydrograficznych i sedymentacyjnych zebrane dzięki pułapkom, dostarczają cennych



informacji na temat sezonowej i lokalnej zmienności zooplanktonu, która wciąż jest niedostatecznie poznana w Arktyce, szczególnie podczas zimy i w rejonach pokrytych lodem. W ramach tego projektu także sprawuję opiekę naukową nad doktorantką, która jest równocześnie głównym wykonawcą wymienionego grantu.

W ostatnim czasie moja działalność naukowa w dziedzinie interdyscyplinarnych badań zooplanktonu została doceniona na arenie międzynarodowej – zostałam zaproszona do udziału w grupach roboczych (*Working Group*) **Integrated Morphological and Molecular Taxonomy** i **Zooplankton Ecology ICES** (*International Council for the Exploration of the Sea*). Jestem również członkiem **Zespołu Zadaniowego ds. Opinii i Rozwoju Biologii Morza** Sekcji Biologii Morza Komitetu Badań Morza PAN oraz **Zespołu oceanologii oraz ekologii mórz polarnych** Komitetu Badań Polarnych PAN.

Byłam także wielokrotnie zapraszana do recenzowania artykułów naukowych we wiodących międzynarodowych czasopismach, takich jak m.in. *Global Change Biology*, *AMBIO*, *Marine Ecology Progress Series* i *Journal of Plankton Research*, dla których wykonałam łącznie 15 recenzji. Recenzowałam także jeden projekt zagraniczny w ramach *FONDECYT Regular 2018 grant competition, an initiative of the Chilean National Science and Technology Commission* (CONICYT - Chile).

### ***Osiągnięcia dydaktyczne, popularyzatorskie i organizatorskie***

Swoje umiejętności w zakresie rozpowszechniania wiedzy i popularyzowania nauki wśród uczniów różnych poziomów edukacyjnych najintensywniej realizowałam w latach 2011-2014, kiedy byłam zatrudniona przez Instytut Geofizyki PAN w Warszawie jako dydaktyk w IO PAN w ramach projektu *Podnoszenie kompetencji uczniowskich w dziedzinie nauk matematyczno-przyrodniczych i technicznych z wykorzystaniem innowacyjnych metod i technologii – EDUSCIENCE*. W tym czasie prowadziłam lekcje on-line i wycieczki edukacyjne z zakresu biologii, biologii morza, ekologii i genetyki dla uczniów szkół podstawowych, gimnazjów i liceów.

W październiku 2011 r. zostałam również zaproszona jako wykładowca do współprowadzenia **letniej szkoły dla doktorantów The Arctic University of Norway w Tromsø** (Norwegia): Arctic Tipping Points PhD Summer School, *Climate change, marine ecosystems and tipping points in the Arctic Ocean*, na której zaprezentowałam wykłady

na temat statystycznych metod opracowywania danych biologicznych dotyczących długich serii czasowych.

W 2012 roku rozpoczęłam, trwającą do dziś, współpracę z firmą AZB analiza-oprogramowanie, zajmującą się m.in. analizami statystycznymi i badaniami przyrodniczymi. W ramach powyższej działalności wykonywałam analizy statystyczne danych biologicznych oraz, przede wszystkim, ekspertyzy przyrodnicze, dotyczące głównie inwentaryzacji chronionych ssaków ziemno-wodnych, takich jak bóbr europejski *Castor fiber* i wydra europejska *Lutra lutra*. Efektem tych prac jest współautorstwo **14 raportów i opracowań**, m.in. dla Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Gdańsku, Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych Województwa Pomorskiego w Gdańsku oraz Ogólnopolskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków.

Jestem także współautorem **3 publikacji popularnonaukowych**, z których pierwsza powstała jeszcze w czasie studiów i opisywała rejs z moim udziałem, zorganizowany przez *International Fund for Animal Welfare*, mający na celu oszacowanie liczebności morświna zwyczajnego w Bałtyku Południowym. Kolejna publikacja ukazała się w 2009 r. w dwóch wersjach językowych – polskiej i angielskiej – w magazynie Polskiej Akademii Nauk *Academia* i dotyczyła nieodwracalnych zmian zachodzących w morskich ekosystemach Arktyki. Ostatnia zaś, zatytułowana *Bóbr z Deltą Wisły*, opublikowana w 2013 r. w Kwartalniku Społeczno-Kulturalnym Dolnego Powiśla i Żuław *Prowincja* poruszała ważny problem powiększającej się populacji bobra europejskiego na Żuławach Wiślanych, w aspekcie ochrony przeciwpowodziowej tego regionu. Ponadto, w ramach projektu EDUSCIENCE napisałam serię artykułów popularnonaukowych w formie ciekawostek, zamieszczonych na stronie internetowej tegoż projektu.

Należę do kilku międzynarodowych organizacji naukowych, m.in. **World Association of Copepodologists** i **Association of Polar Early Career Scientists (APECS)** oraz do **Sopockiego Towarzystwa Naukowego**. W tym ostatnim od 2014 roku pełnię funkcję Przewodniczącej Sekcji Nauk Przyrodniczych. W ramach działalności Towarzystwa w 2016 roku współorganizowałam coroczną konferencję *International Sopot Youth Conference* oraz byłam członkiem Komitetu Naukowego tej konferencji. Brałam także udział w pracach komitetu redakcyjnego specjalnego wydania tomu *GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences* (Wydawnictwo Springer), na zasadach redaktora z uprawnieniami do decydowania o przyjmowaniu prac do druku.

Od października 2014 roku pracuję jako **adiunkt w Zakładzie Badań Planktonu Morskiego** na Wydziale Oceanografii i Geografii UG, dzięki czemu mogę szerzej realizować swoje zainteresowania dydaktyczne. Prowadzę zajęcia dla studentów kierunkach Oceanografia (Wydział Oceanografii i Geografii) i Ochrona Środowiska (Wydział Chemii), zarówno na studiach I stopnia (licencjackich), jak i II stopnia (magisterskich). Do swojego dorobku dydaktycznego zaliczam m.in. kurs współautorski *Funkcjonowanie ekosystemów polarnych* na Magisterskich Studiach Uzupełniających II stopnia na kierunku Oceanografia, obejmujący wykłady i ćwiczenia laboratoryjne oraz wykład *Antropogeniczne przekształcanie środowiska morskiego* na kierunku Ochrona Środowiska. Ponadto prowadzę, lub prowadziłam w latach poprzednich, szereg ćwiczeń laboratoryjnych na studiach I stopnia na kierunku Oceanografia, z przedmiotów: *Oceanografia biologiczna*, *Podstawy biologii fauny morskiej* i *Biogeografia*, a także zajęcia w ramach pracowni: projektowej (studia I stopnia), dyplomowej (studia I stopnia) i magisterskiej (studia II stopnia) oraz ćwiczenia terenowe w ramach kursów *Warsztaty specjalistyczne w morzu i strefie brzegowej* i *Warsztaty specjalistyczne w strefie brzegowej* (oba na studiach I stopnia).

Jednak, przede wszystkim, zatrudnienie na Uniwersytecie Gdańskim dało mi możliwość bezpośredniej pracy ze studentami, pomocy w planowaniu ich badań oraz realizacji praktyk studenckich i prac dyplomowych. Do tej pory wypromowałam trzech magistrów i opiekuję się kolejną studentką przygotowującą pracę magisterską. W roku akademickim 2015/2016 byłam także opiekunem naukowym trzech prac licencjackich.

Za jedno ze swoich najważniejszych działań dydaktycznych uznaję także współpracę z doktorantami z Zakładu Badań Planktonu Morskiego. W ramach realizowanych przeze mnie, jako kierownik i główny wykonawca, projektów badawczych jestem opiekunem naukowym dwóch doktorantek, których prace powstają w ramach współpracy międzynarodowej z Norwegią. Pełnię również funkcję opiekuna naukowego mgr Macieja Mańko, laureata Diamentowego Grantu, prestiżowego konkursu organizowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, który pozwala wybitnym studentom realizować badania naukowe, prowadzące do doktoratu, jeszcze przed ukończeniem studiów magisterskich. Pierwszym owocem tej opieki naukowej jest wspólna publikacja w taksonomicznym czasopiśmie *Zootaxa* (Mańko et al. 2017), natomiast wynikiem współpracy z doktorantkami z Zakładu Badań Planktonu Morskiego są trzy dodatkowe publikacje (Kacprzak et al. 2017, Weydmann et al. 2017b, Weydmann et al. 2017c).

### ***Podsumowanie***

Podsumowując, w skład mojego dorobku naukowego wchodzi **21 oryginalnych prac** opublikowanych w języku angielskim (z czego 19 po uzyskaniu stopnia naukowego doktora), w czasopismach indeksowanych przez Filadelfijski Instytut Informacji Naukowej (tzw. Lista Filadelfijska), w większości powstałych w ramach współpracy międzynarodowej. Ponadto, jestem współautorem jednej pozycji spoza powyższej Listy oraz współredaktorem książki, wydanej przez wydawnictwo Springer w ramach serii *GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences*, a także 14-tu raportów i inwentaryzacji przyrodniczych. Mój **indeks Hirsha** wynosi **8**, a według bazy Web of Science moje prace były **cytowane 245** razy (214 bez autocytowań). Sumaryczny **Impact Factor** powyższych publikacji, według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **50,271**, a z 5-cio letnich okresów obejmujących rok wydania publikacji: **57,734**. Sumaryczna liczba punktów zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (wg listy z 2016 r.) wymienionych publikacji wynosi: **625**. Wyniki swoich badań prezentowałam na licznych konferencjach i sympozjach, będąc autorem lub współautorem **33 referatów lub posterów**.

Byłam **kierownikiem 3 projektów naukowych**, głównym wykonawcą w kolejnych trzech, oraz wykonawcą również w trzech, z których ponad połowa była realizowana w ramach współpracy międzynarodowej, głównie z Norwegią i Portugalią. Jestem również laureatką kilku nagród i stypendiów naukowych, m.in. *The European Marine Research Stations Network* i *Association of European Marine Biological Laboratories*, oraz zostałam dwukrotnie wyróżniona za działalność publikacyjną przez Dyrektora Instytutu Oceanologii PAN w Sopotcie. Pomimo stosunkowo krótkiego stażu na Uniwersytecie Gdańskim, wypromowałam już trzech magistrów i trzech licencjatów oraz sprawuję opiekę naukową nad trzema doktorantami, w tym nad laureatem prestiżowego Diamentowego Grantu.

*A. Weydmann*