

Załącznik nr 3

# AUTOREFERAT

dr Krzysztof Zawierucha

Zakład Taksonomii i Ekologii Zwierząt

Instytut Biologii Środowiska

Wydział Biologii

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Poznań, 2021 rok

**1. Imię i nazwisko:** Krzysztof Zawierucha

**2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

a) Licencjat nauk biologicznych na kierunku biologia, specjalność ekologia i zarządzanie zasobami przyrody, Wydział Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2011.

b) Magister nauk biologicznych na kierunku biologia, specjalność ekologia i zarządzanie zasobami przyrody, Wydział Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2013.

c) Doktor nauk biologicznych w dyscyplinie ekologia, Wydział Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, 2017. Tytuł rozprawy „*Diversity and ecology of water bears (Tardigrada) in Svalbard archipelago*”.

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.**

a) 2017-obecnie: Zakład Taksonomii i Ekologii Zwierząt, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, stanowisko: adiunkt.

b) 2017-2018: Institute of Animal Physiology and Genetics, the Czech Academy of Sciences, Liběchov, Czechy, stanowisko: post-doc.

**4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).**

*a) tytuł osiągnięcia naukowego*

RÓŻNORODNOŚĆ BEZKRĘGOWCÓW I CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE ICH ZGRUPOWANIA W EKOSYSTEMACH KRIOKONITOWYCH

*b) osiągnięcie*

Osiągnięcie naukowe będące podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego stanowi cykl sześciu oryginalnych artykułów, w których przedstawiono wyniki pionierskich i kompleksowych badań charakteryzujących czynniki kształtujące występowanie, zagęszczenie, dyspersję i różnorodność zwierząt w centrach bioróżnorodności na lodowcach, tzw. otworach kriokonitowych. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopiśmie z listy *Journal Citation Reports (JCR)*. Ich sumaryczny *Impact Factor* wynosi **9,185**<sup>1</sup>, a suma punktów MNiSW wynosi **400**<sup>2</sup>. We wszystkich artykułach jestem zarówno pierwszym, jak i korespondencyjnym

<sup>1</sup>*Impact factor* (IF) zgodny z rokiem opublikowania. <sup>2</sup>Punktacja zgodnie z wykazem czasopism naukowych aktualnym dla roku opublikowania artykułów.

autorem. Artykuły zostały opublikowane w różnorodnych tematycznie czasopismach co podkreśla interdyscyplinarny i wieloaspektowy charakter prowadzonych przeze mnie badań. Praca numer 1 została opublikowana w czasopiśmie limnologicznym (*Limnology*), prace numer 2 - 4 w czasopismach ekologicznych (*Ecological Research, Aquatic Ecology*), prace nr 5 i 6 w uznanych periodykach zoologicznych (*Journal of Zoology, Zoologischer Anzeiger*).

Wszystkie artykuły wchodzące w skład osiągnięcia naukowego zostały opublikowane po uzyskaniu przeze mnie stopnia doktora.

I. **Zawierucha K**, Buda J, Pietryka M, Richter D, Łokas E, Lehmann-Konera S, Makowska N, Bogdziewicz M. (2018). Snapshot of micro-animals and associated biotic and abiotic environmental variables on the edge of the south-west Greenland ice sheet. *Limnology*, 19(1), 141–150. (IF = 1,691, pkt. MNiSW = 20, liczba cytowań wg Scopus = 3).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, zebraniu materiału do badań, identyfikacji zwierząt, przygotowaniu materiału do analiz mikroskopowych, przygotowaniu bazy danych, udziale w analizie wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, częściowym przygotowaniu materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

II. **Zawierucha K**, Buda J, Nawrot A. (2019). Extreme weather event results in the removal of invertebrates from cryoconite holes on an Arctic valley glacier (Longyearbreen, Svalbard). *Ecological Research*, 34, 370–379. (IF = 1,546, pkt. MNiSW = 70, liczba cytowań wg Scopus = 2).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, zebraniu materiału do badań, identyfikacji zwierząt, przygotowaniu materiału do analiz mikroskopowych, przygotowaniu bazy danych, udziale w analizie wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, przygotowaniu i podsumowaniu materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

III. **Zawierucha K**, Buda J, Fontaneto D, Ambrosini R, Franzetti A, Wierzgoń M, Bogdziewicz M. (2019). Fine-scale spatial heterogeneity of invertebrates within cryoconite holes. *Aquatic Ecology*, 53, 179–190. (IF = 1,429, pkt. MNiSW = 70, liczba cytowań wg Scopus = 2).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, zebraniu części materiału do badań, identyfikacji zwierząt, przygotowaniu materiału do analiz mikroskopowych, udziale w analizie wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, przygotowaniu i podsumowaniu materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

IV. **Zawierucha K**, Buda J, Azzoni RS, Niškiewicz M, Franzetti A, Ambrosini R. (2019). Water bears dominated cryoconite hole ecosystems: densities, habitat preferences and physiological adaptations of Tardigrada on an alpine glacier. *Aquatic Ecology*, 53, 543–556. (IF = 1,429, pkt. MNiSW = 70, liczba cytowań wg Scopus = 2).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, zebraniu części materiału do badań, ekstrakcji zwierząt z prób, przygotowaniu materiału do analiz mikroskopowych, analizach molekularnych (izolacja DNA, PCR, analiza otrzymanych sekwencji), identyfikacji zwierząt, współprowadzeniu eksperymentów laboratoryjnych (przygotowanie materiału, wybudzenie i kontrola zwierząt), udziale w analizie wyników, napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, przygotowaniu wykresów i zdjęć oraz materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

V. **Zawierucha K**, Porazinska DL, Ficetola GF, Ambrosini R, Baccolo G, Buda J, Ceballos JL, Devetter M, Dial R, Franzetti A, Fuglewicz U, Gielly L, Łokas E, Janko K, Jaromerska T, Kościński A, Kozłowska A, Ono M, Parnikoza I, Pittino F, Poniecka E, Sommers P, Schmidt SK, Shain DH, Sikorska S, Uetake J, Takeuchi. (2021). A hole in the nematosphere: tardigrades and rotifers dominate the cryoconite hole environment, whereas nematodes are missing. *Journal of Zoology*, 313, 18–36. (IF = 1,724, MNiSW = 100).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: sformułowaniu problemu badawczego, zebraniu części materiału do badań, ekstrakcji zwierząt z prób, identyfikacji zwierząt, analizie literatury, przygotowaniu rycin, udziale w analizie wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, częściowym przygotowaniu i podsumowaniu materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

VI. **Zawierucha K**, Buda J, Novotna Jaromerska T, Janko K, Gąsiorek P. (2020). Integrative approach reveals new species of water bears (*Pilatobius*, *Grevenius*, and *Acutuncus*) from Arctic cryoconite holes, with the discovery of hidden lineages of *Hypsibius*. *Zoologischer Anzeiger*, 289, 141–165. (IF = 1,366, MNiSW = 70).

Jestem pomysłodawcą badań. Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na: zebraniu części materiału do badań, ekstrakcji zwierząt z prób, przygotowaniu preparatów mikroskopowych, wykonaniu pomiarów morfometrycznych, identyfikacji zwierząt, opisie nowych gatunków, przygotowaniu bazy danych do analiz filogenetycznych, wykonaniu zdjęć okazów, udziale w analizie wyników i napisaniu pierwszej wersji manuskryptu, częściowym przygotowaniu i podsumowaniu materiałów dodatkowych, korespondencji z edytorem czasopisma i recenzentami, edycji kolejnych wersji manuskryptu.

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

Lodowce oraz czapy lodowe uznawane są za najzimniejszy biom, charakteryzujący się uproszczonymi relacjami troficznymi i zgrupowaniami organizmów przystosowanymi do życia w niesprzyjających warunkach fizycznych (Hodson i in. 2008; Anesio & Laybourn-Parry 2012; Cook i in. 2015). Najlepiej zbadaną częścią ekosystemów glacialnych i jednocześnie charakteryzującą się najwyższą bioróżnorodnością, jest powierzchnia lodowców, czyli strefa supraglacialna (Hodson i in. 2008; Stibal i in. 2010; Takeuchi i in. 2010). To na powierzchni lodu dochodzi do wielu procesów biogeochemicznych mających wpływ nie tylko na funkcjonowanie ekosystemu lodowca, ale też ekosystemów sąsiadujących (Hodson i in. 2008; Bagshaw i in. 2013; Lawson i in. 2014).

Centrami bioróżnorodności na powierzchni lodowców są tzw. otwory kriokonitowe czyli niewielkie zagłębienia, na dnie których znajduje się ciemny osad - kriokonit (Wharton i in. 1985; Cook i in. 2015). Jest to materiał mineralny i organiczny pokrywający powierzchnię lodowca (Nordenskiöld 1875), który redukuje jego albedo i wpływa m.in. na topnienie powierzchni lodu, w tym formowanie się otworów kriokonitowych (Wharton i in. 1985; Takeuchi i in. 2000; Cook i in. 2015). Kriokonit na lodowcach w Arktyce często przyjmuje formę kolistych struktur, nazywanych granulkami kriokonitowymi. Powstają one na skutek aktywności mikroorganizmów, głównie sinic, zasiedlających lodowce (Langford i in. 2010; Takeuchi i in. 2010). W kriokonicie poza sinicami, żyją także bakterie heterotroficzne, algi, grzyby, pierwotniaki i mikroskopijne bezkręgowce (Sommers i in. 2018; Buda i in. 2020; Zawierucha i in. 2018, 2020). Te ostatnie występują najliczniej w otworach kriokonitowych, w których pełnią funkcję konsumentów najwyższego rzędu. Pomimo ważnej roli mikroskopijnych bezkręgowców w tych ekstremalnych ekosystemach, wiedza

na ich temat jest nadal fragmentaryczna. **Stąd, w badaniach stanowiących podstawę niniejszego osiągnięcia habilitacyjnego podjąłem się analizy liczebności, różnorodności, rozmieszczenia oraz mechanizmów dyspersji bezkręgowców w otworach kriokonitowych.**

Główne pytania badawcze, na które chciałem odpowiedzieć w prowadzonych przeze mnie badaniach to:

- czy forma osadu wpływa na występowanie bezkręgowców w otworach kriokonitowych w Arktyce?
- jakie są relacje między liczebnością i różnorodnością zwierząt a elementami biotycznymi i abiotycznymi w otworach kriokonitowych?
- jaka jest dynamika liczebności zwierząt w otworach kriokonitowych, tj. jakie czynniki wpływają na zmiany ich liczebności w obrębie lodowca?
- jaki typ rozmieszczenia charakteryzuje bezkręgowce w środowisku bentosowym otworów kriokonitowych?
- czy gatunki niesporczaków żyjące w otworach kriokonitowych to gatunki specyficzne jedynie dla ekosystemów lodowych?
- jaka jest odpowiedź niesporczaków żyjących na lodowcach na desykację?
- czy gatunki morfologicznie i morfometrycznie podobne na lodowcach i w innych ekosystemach są tymi samymi gatunkami?
- jakie grupy bezkręgowców zdominowały otwory kriokonitowe?

### **Szczegółowe omówienie osiągnięcia.**

ARTYKUŁ I. SNAPSHOT OF MICRO-ANIMALS AND ASSOCIATED BIOTIC AND ABIOTIC ENVIRONMENTAL VARIABLES ON THE EDGE OF THE SOUTH-WEST GREENLAND ICE SHEET.

Do momentu podjęcia przeze mnie badań, analizy relacji ekologicznych między zwierzętami a środowiskiem kriokonitowym prowadzono w Arktyce zaledwie raz (Vonnahme i in. 2016). Z kolei badania bezkręgowców na czapie lodowej na Grenlandii, drugiej największej czapie lodowej na świecie, miały jedynie charakter badań faunistycznych, bez opisu struktury biotycznej i abiotycznej siedliska (Drygalski 1897; Grøngaard i in. 1999). Dlatego też wyniki przedstawione w mojej pierwszej pracy wypełniają istotną lukę w wiedzy i wskazują ważne kierunki rozwoju badań nad biologią i ekologią drobnych bezkręgowców na lodowcach.

W badaniach, których wyniki zostały opublikowane w pracy Zawierucha i in. (2018a), testowałem relacje między zagęszczeniami zwierząt w środowiskach kriokonitowych na brzegu czapy lodowej na południowo-zachodniej Grenlandii a (i) rodzajem osadu (granulki vs. forma luźna), (ii) elementami abiotycznymi, tj. pH, składem chemicznym wody (podstawowymi anionami i kationami), głębokością wody w otworze kriokonitowym i koncentracją sztucznych radionuklidów, oraz (iii) elementami biotycznymi, tj. liczebnością alg, sinic oraz ogólną liczbą

bakterii. Materiał do badań obejmował kriokonit zebrany z otworów, kałuż oraz małego jeziora kriokonitowego.

W materiale stwierdziłem dwie grupy zwierząt, tj. niesporczaki (Tardigrada) oraz wrotki (Rotifera). Liczebność zwierząt była istotnie wyższa w granulkach niż luźnym osadzie kriokonitowym. W pracy nie wykazałem żadnej innej istotnej statystycznie relacji między zagęszczeniem zwierząt a elementami biotycznymi i abiotycznymi środowiska kriokonitu.

**Badania te są kluczowe w wyjaśnieniu rozmieszczenia i preferencji siedliskowych zwierząt w otworach kriokonitowych na Grenlandii, ponieważ wskazują na rolę stabilności zasiedlanego substratu (=kriokonitu) w podtrzymywaniu populacji zwierząt.** Różnica w liczebności zwierząt nie odzwierciedla konkretnych preferencji względem typu zbiornika (np. otwór kriokonitowy, kałuża z kriokonitem) czy pokarmowych, ale może odzwierciedlać proste, mechaniczne usuwanie zwierząt z osadu podczas jego erozji (granulki do osadu luźnego) przez spływającą wodę. Dlatego rozmieszczenie niesporczaków i wrotków na brzegu czapy lodowej na Grenlandii, czyli w miejscu o silnym spływie wody oraz utracie masy lodu, jest najprawdopodobniej losowe.

Biorąc pod uwagę, że granulki są konsorcjum alg, bakterii, archeonów i grzybów, stanowią tym samym dobrą bazę pokarmową dla drobnych bezkręgowców. Ponadto osad w postaci granulek w przeciwieństwie do osadu mulistego może ułatwiać przemieszczanie się bezkręgowcom w otworach kriokonitowych. Moje badania wskazują na korzystną rolę jonów, takich jak  $\text{Ca}^{2+}$  oraz  $\text{Mg}^{2+}$  dla niesporczaków i wrotków w środowisku kriokonitowym. Ze względu na biologię tych zwierząt, tj. wymianę i odbudowę wszystkich kutykularnych części ciała, jony te mogą odgrywać istotną rolę w surowym i ubogim w składniki odżywcze ekosystemie lodowym. Dodatkowo, w swojej pracy wykazałem pozytywny trend między zagęszczeniem zwierząt a liczebnością bakterii, co może wskazywać, że wysoka liczebność bakterii daje lepszą bazę pokarmową dla zwierząt. Jednak ta hipoteza wymaga dalszej analizy.

**Wyniki pracy są podstawą do dalszych badań nad dynamiką, rozmieszczeniem i rolą bezkręgowców w arktycznych ekosystemach kriokonitowych.** Otrzymane rezultaty wskazują na silną potrzebę zbadania relacji między bezkręgowcami a środowiskiem kriokonitowym. Zwierzęta jako konsumenci najwyższego rzędu mogą kontrolować i kształtować elementy biotyczne kriokonitu oraz żerując na granulkach kriokonitowych, brać udział w akumulacji zanieczyszczeń przechwyconych przez inne zgrupowania mikroorganizmów na powierzchni lodowców.

ARTYKUŁ II. EXTREME WEATHER EVENT RESULTS IN THE REMOVAL OF INVERTEBRATES FROM CRYOCONITE HOLES ON AN ARCTIC VALLEY GLACIER (LONGYEARBREEN, SVALBARD).

Badania dynamiki zmian ekosystemów w regionach górskich i polarnych oraz odpowiedzi organizmów na te zmiany są niezwykle ważne w celu poznania i zrozumienia mechanizmów funkcjonowania tych wrażliwych miejsc. Dotychczasowe studia nad zmianami składu populacji w otworach kriokonitowych dotyczyły bakterii i opierały się na analizie materiału pobieranego w różnych okresach sezonu ablacyjnego (Musilova i in. 2015; Pittino i in. 2018). Niemniej jednak, krótkoterminowe zmiany w trakcie sezonu nie zostały uwzględnione we wspomnianych badaniach, ani dla bakterii, ani innych grup organizmów w ekosystemach kriokonitowych.

W drugiej pracy wchodzącej w skład osiągnięcia habilitacyjnego skupiłem się na zagadnieniach związanych z dynamiką ekosystemów kriokonitowych oraz ich bioty, wykorzystując w badaniach bezkręgowce jako grupę modelową (Zawierucha i in. 2019a). Głównym celem badań

było poznanie dynamiki liczebności oraz zmian struktury populacji bezkręgowców w otworach kriokonitowych w odpowiedzi na warunki meteorologiczne. W pracy odpowiadam na następujące pytania: czy otwory kriokonitowe to siedliska stabilne? Jak zmieniają się zagęszczenia zwierząt w otworach kriokonitowych w krótkiej skali czasu? Czy wydarzenia stochastyczne, jak np. zmiany warunków meteorologicznych czy zmiany w strefie supraglacialnej wpływają na zgrupowania zwierząt w otworach kriokonitowych?

Praca ta stanowi pierwsze studium, w którym cyklicznie obserwowane były te same otwory kriokonitowe. W efekcie opisane zostały ich zmiany w czasie oraz obecność i zagęszczenia zwierząt. Badania terenowe prowadzono na lodowcu Longyearbreen na Spitsbergenie, na którym wyselekcjonowałem 12 otworów kriokonitowych, w których co dwa dni kontrolowałem temperaturę, pH, przewodnictwo elektryczne, wysokość lustra wody, kształt otworu kriokonitowego oraz pobierałem materiał do dalszych badań. Podczas prac terenowych kontrolowałem także warunki meteorologiczne i fizyczne na powierzchni lodu, takie jak albedo, ilość opadu, siła i kierunek wiatru oraz temperatura na powierzchni lodowca.

We wszystkich dwunastu otworach kriokonitowych faunę reprezentowały dwa typy zwierząt bezkręgowych, Tardigrada i Rotifera. W trakcie badań terenowych niektóre otwory kriokonitowe obkurczyły się i zamarzyły, inne zostały wytopione i wypłukane przez deszcz. Otwory kriokonitowe zlokalizowane blisko moreny były bardziej wrażliwe na ablacje niż te zlokalizowane przy głównej osi lodowca. Bezkręgowce były obecne w otworach kriokonitowych do czasu, gdy relatywnie stabilne warunki pogodowe zostały zakłócone przez silny wiatr fenowy i deszcz. Przed silnym zaburzeniem pogody, tj. deszczem oraz porywistym wiatrem, zagęszczenia bezkręgowców osiągały w przypadku niesporczaków 149 os./ml, a w przypadku wrotków 119 os./ml kriokonitu. Po załamaniu pogody stwierdziłem silną erozję granulek kriokonitowych, redystrybucję osadu oraz migrację granulek w strumieniach, co potwierdza mechaniczne usuwanie bezkręgowców z otworów kriokonitowych przez przepływającą wodę. W efekcie przeprowadzenia badań wykazałem, że **głębokość wody w otworach kriokonitowych, jej pH oraz przewodnictwo elektryczne nie wpływają na zgrupowania i obecność bezkręgowców w kriokonicie. Z kolei zmiany powierzchni lodowca kontrolowane przez warunki meteorologiczne miały istotny wpływ na obecność zwierząt.**

Deszcz i wiatr fenowy to główne czynniki wywołujące zmiany w systemach supraglacialnych poprzez przyspieszenie topnienia, a tym samym kształtowanie powierzchni lodowców w archipelagu Svalbard (Vieli i in. 2004). Uzyskane dane pokazują, że wiatr i deszcz wpływają na wymywanie i tzw. „osuwanie się” otworów kriokonitowych, a także na erozję granulek oraz usuwanie bezkręgowców. Potwierdza to założenia i wnioski z pierwszej pracy cyklu (Zawierucha i in. 2018a) dotyczące losowego rozmieszczeniu zwierząt na lodowcach, charakteryzujących się wysoką dynamiką strefy supraglacialnej oraz istotnej relacji między obecnością granulek kriokonitowych a występowaniem zwierząt na lodowcach w Arktyce.

Podczas prac terenowych monitorowałem także temperaturę badanego ekosystemu. Czujniki znajdowały się na dnie otworu kriokonitowego oraz na powierzchni lodowca. Analiza zapisanych danych wykazała, że temperatura na dnie otworu kriokonitowego jest stabilna, niezależnie od warunków panujących na powierzchni lodowca i wynosi ok. 0,08°C w trakcie lata polarnego. Podobne wyniki zostały zaprezentowane dla antarktycznych otworów kriokonitowych w później opublikowanej pracy (Sommers i in. 2019b).

Pytanie dlaczego w odpowiednich do życia środowiskach wodnych niektóre grupy zwierząt są nieobecne, wciąż jest tematem naukowej dyskusji w badaniach metapopulacyjnych i często

tłumaczone jest poprzez efekt ograniczeń samej dyspersji i/lub wpływ barier biologicznych. **Wyniki mojej pracy pokazują, że brak zwierząt w ekosystemach, zwłaszcza efemerycznych, może być związany z ich mechanicznym wyplukiwaniem podczas ekstremalnych wydarzeń pogodowych.** Moja praca stanowi zatem ważną podstawę do zrozumienia w jaki sposób procesy stochastyczne mogą kształtować zgrupowania zwierząt w ekosystemach glacialnych oraz wskazuje na istotną rolę dyspersji biernej w rozmieszczeniu bezkręgowców na lodowcach.

### ARTYKUŁ III. FINE-SCALE SPATIAL HETEROGENEITY OF INVERTEBRATES WITHIN CRYOCONITE HOLES.

Pomimo ponad 120 lat badań nad otworami kriokonitowymi (Drygalski 1897) rozmieszczenie przestrzenne organizmów w tych ekosystemach jest poznane w niewielkim stopniu. Do dziś wyłącznie Mieczan i in. (2013) zbadali wertykalne rozmieszczenie orzęsków na lodowcu w Antarktyce Morskiej, z kolei Sommers i in. (2019a) studiowali wertykalne rozmieszczenie bakterii i jednokomórkowych eukariontów w otworach kriokonitowych w dolinach McMurdo na Antarktydzie. Porazinska i in. (2004) sugerowali, że w otworach kriokonitowych zlokalizowanych bliżej czoła lodowca zagęszczenia zwierząt są wyższe niż w tych samych systemach położonych w wyższych częściach strefy ablacji na lodowcach na Antarktydzie. W moich wcześniejszych badaniach (Zawierucha i in. 2016b) wykazałem, że lokalizacja otworu kriokonitowego nie wpływa na zagęszczenie zwierząt na lodowcach w Arktyce.

Niestety, w dotychczasowych badaniach nie uwzględniono rozmieszczenia horyzontalnego, które jest istotne w prawidłowym rozpoznaniu bioróżnorodności, produktywności i innych procesów ekologicznych zachodzących na dnie otworów kriokonitowych. Ponadto dotychczasowe badania nie pozwoliły stwierdzić jak metoda pobierania materiału w niewielkim otworze kriokonitowym może wpływać na otrzymane wyniki. W związku z tym w trzeciej pracy z cyklu artykułów będących podstawą osiągnięcia habilitacyjnego, opublikowanej w czasopiśmie *Aquatic Ecology*, zadałem następujące pytania badawcze: (i) jakim typem rozmieszczenia charakteryzują się bezkręgowce w obrębie otworów kriokonitowych oraz, (ii) czy spływ wody lub inne czynniki (np. skupiskowo rozłożony pokarm) mogą wpływać na wzorce ich horyzontalnego rozmieszczenia na dnie.

**W pracy zbadalem różnice w rozmieszczeniu bezkręgowców w obrębie otworu oraz między otworami kriokonitowymi, a także lodowcami w skali globalnej.** Materiał do badań pochodził z lodowców zlokalizowanych w Arktyce, Skandynawii, Alpach oraz Antarktyce Morskiej. Na każdym lodowcu zebrano 9 próbek z kilku otworów kriokonitowych. Próbkę pobrano w trzech rzędach. Pierwszy rząd, z którego pobierano próbki był zawsze zlokalizowany w kierunku strefy akumulacji, drugi rząd w środku, trzeci w kierunku czoła (terminusa) lodowca. Schemat poboru odzwierciedlał potencjalne oddziaływanie spływającej wody, który zgodnie z założeniami Porazinskiej i in. (2004) mógłby wpływać na transport zwierząt do niższych partii lodu, a w przypadku moich badań, na transport zwierząt do dolnej części otworu kriokonitowego (=trzeci rząd).

W Arktyce na lodowcu Longyearbreen stwierdziłem występowanie niesporczaków i wrotków, w Norwegii na lodowcu Blåisen odnotowałem dominację wrotków, w Alpach na lodowcu Forni niesporczaków, z kolei w Antarktyce morskiej na lodowcu Ekologii dominowały wrotki z niskim zagęszczeniem roztoczy. Nie znalazłem jednego stałego wzorca rozmieszczenia między



strefami poboru (1 vs. 2 vs. 3 rząd). Wykazałem jednak istotne różnice między próbkami pobranymi nawet w tym samym rzędzie. Liczba bezkręgowców między próbkami (oddalonymi od siebie o ok. 1,5 cm) zebranymi w tym samym otworze kriokonitowym wynosiła od 52 os./ml do 426 os./ml. Dodatkowo, na lodowcu Longyearbreen zidentyfikowałem cztery taksony niesporczaków, a liczba gatunków w próbkach, pochodzących z tego samego otworu kriokonitowego wahała się od zera do czterech.

**Wyniki moich badań wskazują, że bezkręgowce w otworach kriokonitowych są rozmieszczone nierównomiernie. Różnice w ilości osobników i gatunków na dnie otworu kriokonitowego mogą być wynikiem zakłócenia ekosystemu przez wydarzenia stochastyczne (Zawierucha i in. 2019a, II praca cyklu) lub być związane z cechami poszczególnych grup, jak np. mobilność czy dieta.** Rezultaty mojej pracy wyraźnie pokazują, że otwory kriokonitowe, postrzegane jako uproszczone ekosystemy (np. Hodson i in. 2008), charakteryzują się w strefie bentosowej dużą heterogennością, mającą wpływ na zagęszczenia i różnorodność organizmów. Dlatego też, praca ta ma ważne implikacje w badaniach relacji ekologicznych, szacowaniu produkcji wtórnej oraz bioróżnorodności ekosystemów kriokonitowych.

W badaniach wykorzystano zwierzęta, które w przeciwieństwie do organizmów prokariotycznych i jednokomórkowych eukariontów mają potencjalnie bardziej stabilne i łatwiej identyfikowalne zagęszczenia. **Niemalże ten sam wynik uzyskany w efekcie przeprowadzenia badań na czterech różnych typach lodowców zlokalizowanych w różnych strefach geograficznych pokazuje, że mikroskopijne bezkręgowce są dobrym modelem w badaniach dotyczących procesów stochastycznych i zróżnicowania przestrzennego bioty w otworach kriokonitowych.** Ponadto, wyniki pracy pokazują, że pomimo małej powierzchni wielu otworów kriokonitowych, niezwykle ważny jest pobór jak największej ilości materiału z pojedynczego otworu w celu poprawnego oszacowania liczebności i różnorodności organizmów w obrębie tego ekosystemu.

#### ARTYKUŁ IV. WATER BEARS DOMINATED CRYOCONITE HOLE ECOSYSTEMS: DENSITIES, HABITAT PREFERENCES AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS OF TARDIGRADA ON AN ALPINE GLACIER.

Badania wybiórczości siedliskowej organizmów żyjących w otworach kriokonitowych, innych siedliskach w strefie supraglacialnej oraz w sąsiadujących ekosystemach są właściwie ograniczone do studiów nad bakteriami (Franzetti i in. 2017). Poprzednie prace dotyczące bezkręgowców sugerowały, że ciemnopigmentowane niesporczaki z lodowców alpejskich są typowymi kriofilami żyjącymi wyłącznie na lodzie (Dastych i in. 2003; 2019), jednak nigdy nie przetestowano tej hipotezy. Z kolei, Porazinska i in. (2004) sugerowali wręcz przeciwnie, że niesporczaki w otworach kriokonitowych w Antarktyce pochodzą z miejsc wolnych od lodu, sąsiadujących z lodowcami. Jednak również w tym wypadku nie wykorzystano dokładnych analiz molekularnych oraz morfologicznych do testowania tej hipotezy. Z tego powodu w czwartej pracy opublikowanej w czasopiśmie *Aquatic Ecology* skupiłem się na analizie różnorodności, rozmieszczenia oraz zagęszczenia niesporczaków w otworach kriokonitowych, morenie powierzchniowej, morenach bocznych i środkowej, mszakach pokrywających kamienie supraglacialne na lodowcu Forni w Alpach, a także zbadałem występowanie niesporczaków żyjących na lodowcach w mszakach, porostach, matach glonowych z przedpoła lodowca i doliny, a także w osadach z jeziora proglacialnego. Założyłem, że ze względu na różne warunki abiotyczne różnorodność niesporczaków w otworach kriokonitowych jest inna w porównaniu do ich różnorodności w

otaczających lodowiec zbiornikach wodnych i próbkach lądowych. Również w tej pracy jako pierwszy zbadałem odpowiedź niesporczaków słodkowodnych na desykcję w dwóch reżimach termalnych. Założyłem, że typowo wodne niesporczaki na lodowcach będą w stanie przetrwać wysychanie, co może mieć kluczowe znaczenie w ich dyspersji biernej na inne lodowce.

**W próbkach kriokonitu z lodowca pobieranych w latach 2012-2018 dominującą grupą zwierząt były niesporczaki, reprezentowane przez jeden gatunek *Cryobiotus klebelsbergi* (Mihelčič, 1959) oznaczony przy użyciu narzędzi molekularnych i mikroskopowych.** W całym badanym kriokonicie z otworów kriokonitowych znaleziono zaledwie kilka wrotków. Zagęszczenia niesporczaków w kriokonicie osiągały 172 os./ml (średnia = 48 os./ml). W pozostałych próbkach ze środowisk lodowych (stożki supraglacialne, mszaki na powierzchni kamieni, żwir z moren) *C. klebelsbergi* nie występował lub okazy były uszkodzone (np. wysuszone, zapadnięte, pogniecione) co wskazuje na brak adaptacji do życia w tych siedliskach. Analizy materiału z przedpola lodowca oraz doliny wykazały brak *C. klebelsbergi*. W mszakach z kamieni supraglacialnych znalazłem wrotki i skoczogonki, w materiale z moreny występowały przedstawiciele skoczogonków i innych stawonogów, z kolei na stożkach supraglacialnych głównie skoczogonki. Wrotki znalazłem głównie w osadzie supraglacialnym.

**Eksperymenty prowadzone w laboratorium wykazały, że *C. klebelsbergi* jest zdolny do desykcji, jednak tylko będąc w osadzie i w niskich temperaturach. Niesporczaki trzymane wyłącznie w wodzie, po jej odparowaniu w temperaturze niskiej lub w temperaturze pokojowej nie wybudziły się po nawodnieniu.** Obserwacje żywych *C. klebelsbergi* wskazywały, że po kilkunastu minutach w temperaturze pokojowej jego aktywność lokomotoryczna spadała do zera, co sugeruje jego wrażliwość na wysokie temperatury.

Analizy fragmentu mitochondrialnego genu CO1 wykazały dużą zmienność genetyczną w obrębie osobników z tego samego lodowca, co wskazuje na starą strukturę populacji. Podczas prac terenowych w 2018 w pułapki aeroplanktonowe na lodowcu złapały się kriofilne skoczogonki zasiedlające ten lodowiec oraz przedstawiciele fauny biernie transportowani na powierzchnie lodu z innych siedlisk (m.in. Acari np. szpeciele, obligatoryjne pasożyty roślin). W pułapkach na przedpolu lodowca oraz na morenie bocznej złapały się różne grupy stawonogów (Acari, Opiliones, Insecta). Z kolei *C. klebelsbergi* został stwierdzony tylko na morenie, co świadczy o jego biernym transporcie przez wiatr z kriokonitu na powierzchni lodu.

W tej pracy po raz pierwszy zbadałem wybiórczość siedliskową oraz zdolność do wysychania lodowych niesporczaków w różnych reżimach termalnych. Wyniki moich badań dowiodły, że: (a) **ekosystem kriokonitowy lodowca Forni w Alpach jest zdominowany przez jedną grupę zwierząt (niesporczaki) reprezentowaną przez jeden gatunek,** (b) **niesporczaki w kriokonicie są gatunkami unikatowymi, żyjącymi tylko w termalnie stabilnym otworze kriokonitowym,** (c) ***Cryobiotus klebelsbergi* pomimo, że jest gatunkiem typowo wodnym jest w stanie przetrwać zasuszenie, jednak niezbędny jest osad, który spowalnia parowanie i pozwala przygotować się do przejścia w stan zasuszenia,** (e) **jeden z haplotypów stwierdzonych na lodowcu Forni znany był również z lodowców oddalonych o 50-60 km, co może wskazywać na dyspersję z wiatrem,** (d) **zdolność do wysychania może być ważnym mechanizmem w dyspersji biernej między lodowcami,** (f) ***Cryobiotus klebelsbergi* jest bardzo wrażliwy na wysokie temperatury i nie potrafiłby przeżyć w zbiornikach słodkowodnych zlokalizowanych w sąsiedztwie lodowca.** Całkowita dominacja niesporczaków w ekosystemie kriokonitowym, ich specyficzna wybiórczość siedliskowa, wrażliwość na wysokie temperatury i duża zmienność

genetyczna w obrębie CO1 świadczą o tym, że *C. klebelsbergi* jest typowym, obligatoryjnym przedstawicielem fauny ekosystemów glacialnych w Alpach.

ARTYKUŁ V. A HOLE IN THE NEMATOSPHERE: TARDIGRADES AND ROTIFERS DOMINATE THE CRYOCONITE HOLE ENVIRONMENT, WHEREAS NEMATODES ARE MISSING.

Rozmieszczenie przestrzenne organizmów w środowisku stanowi przedmiot zainteresowań badaczy od stuleci (Arystoteles 350 p.n.e.; Darwin 1859). Jednak w przeszłości, badania te były poświęcone makroorganizmom. Dziś nowe techniki mikroskopowe i molekularne umożliwiły badania rozmieszczenia także mikroskopijnych mieszkańców naszej planety.

Niesporczaki, wrotki i nicienie to kosmopolityczne grupy bezkręgowców, powszechnie współwystępujące w ekosystemach wodnych i lądowych. Ze względu na ich mikroskopijne rozmiary, podobne adaptacje do niesprzyjających warunków i mechanizmy dyspersji podobne do tych opisanych dla organizmów jednokomórkowych, powinny występować we wszystkich typach ekosystemów (Fontaneto 2019). Dotychczasowe badania na temat rozmieszczenia tych grup zwierząt dotyczyły głównie porównania ich zgrupowań między różnymi typami siedlisk i ekosystemów (np. tundra, jeziora). Jak dotąd nie prowadzono badań dotyczących tych powszechnie występujących grup zwierząt w jednym typie siedliska w skali globalnej. Brak tego typu analiz znacząco utrudnia, a wręcz uniemożliwia, rzetelne rozpoznanie wzorców biogeograficznych oraz zrozumienia relacji między siedliskiem a jego mieszkańcami.

Chociaż lodowce oraz czapy lodowe stanowią 10% powierzchni lądów, to wielkoskalowe badania nad rozmieszczeniem bezkręgowców w ekosystemach glacialnych nie były jak dotąd prowadzone, pomimo tego, że zwierzęta te pełnią rolę konsumentów najwyższego rzędu czy też mogą stanowić model w badaniach kriofilnych metazoa. Otwory kriokonitowe jako najżyźniejsza część lodowców oraz prosty model, charakteryzujący się stabilną temperaturą i uproszczonymi relacjami troficznymi (Cook i in. 2016; Sommers i in. 2018; 2019b; Zawierucha i in. 2019a), są doskonałym poligonem do badań nad rozmieszczenia mikroskopijnych bezkręgowców w kriosferze oraz czynników je limitujących bądź kształtujących (Zawierucha i in. 2018a, 2019a, 2019b, 2019c (I, II, III, IV prace cyklu).

W pracy zadałem następujące pytania: (a) jakie grupy zwierząt występują w otworach kriokonitowych? (b) jakie jest ich przestrzenne rozmieszczenie? (c) które czynniki limitują różnorodność bezkręgowców? W przeciwieństwie do dotychczas opublikowanych prac, w swoim studium skupiłem się wyłącznie na wyższych jednostkach taksonomicznych, tj. niesporczakach, wrotkach i nicieniach, które są kosmopolityczne, zasiedlają szerokie spektrum ekosystemów i nisz, często współwystępując ze sobą w środowisku.

**W pracy po raz pierwszy w historii badań nad biologią i ekologią ekosystemów glacialnych dokonałem globalnej analizy rozmieszczenia zwierząt w ekosystemach kriokonitowych. Badalem materiał z otworów kriokonitowych pochodzący z 42 lodowców zlokalizowanych w Arktyce, Subarktyce, Skandynawii, Alpach, Kaukazie, Centralnej Azji, Syberii, równiku, Andach, Antarktyce Morskiej oraz Antarktydzie.** Lodowce charakteryzowały się różnym reżimem termalnym, położeniem n.p.m., ekspozycją, warunkami świetlnymi (cykl dobowy vs. sezonowy) i klimatycznymi (polarny, umiarkowany, kontynentalny). W analizach wykorzystałem zarówno podejście klasyczne, tj. obserwacje materiału pod mikroskopem, jak i analizy metagenomiczne (dla lodowców z Alp, Pamiru i Antarktydy). Dodatkowo, w pracy

podsumowałem dotychczasową literaturę taksonomiczną, faunistyczną i ekologiczną dotyczącą zwierząt na lodowcach, obejmującą ponad 40 lodowców.

**Wykazałem, że (a) niesporczaki i wrotki to dwie najczęściej występujące grupy zwierząt na lodowcach, (b) niesporczaki i wrotki często współwystępują w otworach kriokonitowych, (c) nicienie, kosmopolityczna, najliczniejsza i jedna z najbardziej różnorodnych grup zwierząt na Ziemi, nie występowały w analizowanym materiale.** Pomimo podobnych warunków abiotycznych w otworach kriokonitowych w różnych regionach geograficznych świata, rozmieszczenie wrotków i niesporczaków różniło się między lodowcami, ale bez wyraźnego wzorca. Sugeruje to, że wydarzenia stochastyczne, losowa, bierna dyspersja i konkurencja między bezkręgowcami mogą wpływać na ich występowanie i detekcję. Wrotki oraz niesporczaki współwystępowały w Arktyce, Skandynawii i na Antarktydzie. Na lodowcu w Norwegii, na lodowcach równikowych i na jednym lodowcu w Patagonii stwierdziłem wyłącznie wrotki, z kolei niesporczaki zdominowały lodowce w Alpach, Himalajach oraz jeden z lodowców w Norwegii.

Nicienie zwykle współwystępują z innymi bezkręgowcami w ekosystemach polarnych (Janiec 1996) i zostały wcześniej znalezione w morenie powierzchniowej na lodowcach (Azzoni i in. 2015). Ich brak w najżyźniejszym typie siedliska na lodowcach, bogatym w materię organiczną i zróżnicowane źródła pożywienia (bakterie, grzyby, algi i inne bezkręgowce), jest obserwacją nieoczekiwaną. **Nieobecność nicieni w otworach kriokonitowych może być związana z brakiem adaptacji do życia w stałej i niskiej temperaturze panującej na dnie otworów kriokonitowych.** Nicienie, nawet te żyjące na pustyniach polarnych wymagają wzrostu temperatur do rozmnażania (Overhoff i in. 1993) i stąd stabilność termalna otworów kriokonitowych (Zawierucha i in. 2019a, II praca cyklu) może w istotny sposób hamować ich rozmnażanie i rozwój a przez to faworyzować inne zwierzęta.

W pracy opisałem także inne czynniki, które pojedynczo nie wpływają na występowanie nicieni w środowisku, ale wspólnie mogą działać inhibicyjnie na ich rozwój i wzrost w otworach kriokonitowych. Są to wysokie koncentracje zanieczyszczeń akumulowanych na lodowcach (np. radionuklidy (Łokas i in. 2018)), duża liczba i biomasa sinic produkujących toksyny, brak długoterminowej stabilności otworów kriokonitowych w powierzchni lodowców, a także wysokie dawki promieniowania UV na lodowcach. **Zaskakującym odkryciem jest także silna separacja nisz na lodowcach - nicienie mogą zasiedlać pokrywę supraglacialną na lodowcach, ale nie wykryto ich w kriokonicie przy użyciu narzędzi mikroskopowych i molekularnych.** Przegląd literatury oraz wyniki prowadzonych przeze mnie badań wskazują, że zaledwie kilka innych grup bezkręgowców żyje aktywnie w otworach kriokonitowych, są to roztocze w Antarktyce Morskiej, widelnice w Patagonii, widłonogi i larwy muchówek w Himalajach.

Uzyskane przeze mnie wyniki wskazują na silną potrzebę zintegrowanych badań rozmieszczenia bezkręgowców w skali globalnej oraz dokładnego rozpoznania czynników limitujących ich rozmieszczenie. Współwystępujące i kosmopolityczne bezkręgowce wbrew powszechnemu przekonaniu mogą być selektywne, na wysokim poziomie taksonomicznym, w wyborze siedliska. Wyniki badań kładą podwaliny pod analizy biogeograficzne bezkręgowców w ekosystemach ekstremalnych i zimnych, rzucając nowe światło na „granice życia” wielokomórkowego w kriosferze.

ARTYKUŁ VI. INTEGRATIVE APPROACH REVEALS NEW SPECIES OF WATER BEARS (*PILATOBIVS*, *GREVENIVS*, AND *ACUTUNCVS*) FROM ARCTIC CRYOCONITE HOLES, WITH THE DISCOVERY OF HIDDEN LINEAGES OF *HYPVIBIVS*.

Lodowce, zwłaszcza te małe, szybko odpowiadające na wyższe średnie temperatury, to jedne z najbardziej zagrożonych ekosystemów w dobie obecnych zmian klimatu (Fountain i in. 2012; Zawierucha & Shain 2019). Część gatunków żyjących na lodowcach to specjaliści związani wyłącznie z tym typem środowiska (Zawierucha i in. 2019c, IV praca cyklu). Dlatego też cofanie się lodowców i znikanie ekosystemów strefy supraglacialnej wiąże się z utratą psychrofilnych, jeszcze nierozpoznanych gatunków bezkręgowców. Jedną ze znikomo poznanych grup na lodowcach są niesporczaki (Tardigrada). Jest to jedna z dominujących grup zwierząt zasiedlających otwory kriokonitowe (Zawierucha i in. 2021, V praca cyklu).

Pomimo ważnej roli niesporczaków w ekosystemach lodowcowych, wiedza na temat różnorodności tej grupy zwierząt w kriosferze jest właściwie ograniczone do kilku pozycji mających charakter doniesień faunistycznych (Drygalski 1897; De Smet & Van Rompu 1994; Grøngaard i in. 1999; Zawierucha i in. 2016a). Z kolei prace o charakterze taksonomicznym, zwłaszcza integratywnym, z użyciem metod taksonomii klasycznej oraz technik molekularnych są w znaczącej mniejszości (Zawierucha i in. 2018b), przez co realna liczba gatunków Tardigrada na lodowcach jest wciąż nieznana i znacząco niedoszacowana.

W szóstej pracy prezentowanej w ramach osiągnięcia habilitacyjnego dokonałem integratywnej analizy taksonomicznej niesporczaków z otworów kriokonitowych na lodowcach Svalbardu oraz południowo-zachodniego brzegu czapy lodowej na Grenlandii. W badaniach wykorzystałem szczegółowe analizy morfologiczne i morfometryczne w połączeniu z danymi genetycznymi, w postaci sekwencji DNA dla trzech standardowych w taksonomii niesporczaków markerów molekularnych (CO1, 28S rRNA, 18S rRNA). **Przeprowadzone analizy pozwoliły mi na opisanie trzech nowych dla wiedzy gatunków Tardigrada, tj. *Pilatobius glacialis*, *Acutuncus mariae* i *Grevenius cryophilus*, oraz na wyodrębnienie trzech linii ewolucyjnych, prowadzących do potencjalnie nowych, kryptycznych gatunków z grupy *Hypsibius dujardini*.**

*Pilatobius glacialis* pochodzący z otworów kriokonitowych został w przeszłości zidentyfikowany jako *P. recamieri* (Richters, 1911) (np. Dastych 1985). Analizy molekularne pozwoliły wykazać, że pomimo braku różnic morfologicznych i morfometrycznych między tym gatunkiem a *P. recamieri* żyjącym w tundrze, *P. glacialis* jest nowym gatunkiem dla wiedzy. W pracy sugeruję istnienie nowego kompleksu gatunków z rodzaju *Pilatobius*, znacznie różniących się między sobą genetycznie oraz cechujących się silną wybiórczością siedliskową.

*Acutuncus mariae* jest przedstawicielem rodzaju uznawanego do tej pory za wyłącznie panantarktyczny (Cesari i in. 2016). Wcześniej był błędnie wykazywany w otworach kriokonitowych w Arktyce jako przedstawiciel morfologicznie bardzo podobnego rodzaju *Hypsibius* (Zawierucha i in. 2016a). Analizy genetyczne wraz z analizami morfologicznymi populacji pochodzących z kilku lodowców pozwoliły na wyodrębnienie nowego gatunku *A. mariae*, z jak się okazuje, niezwykle słabo poznanego rodzaju *Acutuncus*. Gatunek ten różni się od jedyne go przedstawiciela tego rodzaju *A. antarcticus* z Antarktydy cechami morfologicznymi i molekularnymi. Stwierdzenie przedstawicieli tego rodzaju w otworach kriokonitowych w Arktyce może sugerować bipolarne rozmieszczenie rodzaju *Acutuncus* lub błędne oznaczanie

przedstawicielei spoza Antarktydy przy użyciu narzędzi taksonomii klasycznej w przeszłości. W pracy sugeruję istnienie znacznie szerszego niż dotychczas zasięgu rodzaju *Acutuncus* i jego preferencje siedliskowe w kierunku niskich temperatur.

*Grevenius cryophilus* to przedstawiciel kosmopolitycznego rodzaju związanego ze środowiskiem wodnym. Poza dystansami genetycznymi różni się od innych podobnych gatunków cechami morfometrycznymi oraz morfologicznymi.

Gatunki z grupy *Hypsibius dujardini* różniły się od siebie oraz od innych znanych z tej grupy gatunków jedynie dystansami genetycznymi. Analiza filogenetyczna uzyskanych przeze mnie sekwencji DNA dla gatunków z rodzaju *Hypsibius*, wykazała istnienie trzech nowych linii ewolucyjnych niesporczaków w obrębie kompleksu *H. dujardini* na Svalbardzie. Analiza morfologiczna przy użyciu mikroskopu świetlnego z kontrastem fazowym oraz porównanie morfometryczne nie wykazało istotnych różnic, z punktu widzenia taksonomii klasycznej, pozwalających na wyodrębnienie gatunków między osobnikami z lodowców.

W pracy zmierzyłem także cechy morfologiczne okazów z grupy *dujardini* znalezionych w próbkach mszaków na wyspie Fuglesangen. Porównanie wykazało, że pazury niesporczaków znalezionych w mszakach były znacznie krótsze od pazurów okazów z lodowców. Co świadczyć może o tym, że niesporczaki występujące w kriokonicie stanowią odrębną grupę niż niesporczaki żyjące w ekosystemach lądowych.

**Wszystkie stwierdzone taksony różniły się od innych podobnych gatunków zasiedlaną niszą termalną, tj. otworami kriokonitowymi, na dnie których temperatura oscyluje wokół 1° C w trakcie lata polarnego (Zawierucha i in., 2019a, II praca cyklu).** Opisanie *P. glacialis* oraz porównanie z *P. islandicus* (Buda i in., 2018), zasiedlającym geotermalnie aktywne pola lawowe na Islandii i *P. recamierei* występującym w tundrze na Svalbardzie wskazuje, że różnicuje je rodzaj habitatu, tj. mszaki na ciepłych polach lawowych vs. mszaki w tundrze vs. kriokonit w stabilnym termalnie otworze kriokonitowym. Na podkreślenie zasługuje również fakt, że analiza morfologiczna osobników z materiału z tundry, obejmującego setki próbek mszaków i porostów, podczas badań prowadzonych w ramach mojej pracy doktorskiej nie wykazała przedstawicielei łatwo rozpoznawalnego *G. cryophilus* w środowisku lądowym Svalbardu. Ponadto domniemane kryptyczne gatunki kompleksu *H. dujardini* na lodowcach różniły się morfometrycznie od okazów z tundry. Wszystkie te przesłanki (ekologiczne, morfometryczne, morfologiczne i molekularne) wskazują, że opisane taksony są związane wyłącznie ze środowiskiem otworów kriokonitowych lub ekosystemami górskimi i polarnymi, co potwierdza moje wcześniejsze założenia (Zawierucha i in. 2019c (IV praca cyklu), Zawierucha i in. 2016a).

Moje badania pokazują, że istotnym czynnikiem kształtującym różnorodność niesporczaków na lodowcach jest ich nisza termalna, charakteryzująca się niską i stałą temperaturą na dnie otworów kriokonitowych w przeciwieństwie do różnorodności niesporczaków żyjących w mszakach czy innych zbiornikach wodnych. Wyniki przedstawionych badań pokazują, że specyficzność siedliskowa może być ważnym elementem diagnoz różnicujących pozornie podobne gatunki w obrębie Tardigrada. **Analizy taksonomiczne przedstawione w pracy wskazują, że lodowce w Arktyce zasiedlone są przez gatunki niesporczaków o wąskiej specjalizacji siedliskowej, dlatego też aktualne oraz przyszłe topnienie lodowców może wpłynąć negatywnie na ich różnorodność.**

#### Literatura do punktu 4.

- Anesio, A.M. & Laybourn-Parry, J. (2012). Glaciers and ice sheets as a biome. *TrEE* 4, 219–225.
- Aristotle. 350 B.C.E. *Historia Animalium*. Book VIII, part 2. Athens. Translated by D'Arcy Wentworth Thompson.
- Azzoni, R.S., Franzetti, A., Fontaneto, D., Zullini, A. & Ambrosini, R. (2015). Nematodes and rotifers on two Alpine debris-covered glaciers. *Ital. J. Zool.* 82, 616–623.
- Bagshaw, E.A., Tranter, M., Fountain, A.G., Welch, K., Basagic, H.J. & Lyons, W.B. (2013). Do cryoconite holes have the potential to be significant sources of C, N, and P to downstream depauperate ecosystems of Taylor Valley, Antarctica. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 45 (4), 440–454.
- Buda, J., Łokas, Ł., Pietryka, M., Richter, D., Magowski, W., Iakovenko, N.S., Porazinska, D.L., Budzik, T., Grabiec, M., Grzesiak, J., Klimaszyk, P., Gaca, P. & Zawierucha, K. (2020). Biotope and biocenosis of cryoconite hole ecosystems on Ecology Glacier in the maritime Antarctic. *Sci. Total Environ.* 724, 138112.
- Cesari, M., McInnes, S.J., Bertolani, R., Rebecchi, L. & Guidetti, R. (2016). Genetic diversity and biogeography of the south polar water bear *Acutuncus antarcticus* (Eutardigrada: Hypsibiidae) – evidence that it is a truly pan-Antarctic species. *Invertebr. Syst.* 30, 635–649.
- Cook, J., Edwards, A., Takeuchi, N. & Irvine-Fynn, T. (2016). Cryoconite: The dark biological secret of the cryosphere. *Prog. Phys. Geog.* 40, 66–111.
- Darwin, C.R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray.
- Dastych, H. (1985). West Spitsbergen Tardigrada. *Acta Zool. Cracov.* 28, 169–214.
- Dastych, H. (2019). *Cryobiotus roswithae* gen. n., sp. n., a new genus and species of glacier-dwelling tardigrades from Northern Norway (Tardigrada, Panarthropoda). *Entomol. Heute* 31, 95–111.
- Dastych, H., Kraus, H.J. & Thaler, K. (2003). Redescription and notes on the biology of the glacier tardigrade *Hypsibius klebelsbergi* Mihelcic, 1959 (Tardigrada), based on material from Otztal Alps, Austria. *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.* 100, 73–100.
- De Smet, W.H. & Van Rompu, E.A. (1994). Rotifera and Tardigrada from some cryoconite holes on a Spitsbergen (Svalbard) glacier. *Belg. J. Zool.* 124, 27–37.
- Drygalski, E.V. (1897). Die Kryoconitlcher. In *Gronland– Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1891–1893*: 93–103. Kuhl, W.H. (Ed.). Berlin: Heerausgegeben von dek.
- Fontaneto, D. (2019). Long-distance passive dispersal in microscopic aquatic animals. *Mov. Ecol.* 7, 10.
- Fountain, A.G., Campbell, J.L., Schuur, E.A., Stammerjohn, S.E., Williams, M.W. & Ducklow, H.W. (2012). The disappearing cryosphere: impacts and ecosystem responses to rapid cryosphere loss. *Bioscience* 62, 405–415.
- Franzetti, A., Navarra, F., Tagliaferri, I., Gandolfi, I., Bestetti, G., Minora, U., Azzoni, R.S., Diolaiuti, G., Smiraglia, C. & Ambrosini, R. (2017). Potential sources of bacteria colonizing the cryoconite of an Alpine glacier. *PLoS One* 12, e0174786.
- Hodson, A.J., Anesio, A.M., Tranter, M., Fountain, A., Osborn, M., Priscu, J., Laybourn-Parry, J. & Sattler, B. (2008). Glacial ecosystems. *Ecol. Monogr.* 78, 41–67.
- Janiec, K. (1996). The comparison of freshwater invertebrates of Spitsbergen (Arctic) and King George Island (Antarctic). *Pol. Polar Res.* 17, 173–202.

- Langford, H., Hodson, A., Banwart, S. & Bøggild, C. (2010). The microstructure and biogeochemistry of Arctic cryoconite granules. *Ann. Glaciol.* 51(56), 87–94.
- Lawson, E.C., Bhatia, M.P., Wadham, J.L. & Kujawinski, E.B. (2014). Continuous summer export of nitrogen-rich organic matter from the Greenland Ice Sheet inferred by ultrahigh resolution mass spectrometry. *Environ. Sci. Technol.* 48, 14248–14257.
- Łokas, E., Zawierucha, K., Cwanek, A., Szufa, K., Gaca, P., Mietelski, J.W. & Tomankiewicz, E. (2018). The sources of high airborne radioactivity in cryoconite holes from the Caucasus (Georgia). *Sci. Rep.* 8, 10802.
- Mieczan, T., Górniak, D., Świątecki, A., Zdanowski, M., Tarkowska, M. & Adamczuk, M. (2013). Vertical microzonation of ciliates in cryoconite holes in ecology glacier, King George Island. *Pol. Polar Res.* 34, 201–212.
- Musilova, M., Tranter, M., Bennett, S. A., Wadham, J.L. & Anesio, A. (2015). Stable microbial community composition on the Greenland Ice Sheet. *Front. Microbiol.* 6, 193.
- Nordenskiöld, A.E. (1875). Cryoconite found 1870, July 19th-25th, on the inland ice, east of Auleitsivik Fjord, Disco Bay, Greenland. *Geol. Mag.* 2 (2), 157–162.
- Overhoff, A., Freckman, D.W. & Virginia, R.A. (1993). Life cycle of the microbivorous Antarctic Dry Valley *Scottinema lindsayae* (Timm, 1971). *Pol. Biol.* 13, 151–156.
- Pittino, F., Maglio, M., Gandolfi, I., Azzoni, R.S., Diolaiuti, G., Ambrosini, R. & Franzetti, A. (2018). Bacterial communities of cryoconite holes of a temperate alpine glacier show both seasonal trends and year-to-year variability. *Ann. Glaciol.* 59, 1–9.
- Porazinska, D.L., Fountain, A.G., Nylen, T.H., Tranter, M., Virginia, R.A. & Wall, D.H. (2004). The biodiversity and biogeochemistry of cryoconite holes from McMurdo Dry Valley glaciers, Antarctica. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 36, 84–91.
- Sommers, P., Darcy, J.L., Gendron, E.M.S., Stanish, L.F., Bagshaw, E.A., Porazinska, D.L. & Schmidt, S.K. (2018). Diversity patterns of microbial eukaryotes mirror those of bacteria in Antarctic cryoconite holes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 94(1).
- Sommers, P., Darcy, J.L., Porazinska, D.L., Gendron, E.M.S., Fountain, A.G., Zamora, F., Vincent, K., Cawley, K.M., Solon, A.J., Vimercati, L., Ryder, J. & Schmidt, S.K. (2019a). Comparison of microbial communities in the sediments and water columns of frozen cryoconite holes in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. *Front. Microbiol.* 10, 65.
- Sommers, P., Porazinska, D.L., Darcy, J.L., Zamora F, Fountain, A. & Schmidt S. (2019b). Experimental cryoconite holes as mesocosms for studying community ecology. *Pol. Biol.* 42, 1973–1984.
- Stibal, M., Lawson, E.C., Lis, G.P., Mak, K.M., Wadham, J.L. & Anesio, A.M. (2010). Organic matter content and quality in supraglacial debris across the ablation zone of the Greenland ice sheet. *Ann. Glaciol.* 51, 1–8.
- Takeuchi, N., Nishiyama, H. & Li, Z. (2010). Structure and formation process of cryoconite granules on Urumqi glacier No. 1, Tien Shan, China. *Ann. Glaciol.* 51, 9–14.
- Takeuchi, N., Kohshima, S., Yoshimura, Y., Sekto, K. & Fujita, K. (2000). Characteristics of cryoconite holes on a Himalayan glacier, Yala Glacier Central Nepal. *Bull. Glaciol. Res.* 17, 51–59.
- Wharton, D.A., McKay, C.P., Simmons, G.M. & Parker, P.C. (1985). Cryoconite holes on glaciers. *Biogeoscience* 35, 499–503.
- Vieli, A., Jania, J., Blatter, H. & Funk, M. (2004). Short-term velocity variations on Hansbreen, a tidewater glacier in Spitsbergen. *J. Glaciol.* 50, 389–398.



- Vonnahme, T.R., Devetter, M., Zarsky, J.D., Sabacka, M. & Elster, J. (2016). Controls on microalgal community structures in cryoconite holes upon high Arctic glaciers, Svalbard. *Biogeoscience* 13, 659–674.
- Zawierucha, K., Ostrowska, M., Vonnahme, T.R., Devetter, M., Nawrot, A.P., Lehmann, S. & Kolicka, M. (2016a). Diversity and distribution of Tardigrada in Arctic cryoconite holes. *J. Limnol.* 75, 545–559.
- Zawierucha, K., Vonnahme, T. R., Devetter, M., Kolicka, M., Ostrowska, M., Chmielewski, S. & Kosicki, J.Z. (2016b). Area, depth and elevation of cryoconite holes in the Arctic do not influence Tardigrada densities. *Pol. Polar Res.* 37, 325–334.
- Zawierucha, K., Buda, J., Pietryka, M., Richter, D., Łokas, E., Lehmann-Konera, S., Makowska, N. & Bogdziewicz, M. (2018a). Snapshot of micro-animals and associated biotic and abiotic environmental variables on the edge of the south-west Greenland ice sheet. *Limnology* 19, 141–150.
- Zawierucha, K., Stec, D., Lachowska-Cierlik, D., Takeuchi, N., Li, Z. & Michalczyk, Ł. (2018b). High mitochondrial diversity in a new water bear species (Tardigrada: Eutardigrada) from mountain glaciers in central Asia, with the erection of a new genus *Cryoconicus*. *Ann. Zool.* 68, 179–201.
- Zawierucha, K., Buda, J. & Nawrot, A. (2019a). Extreme weather event results in the removal of invertebrates from cryoconite holes on an Arctic valley glacier (Longyearbreen, Svalbard). *Ecol. Res.* 34, 370–379.
- Zawierucha, K., Buda, J., Fontaneto, D., Ambrosini, R., Franzetti, A., Wierzgon, M. & Bogdziewicz, M. (2019b). Fine-scale spatial heterogeneity of invertebrates within cryoconite holes. *Aquat. Ecol.* 53, 179–190
- Zawierucha, K., Buda, J., Azzoni, R.S., Niskiewicz, M., Franzetti, A. & Ambrosini, R. (2019c). Water bears dominated cryoconite hole ecosystems: densities, habitat preferences and physiological adaptations of Tardigrada on an alpine glacier. *Aquat. Ecol.* 53, 543–556.
- Zawierucha, K. & Shain, D.H. (2019). Disappearing Kilimanjaro snow are we the last generation to explore equatorial glacier biodiversity? *Ecol. Evol.* 9, 8911–8918.
- Zawierucha, K., Buda, J., Jaromerska, T., Janko, K. & Gąsiorek, P. (2020) Integrative approach reveals new species of water bears (*Pilatobius*, *Grevenius*, and *Acutuncus*) from Arctic cryoconite holes, with the discovery of hidden lineages of *Hypsibius*. *Zool. Anz.* 289, 141–165.
- Zawierucha, K., Porazinska, D.L., Ficetola, G.F., Ambrosini, R., Baccolo, G., Buda, J., Ceballos, J.L., Devetter, M., Dial, R., Franzetti, A., Fuglewicz, U., Gielly, L., Łokas, E., Janko, K., Novotna Jaromerska, T., Koscinski, A., Kozłowska, A., Ono, M., Parnikoza, I., Pittino, F., Poniecka, E., Sommers, P., Schmidt, S.K., Shain, D., Sikorska, S., Uetake, J. & Takeuchi, N. (2021). A hole in the nematosphere: tardigrades and rotifers dominate the cryoconite hole environment, whereas nematodes are missing. *J. Zool.* 313, 18–36.

## **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

Jestem głównym autorem oraz współautorem 65 artykułów opublikowanych w międzynarodowych czasopismach z *Journal Citation Reports* oraz sześciu artykułów spoza listy. Moje pierwsze publikacje naukowe, we współpracy ze środowiskiem międzynarodowym, zostały opublikowane w okresie studiów licencjackich i magisterskich. Po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałem łącznie 29 artykułów (w tym sześć wchodzących w cykl przedstawionego osiągnięcia habilitacyjnego). Moja obecna liczba cytowań wynosi 692, z kolei indeks H to 14 (bez autocytowań wg Scopus, 09.02.2021). Mój sumaryczny IF wynosi 117,1 (po uzyskaniu stopnia doktora IF = 68,3). Moje prace naukowe dotyczyły głównie taksonomii, biogeografii i ekologii niesporczaków, ale nie tylko. Ponadto zajmowałem się fauną obcą zasiedlającą palmiarnie i różnorodnością bezkręgowców tundrowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora w swoich badaniach skupiłem się na szerokim spektrum zagadnień związanych z funkcjonowaniem ekosystemów kriokonitowych. Moje badania w tym zakresie mają charakter globalny i interdyscyplinarny. Dotyczą m.in. bioróżnorodności ekosystemów glacialnych, dyspersji bezkręgowców, bioakumulacji zanieczyszczeń na lodowcach czy konsekwencji obecnego topnienia kriosfery. Prace, w których jestem autorem wiodącym oraz współautorem zostały opublikowane w periodykach naukowych takich jak *Science of the Total Environment*, *Nature Ecology & Evolution*, *Zoological Journal of the Linnean Society*, *Scientific Reports*, *Journal of Zoology* czy *Biogeosciences* oraz bardziej specjalistycznych, jak np. *Polar biology*, *Zootaxa* czy *Annales zoologici*. Lista publikacji znajduje się w załączniku nr 4.

W moje badania zaangażowani są naukowcy z Polski oraz z ośrodków zagranicznych. Obecnie aktywnie współpracuję z naukowcami z Chiba University w Japonii, Rutgers State University i Colorado State University w USA, University Milano Bicocca we Włoszech oraz The Czech Academy of Sciences w Liběchovie.

Podczas studiów magisterskich oraz doktoranckich byłem kierownikiem projektów finansowanych przez MNiSW (Diamentowy Grant), Narodowe Centrum Nauki (Preludium i Etiuda) oraz Komisję Europejską (SYNTHESYS). Brałem także udział w projektach międzynarodowych finansowanych przez NCBR oraz przez Norwegian Biodiversity Information Centre. Po uzyskaniu stopnia doktora otrzymałem grant NCN OPUS (realizowany w ramach współpracy międzynarodowej), dotyczący badania roli zwierząt w ekosystemach kriokonitowych (na lata 2019-2022), grant INTERACT (Finansowany przez H2020, 2018 r.) na badania fauny lodowców w Norwegii. Ponadto jestem obecnie opiekunem Diamentowego Grantu (MNiSW, 2019-2021 r.) realizowanego przez mgra Jakuba Budę, dotyczącego bioakumulacji sztucznych radioizotopów na lodowcach. Jestem także zaangażowany w projekty realizowane we współpracy z naukowcami z zagranicy dotyczące (i) integracji badań i monitoringu zanieczyszczeń na Svalbardzie (finansowany przez Svalbard Science Forum), (ii) koncentracji sztucznych radionuklidów na lodowcach (NCN 2018/31/B/ST10/03057), oraz (ii) badania izotopów stabilnych w niesporczakach i wrotkach z kriokonitu (Charles University Grant Agency (GA UK), no. 596120). W grudniu 2020 r., otrzymałem stypendium NAWA na realizację badań na Uniwersytecie Chiba w Japonii, które będą dotyczyły odpowiedzi niesporczaków zasiedlających śnieg na zróżnicowany reżim termalny. Jestem także w trakcie realizacji projektu finansowanego w ramach

programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza UAM na prowadzenie badań we współpracy z profesorem Danielem Shain'em (Rutgers State University), dotyczącego różnorodności i mechanizmów dyspersji bezkręgowców z lodowców na Nowej Zelandii. Lista prowadzonych i zakończonych projektów znajduje się w załączniku nr 4.

W czasie studiów doktoranckich odbyłem dwa trzymiesięczne staże. Pierwszy w Instytucie Zoologii i Nauk Biomedycznych w Uniwersytecie Jagiellońskim (2014 r.), kolejny w British Antarctic Survey w Cambridge (w ramach grantu NCN Etiuda w 2017 r.). Po uzyskaniu stopnia doktora odbyłem sześciomiesięczny staż podoktorski w Czeskiej Akademii Nauk, w Instytucie Fizjologii i Genetyki Zwierząt (2017-2018 r.). Za granicą łącznie spędziłem 9 miesięcy (wyłączając prace terenowe i kursy międzynarodowe). Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłem badania terenowe w Norwegii w stacji Finse oraz przez trzy sezony na lodowcu Forni we Włoszech. Wspólnie z naukowcami z Finlandii, Islandii i Włoch, dwa razy współorganizowałem panel dotyczący interakcji pyłów i kriosfery „*Atmosphere – Cryosphere interaction with focus on transport, deposition and effects of dust, black carbon, and other aerosols*” na międzynarodowej konferencji European Geosciences Union w Wiedniu (2018, 2019). W 2019 r. w ramach realizowanego obecnie grantu OPUS zorganizowałem także międzynarodowe spotkanie projektowe w UAM z udziałem naukowców z Włoch, Estonii, Wielkiej Brytanii, Japonii i Czech.

Poza aktywnością związaną z prowadzeniem badań, realizacją projektów badawczych i pisaniem własnych prac naukowych, często recenzuję publikacje dla czasopism międzynarodowych oraz wnioski projektowe dla polskich i zagranicznych agencji grantowych. Do tej pory, po uzyskaniu stopnia doktora, recenzowałem artykuły m.in. dla *Zoological Journal of the Linnean Society*, *Nature Reviews Earth & Environment*, *Microbial Ecology*, *Biology Letters* oraz wnioski grantowe dla m.in. NCN, NAWA czy Czech Science Foundation. Jestem autorem oraz współautorem ponad 70 komunikatów konferencyjnych w formie plakatu i referatu na konferencjach krajowych i międzynarodowych (m.in. Arctic Science Summit Week, International Symposium on Tardigrada, The Czech Polar Conference).

Najważniejsze konferencje, w których uczestniczyłem po okresie uzyskania stopnia doktora to European Geosciences Union (Wiedeń) oraz Polskie Sympozjum Polarne (Poznań). W trakcie studiów magisterskich oraz doktoranckich uzyskałem dwukrotnie stypendium MNiSW dla wybitnych studentów (2015/2016, 2016/2017), stypendium Fundacji UAM (2014/2015), stypendium Rektora UAM (czterokrotnie), czy Stypendium Rodziny Kulczyków (2012/2013). Moja rozprawa doktorska została wyróżniona przez radę Wydziału Biologii UAM. W 2019 roku podczas Sympozjum Polarnego „*Polar Change – Global Change*” w Poznaniu otrzymałem nagrodę za najlepszy referat pt. „*Ecology and dispersion of tardigrades and rotifers in supraglacial environments*”. Moje osiągnięcia naukowe zostały uhonorowane Stypendium MNiSW dla Młodych Wybitnych Naukowców w 2018 roku. Ze względu na swoje zainteresowania i osiągnięcia z nimi związane prowadziłem zajęcia dla słuchaczy studiów doktoranckich w Centre for Polar Studies w Instytucie Geofizyki PAN w Warszawie (2018 r.) oraz wygłosiłem wykład na zaproszenie pt. „*Small bears in a cold world*” podczas seminarium dla studentów w Rutgers State University w Camden, USA (2017 r.). Wykaz dodatkowej aktywności naukowej i recenzenckiej znajduje się w załączniku 4.

## **6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.**

Zarówno w trakcie studiów doktoranckich, jak i w okresie po uzyskaniu stopnia doktora, aktywnie angażowałem się w działalność dydaktyczną, popularyzatorską oraz organizacyjną na Wydziale Biologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, w jednostkach edukacyjnych i w organizacjach pozarządowych.

### **Osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne**

W ramach działalności dydaktycznej po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłem zajęcia w formie ćwiczeń, konwersatoriów oraz wykładów na Wydziale Biologii UAM. Za swoją działalność dydaktyczną studenci wybrali mnie najlepszym dydaktykiem na Wydziale Biologii UAM w roku akademickim 2018/2019, za co uhonorowano mnie nagrodą Rektora *Preceptor Laureatus*. Obecnie prowadzę zajęcia dydaktyczne w ramach następujących kursów przedmiotowych: *Biotaksonomia*, *Historia życia na Ziemi*, czy *Fauna Wielkopolski*. Jako koordynator prowadziłem także swój autorski kurs przedmiotowy *Environmental global changes* dla studentów anglojęzycznego kierunku *Environmental Protection*, a na chwilę obecną jestem autorem oraz koordynatorem drugiego przedmiotu *Konsekwencje globalnych zmian środowiska* dedykowanego dla studentów kierunku biologia.

W okresie od uzyskania stopnia doktora wypromowałem dwie prace licencjackie i jedną magisterską, z czego dwie z tych prac zostały napisane w języku angielskim. Obecnie jestem promotorem jednej pracy licencjackiej oraz promotorem pomocniczym w jednym przewodzie doktorskim. Zarówno badania prowadzone w ramach pracowni licencjackiej jak i doktoratu dotyczą zagadnień związanych z regionami górskimi, polarnymi i kryzysem środowiskowym. Dodatkowo byłem także opiekunem trzymiesięcznego stażu studenta z Japonii, Masato Ono (Chiba University), w ramach programu *Overseas Visits by Young Researchers for 2019, Arctic Challenge for Sustainability (ArCS)*. Wyniki uzyskane podczas stażu były prezentowane na konferencjach międzynarodowych, a ponadto na ich podstawie przygotowany został manuskrypt publikacji naukowej, który obecnie jest opublikowany w czasopiśmie z listy filadelfijskiej.

Poza działalnością dydaktyczną na UAM, jestem także opiekunem kierunku *Ochrona Środowiska* (rocznik 2018/2019) oraz opiekuję się studentką *Sekcją Badania Ekosystemów Górskich i Polarnych Koła Naukowego Przyrodników (KNP) UAM*, koordynując ich działania badawcze oraz popularyzatorskie. W ramach działalności organizacyjnej i dydaktycznej w UAM wygłaszałem wykłady na zaproszenie dla KNP, Zakładu Mineralogii i Petrologii UAM, prowadziłem warsztaty podczas Dnia Polarnego w UAM, a także udzielałem wywiadów i wypowiedzi dla „*Życia uniwersyteckiego*” i TV UAM. Moje dotychczasowe osiągnięcia naukowe zostały docenione poprzez włączenie mnie do *Zespołu ds. Zrównoważonego Rozwoju w UAM*. Szczegóły dotyczące aktywności dydaktycznej oraz dodatkowej działalności uniwersyteckiej znajdują się w załączniku nr 7.

## Działalność popularnonaukowa

Od czasów studiów magisterskich aktywnie angażuję się w działalność popularyzującą naukę. Już w trakcie studiów magisterskich pisałem artykuły dla czasopism popularnonaukowych (*Wiedza i życie*, *Salamandra*). Jako kierownik *Sekcji Badania Bezkręgowców Koła Naukowego Przyrodników* na UAM współorganizowałem warsztaty podczas *Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki* oraz *Nocy Biologów* dotyczące różnorodności bezkręgowców glebowych i słodkowodnych.

W trakcie studiów doktoranckich byłem finalistą konkursu popularyzatorskiego *FameLab* za co otrzymałem nagrodę MNiSW w postaci udziału w kursie astrobiologicznym na Islandii w 2016 r. Pisałem artykuły popularnonaukowe dla portalu *Crazy Nauka*, udzielałem wypowiedzi o swoich badaniach dla *New Scientists*, *Discovery Magazine* czy *GlacierHub*. Prowadziłem także warsztaty o ekstremofilach na konferencji *Meet the Space* w Krakowie (2015 r.), a w ramach współpracy z fundacją *forScience* organizowałem wykłady i warsztaty w ramach projektu edukacyjnego „*Pan Stanisław*” dla uczniów gimnazjum w Lęborku, dotyczącego przeżywalności bezkręgowców w stratosferze (2014 r.).

Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłem liczne wykłady popularnonaukowe dla szkół i fundacji (Stowarzyszenie Kasztelania Ostrowska, Szkoła Podstawowa w Okupie Małym, Szkoła Podstawowa w Dąbrówce k. Poznania), byłem gościem trzech audycji radiowych (np. offCzarek TOK FM, Trzecie Millenium Radio Poznań), udzielałem wypowiedzi dla prasy (onet.pl, teraz środowisko.pl, PAP) oraz byłem zapraszany w roli eksperta na wydarzenia popularnonaukowe (Kino Letnie w Centrum Nauki Kopernik). Po uzyskaniu stopnia doktora pisałem także artykuły dla portali popularnonaukowych *CrazyNauka* czy *EduArctic*. Obecnie piszę regularnie dla czasopisma *Biologia w Szkole*. Prowadzę także własnego bloga *glacier&polar life*, gdzie opisuję wyniki prowadzonych przeze mnie badań. W ramach współpracy ze *Stowarzyszeniem Rzecznicy Nauki* byłem gościem serii filmów popularnonaukowych „*Projekt Alfa*”. Za moje największe osiągnięcia popularyzatorskie po uzyskaniu stopnia doktora uważam współautorstwo w książce popularnonaukowej dotyczącej krioikonitu pt. „*Sekretne życie lodowców*”, opublikowanie serii artykułów dla czasopisma *Biologia w Szkole*, oraz wygłoszenie wykładu o ekosystemach lodowych na konferencji międzynarodowej „*STEAM and climate change with eTwinning*” dla nauczycieli szkół podstawowych. W tym roku wspólnie z telewizją UAM przygotowaliśmy film pt. „*Znikające Krainy Lodu*”. Szczegóły dotyczące działalności popularyzatorskiej znajdują się w załączniku nr 8.

## 7. Aktywność organizacyjna i pozostała

W trakcie studiów magisterskich i doktoranckich brałem udział w organizacji licznych warsztatów w ramach *Poznańskiego Festiwalu Nauki i Sztuki* czy też *Nocy Biologów w UAM*. Po uzyskaniu stopnia doktora angażowałem się m.in. w koordynację wydarzeń popularnonaukowych z ramienia *Sekcji Badania Ekosystemów Górskich i Polarnych* na UAM (2018-2020). Byłem także mentorem w programie mentoringowym Edukacyjnej Fundacji im. Romana Czarneckiego (2019 r.). W ramach współpracy ze Szkołą Podstawową w Okupie Małym pomagałem we współorganizowaniu konkursu literackiego „*Ludzie Listy Piszą*”, dotyczącego zmian klimatu i kryzysu środowiskowego

(2019 r). Obecnie jestem regularnym konsultantem naukowym w *Stowarzyszeniu Kasztelania Ostrowska* i Fundacji *forScience*. W nadchodzącym semestrze letnim 2020/21 będę pełnił rolę opiekuna wizyty mojego współpracownika prof. Andrea Franzetti z University Milano Bicocca we Włoszech, w ramach programu ERASMUS +.

Krzysztof Zawierucha