

AUTOREFERAT

dr Sławomir Cerbin

Zakład Hydrobiologii, Wydział Biologii

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

ul. Umultowska 89, 61 - 614 Poznań

1. Imię i nazwisko: Sławomir Cerbin

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

19 kwietnia 2002 **Doktor nauk biologicznych w zakresie biologii - hydrobiologii**
Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
Tytuł rozprawy doktorskiej: Zooplankton skorupiakowy (Cladocera i Copepoda) zasiedlający makrofity w polimiktycznym Jeziorze Budzyńskim

19 czerwca 1997 **Magister Biologii**
Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2004 – obecnie Zakład Hydrobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, adiunkt; w latach 2007 – 2008 urlop bezpłatny

2007 – 2008 Department of Aquatic Food Web Studies, NIOO-KNAW, Centre for Limnology, Nieuwersluis, Holandia, staż podoktorski (24 miesiące)

01.2004–08.2004 Department of Biological Sciences, Old Dominion University, Norfolk, USA, staż podoktorski (8 miesięcy)

09.2003 - 12.2003 Zakład Hydrobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, powrót na etat naukowo – techniczny

05.2002 - 08.2003 Department of Biological Sciences w Old Dominion University, Norfolk, USA, staż podoktorski (16 miesięcy)

1997–2002 Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, doktorant

1995 – 2004 Zakład Hydrobiologii, Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, pracownik naukowo – techniczny (1997 – 2004 urlop bezpłatny na czas studiów doktoranckich oraz staży podoktorskich)

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 (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

WPLYW SINIC NA HISTORIĘ ŻYCIA *DAPHNIA* SPP. W ZALEŻNOŚCI OD KONTEKSTU
EKOLOGICZNEGO

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa)

b1. Cerbin S, Kraak MHS, de Voogt P, Visser PM, Van Donk E. **2010**. Combined and single effects of pesticide Carbaryl and toxic *Microcystis aeruginosa* on the life history of *Daphnia pulex*. **Hydrobiologia**: 643: 129-138

IF 2010: 1,964; MNiSW: 27

b2. De Senerpont Domis LN, Bartosiewicz M, Davis C, Cerbin S. **2013**. The effect of small doses of toxic cyanobacterial food on the temperature response of *Daphnia galeata*: is bigger better? **Freshwater Biology** 58: 560-572

IF 2013: 2,905; MNiSW: 45

b3. Dziuba M K, Cerbin S, Wejnerowski L. **2015**. Is bigger better? A possibility for adaptation of *Daphnia* to filamentous cyanobacteria in the face of global warming. **Hydrobiologia**: DOI 10.1007/s10750-015-2438-3

IF 2015: 2,051; MNiSW: 30

b4. Cerbin S, Wejnerowski Ł, Dziuba M. **2013**. *Aphanizomenon gracile* increases in width in the presence of *Daphnia*. A defence mechanism against grazing? **Journal of Limnology** 72: 505-511

IF 2013: 1,076; MNiSW: 20

b5. Wejnerowski L, Cerbin S, Dziuba MK. **2015**. Thicker filaments of *Aphanizomenon gracile* are more harmful to *Daphnia* than thinner *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Zoological Studies** 54: 1-13

IF 2015: 0,885; MNiSW: 20

*punkty Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (MNiSW) oraz Impact Factor (IF) z roku opublikowania artykułu.

- Suma IF osiągnięcia naukowego: **8,881**
- Suma punktów MNiSW osiągnięcia naukowego: **142**

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

Ekologia zooplanktonu słodkowodnego znajduje się w kręgu moich zainteresowań od czasu badań prowadzonych w ramach pracy magisterskiej. W pracy doktorskiej zająłem się zooplanktonem skorupiakowym w płytkim jeziorze, zdominowanym przez makrofity zanurzone. Później, w trakcie badań prowadzonych na stażach podoktorskich w NIOO-KNAW (Holandia) i ODU (USA) zainteresowałem się zależnościami między fito- i zooplanktonem.

Relacje między zooplanktonem a sinicami tworzącymi zakwity mają zasadnicze znaczenie dla funkcjonowania jezior w warunkach wzrastającej trofii wód i ocieplenia klimatu. Zooplankton, a w nim szczególnie *Daphnia* spp. stanowi ważne ogniwo między producentami a wyższymi poziomami piramidy troficznej. Zdolność sinic do obrony przed wyjadaniem ma negatywne skutki dla zooplanktonu i może osłabiać efekt kaskady troficznej, wykorzystywany w biomanipulacji. Z tego powodu od dawna przywiązuje się znaczącą uwagę do zrozumienia tych relacji przez co zostały one dobrze udokumentowane. Jednakże wiele prac opisuje proste układy, np. wpływ toksyn na historię życia *Daphnia* spp. Mnie interesują szczególnie relacje wpisane w kontekst, np. zmian temperatury czy obecności toksyn antropogenicznych. Testowanie izolowanych, pojedynczych czynników nie odzwierciedla dokładnie warunków naturalnych. Ponadto kombinacja różnych czynników może mieć zupełnie inny efekt niż przewidywany na podstawie właściwości składowych działających pojedynczo. Przykładem jest wpływ sygnałów chemicznych na indukcję mechanizmów obronnych u *Daphnia* spp., który często zależy od kontekstu abiotycznego, jak temperatura lub światło (Larsson i Dodson, 1993).

Celem prowadzonych przeze mnie badań było sprawdzenie w jaki sposób sinice wpływają na historię życia *Daphnia* spp. w zależności od kontekstu ekologicznego.

Przez kontekst ekologiczny rozumiem zespół współistniejących czynników środowiskowych, które razem z sinicami wpływają na historię życia *Daphnia* spp. Czynniki, którymi zająłem się w swoich badaniach to toksyny antropogeniczne, temperatura oraz informacja chemiczna.

b1. Combined and single effects of pesticide Carbaryl and toxic *Microcystis aeruginosa* on the life history of *Daphnia pulex*

Współczesna cywilizacja produkuje olbrzymią ilość różnych środków chemicznych, które dostają się do środowiska wodnego i często powodują negatywne zmiany w ekosystemach. Przykładem są pestycydy stosowane w rolnictwie do zwalczania szkodników. Ich działanie w

niewielkich ilościach jest uznawane za nieszkodliwe, a często są to jedynie krótkotrwałe epizody (Liess i inni 1999). Carbaryl jest insektycydem, którego okres połowicznego rozpadu wynosi 24 godziny, dlatego rzadko stwierdza się przekroczenia norm w środowisku. Jednakże połączenie różnych substancji chemicznych może spowodować efekt synergii, a przez to wpływać na organizmy i populacje znacznie silniej niż przewidywano na podstawie pojedynczych oddziaływań. Do momentu ukazania się artykułu nikt nie opisywał interakcji pestycydów z naturalnymi toksynami produkowanymi przez sinice, które często dominują w jeziorach o wysokiej trofii. Zooplankton odgrywa ważną rolę w sieci troficznej jezior, dlatego istotna jest znajomość w jaki sposób mieszanina toksyn naturalnych, zawartych w pokarmie oraz tych wytworzonych przez człowieka wpływa na organizmy. Mieszanina może mieć zupełnie inny efekt od tego przewidywanego na podstawie właściwości pojedynczych substancji. Analiza połączonego efektu pestycydów i toksyn sinicowych jest istotna dla pełnego poznania ryzyka dla środowiska i człowieka, dlatego postanowiłem oszacować efekty ich połączonego działania na przykładzie *Daphnia pulex*. **Postawiłem hipotezę, że rozwielitki, po krótkotrwałej ekspozycji na subletalne dawki pestycydu Carbaryl, tracą odporność na długotrwały stres powodowany obecnością w diecie sinic produkujących mikrocystynę LR. Innymi słowy pestycyd w bardzo małym stężeniu, znacznie poniżej dopuszczalnych norm i w ograniczonym przedziale czasowym (ang. pulse exposure), może potęgować działanie naturalnych toksyn sinicowych.**

Badania wykonano w dwóch etapach. Najpierw hodowano *D. pulex* w obecności pojedynczych stresorów. Toksynę sinicową mikrocystynę LR dostarczano jako domieszkę szczepu *Microcystis aeruginosa* (PCC7806), który produkuje jedynie mikrocystynę LR i jej odmianę [Asp³]-mikrocystyna LR. Stężenie mikrocystyny ustalono na pięciu poziomach zmieniając ilość komórek *Microcystis* dodanych do pokarmu podstawowego (*Scenedesmus*). Jako pestycyd wykorzystano Carbaryl, także w pięciu stężeniach. Celem tych dwóch eksperymentów była obserwacja reakcji na pojedyncze stresory oraz doprecyzowanie stężeń, które zostaną zastosowane w głównym eksperymencie (drugi etap) z mieszaniną substancji chemicznych.

Wyniki eksperymentu z Carbarylem zaskoczyły, gdyż jego najniższe stężenie stymulowało wzrost rozwielitek. Prawdopodobnie udało się zaobserwować efekt hormezy, czyli stymulacji organizmu przez niskie stężenia substancji, która w wyższych jest toksyczna. Jedną z hipotez wyjaśniających zjawisko hormezy mówi, że może to być ewolucyjna adaptacja pozwalająca maksymalizować dostosowanie w zmiennym środowisku (Forbes 2000). W przypadku Carbarylu można także przypuszczać, że imitował on sygnał

informujący o obecności larw wodzienia (Hanazato 1999), drapieznika który preferuje mniejsze ofiary. W takiej sytuacji inwestycja w szybszy wzrost i większe rozmiary jest opłacalna. Część wyników "dużego" eksperymentu, testującego wpływ mieszaniny substancji na *D. pulicaria*, pokrywała się z przewidywaniami. Małe dawki pestycydu w krótkim okresie czasu powodowały spadek odporności badanych organizmów na mikrocytynę. Rozwielitki dojrzewały znacznie później i przy mniejszych rozmiarach, produkowały też mniej jaj. Zaskakujący był jednak wpływ na potomstwo, w którym śmiertelność dochodziła do 100%. Ponadto, pojawiały się reakcje, których wcześniej nie obserwowano w przypadku działania pojedynczych substancji. Działanie toksyny sinicowej i pestycydu powodowało u potomstwa zwyrodnienie serca, odklejanie tkanek miękkich od pancerzyka oraz niedorozwój narządu ruchu.

W tej i następnej pracy wykorzystano opracowaną przeze mnie metodę ekstrakcji toksyn z pojedynczych osobników rozwielitek.

Wyniki moich badań pokazują, że niewielkie "zakłócenie" w środowisku w formie pestycydów może upośledzić proces detoksykacji lub spowodować wybór błędnej strategii życiowej (większe rozmiary mimo braku drapieznika), Prawdopodobnie oba czynniki wzmocniły działanie naturalnej toksyny sinicowej. Bardzo silny efekt synergii, uwidoczony w letalnych uszkodzeniach potomstwa, nie był dotąd opisywany. Interesującym efektem jest stymulacja wzrostu *D. pulicaria* przez Carbaryl w niskich stężeniach w kontekście odporności na toksyny. Wynik ten zainspirował mnie do postawienia pytania jaki jest związek rozmiarów organizmów z odpornością na toksyny sinicowe. Przeprowadzone badania opisuję w kolejnym artykule b2.

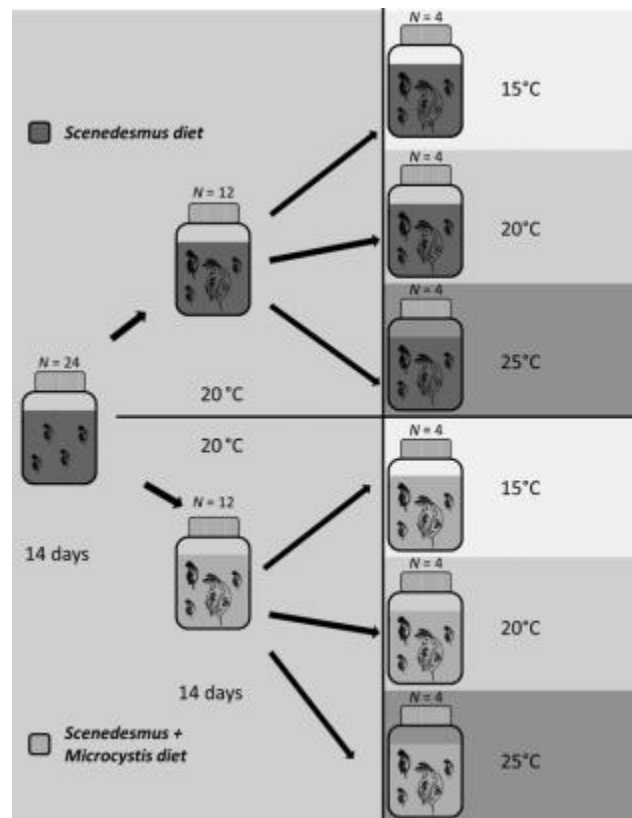
b2. The effect of small doses of toxic cyanobacterial food on the temperature response of *Daphnia galeata*: is bigger better?

W przypadku kombinacji dwóch stresorów chemicznych, cyjanotoksyny i pestycydu, zwiększoną toksyczność tłumaczono tym, że pestycyd obniżał granicę odporności *D. pulicaria* na toksyny sinicowe. Jak sugerowano w poprzednim artykule i pracach innych autorów (np. Enserink i inni 1990) odporność na toksyny może być zależna także od wielkości organizmu. Embriony lub mniejsze, młode osobniki gorzej radzą sobie z toksynami sinicowymi czy pestycydami. Może to być związane, np. ze stosunkiem powierzchni do objętości organizmu, gdzie mniejsze rozmiary oznaczają proporcjonalnie większą powierzchnię wchłaniania. Większe rozmiary ciała są często łączone z lepszą kondycją (ang. performance) organizmu i wyższym dostosowaniem. Wiele prac wskazuje na selekcję

kierunkową w stronę większych rozmiarów, dzięki którym osobniki mają wyższą przeżywalność, są płodniejsze i osiągają wyższy sukces reprodukcyjny (Kingsolver i Pfennig 2004). Poza toksynami, także temperatura wpływa na wielkość *Daphnia* jak i na szereg procesów biologicznych (np. wzrost i reprodukcję) i chemicznych (np. kinetyka reakcji enzymatycznych). Organizmy egzotermiczne wykazują odwrotny związek między rozmiarami ciała dorosłego osobnika a temperaturą w jakiej wzrastał. Zjawisko to jest określane jako reguła "temperatury i wielkości" (ang. 'temperature - size rule'), która mówi, że większość organizmów egzotermicznych rozwijających się w wyższych temperaturach będzie relatywnie mniejsza jako osobniki dorosłe (Kingsolver 2009).

Znając możliwe reakcje rozwielitek na pojedyncze stresory (temperatura i słaby jakościowo pokarm) postanowiłem przetestować jak *Daphnia galeata*, zareaguje na kombinację obu czynników. Efekty działania jedynie temperatury lub pokarmu wskazują na możliwe kontrastujące reakcje, np. w wyższej temperaturze *D. galeata* dojrzewa szybciej i osiąga mniejsze rozmiary, natomiast obecność niewielkiej ilości toksyn w diecie powoduje opóźnienie reprodukcji i inwestycję w większe potomstwo. W artykule postawiliśmy **hipotezę, że krótkotrwale działanie toksyn spowoduje spadek wzrostu populacji, ale będą się one składać z większych osobników (odporniejszych). Druga hipoteza zakładała, że przy dłuższej ekspozycji na toksyny, dafnie w podwyższonej temperaturze byłyby "zmuszone" dojrzewać osiągając mniejsze rozmiary a przez to produkować mniejsze i mniej odporne potomstwo. Natomiast w niższej temperaturze *D. galeata* powinna radzić sobie lepiej dzięki większym rozmiarom indukowanym przez obniżoną temperaturę.**

Aby odpowiedzieć na postawione przeze mnie pytania zaprojektowałem wraz z dr Lisette De Senerpont Domis eksperyment w mezosystemach, który przeprowadziliśmy wraz z dwójką studentów. Jego celem było oszacowanie efektów toksycznych sinic (*Microcystis aeruginosa*) obecnych w pokarmie, w różnych temperaturach. W pierwszym etapie eksperymentu umieszczono po 50 losowo wybranych osobników w 24 pojemnikach o objętości 10L każdy. Po 14 dniach preinkubacji pojemniki z rozwielitkami podzielono na dwie grupy. W pierwszej grupie kontynuowano karmienie pokarmem o dobrej jakości, a w drugiej zaczęto podawanie toksycznych sinic (3,5% udział w pokarmie). Przez cały czas utrzymywano stałą temperaturę 20°C. W drugim etapie eksperymentu dokonano ponownego podziału grup na 3 ze względu na temperaturę (15, 20 i 25°C). Temperaturę zmieniano stopniowo od 14 dnia eksperymentu. Schemat układu eksperymentu przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Schemat układu eksperymentu w artykule b2.

Żadna z postawionych hipotez nie potwierdziła się. Populacje *Daphnia galeata* wystawione na krótkotrwałe działanie toksycznej *M. aeruginosa* (7 dni) w niewielkich dawkach, odwrotnie do naszych oczekiwań, były liczniejsze niż te hodowane na pokarmie dobrej jakości (*Scenedesmus obliquus*). W dłuższym terminie nie wykazano także różnic w wielkościach ciała bez względu na temperaturę czy pokarm. Jednakże temperatura wpływała na stosunek długości do szerokości ciała *D. galeata* (bez względu na typ pokarmu), gdzie był on najniższy w 15°C, a najwyższy w 25°C. Jego niższe wartości przekładają się na proporcjonalnie większą komorę lęgową, a więc i potencjalnie więcej potomstwa, co zaobserwowano u rozwielitek w niskiej temperaturze karmionych jedynie dobrym jakościowo pokarmem. Długotrwałe odżywianie się *M. aeruginosa* powodowało spadek średniej liczby jaj w kładce, nawet u rozwielitek hodowanych w niskiej temperaturze z większymi komorami lęgowymi.

Wykazaliśmy, że przedłużone działanie niewielkich ilości mikrocytyn maskuje efekt podwyższonej temperatury (brak różnic w wielkości ciała i liczbie potomstwa). W odpowiedzi na temperaturę zmieniały się jedynie proporcje ciała (zwiększenie wielkości komory lęgowej w niższej temperaturze), jednakże wpływ sinic na redukcję liczby potomstwa był silniejszy i nie pozwalał na wykorzystanie potencjału wielkości komory lęgowej. Nasze

badania wskazują też, że nawet niewielki udział w diecie toksycznych sinic (zaledwie 3,5%) przekłada się w dłuższym okresie czasu na spadek reprodukcji i liczebności populacji *D. galeata*.

W opisanym eksperymencie nie udało się zaobserwować zmian wielkości rozwielitek manipulując temperaturą, gdyż wpływ toksycznej *M. aeruginosa* był dominujący. Dlatego w badaniach opisanych w następnym artykule (b3) wykorzystaliśmy nietoksyczny szczep sinicy nitkowatej, która przez swoją morfologię może wpływać na wielkość rozwielitek z pominięciem dominującego oddziaływania toksyn.

b3. Is bigger better? A possibility for adaptation of *Daphnia* to filamentous cyanobacteria in the face of global warming

Ekosystemy słodkowodne są szczególnie narażone na zmiany klimatyczne, a organizmy planktonowe, przez swoje uwarunkowania fizjologiczne, na związany z nimi wzrost temperatury. Podwyższona temperatura może powodować zmniejszenie rozmiarów wioślarek zarówno na poziomie gatunku jak i zespołu (Daufrense i inni 2009). Obserwowane ocieplenie klimatu przyczynia się również do zmian w fitoplanktonie. Przewiduje się, że nastąpi wzrost dominacji sinic i bruzdnic (Jeppesen i inni 2009). Sinice mogą wpływać negatywnie na kondycję *Daphnia* spp. poprzez wytwarzane toksyny. Stanowią także słaby jakościowo pokarm, gdyż nie zawierają ważnych dla rozwoju *Daphnia* spp. steroli i kwasów tłuszczowych. Poza tym niektóre występują w formie nitkowatej (trychomów) przez co utrudniają filtrację i zmuszają rozwielitki do odrzucania pokarmu w trakcie oczyszczania komory filtracyjnej. Podatność *Daphnia* spp. na zaburzenia filtracji jest zależna od wielkości ich ciała. Większe gatunki, a wewnątrz gatunków większe osobniki są bardziej podatne na negatywny wpływ sinic nitkowatych niż te o mniejszych rozmiarach (Hawkins i Lampert 1989).

Celem badań było sprawdzenie w warunkach laboratoryjnych czy klony *Daphnia longispina* zasiedlające jeziora podgrzewane przez okres kilkudziesięciu lat osiągają mniejsze rozmiary niż klony w jeziorach o naturalnym reżimie temperatury (klony referencyjne), a w konsekwencji, czy są przez to odporniejsze na obecność sinic nitkowatych. Spodziewaliśmy się, że klony z podgrzanych jezior będą mniejsze w stosunku do klonów referencyjnych, dzięki czemu osiągną wyższy sukces reprodukcyjny w obecności sinic nitkowatych. Z drugiej strony należało oczekiwać, że klony referencyjne, o większych rozmiarach, wydadzą więcej potomstwa w optymalnych warunkach pokarmowych.

W eksperymentach użyliśmy 8 losowo wybranych klonów z jezior i sztucznego zbiornika wykorzystywanych w systemie chłodzenia elektrowni "Konin" i "Pątnów" (tzw. jeziora konińskie) od ponad 50 lat. Woda w nich jest cieplejsza średnio o 4 do 5°C od wody w jeziorach referencyjnych (niepodgrzanych). Ponadto jako grupę porównawczą wybraliśmy, także losowo, 8 klonów z jezior referencyjnych leżących nie dalej niż 20 km od jezior konińskich. Przed przystąpieniem do eksperymentów ustaliliśmy za pomocą 16 markerów mikrosatelitarnych, że wykorzystujemy unikalne klony *D. longispina*.

W okresie preinkubacji oraz w trakcie eksperymentu każdy z 16 klonów był hodowany w 16, 20 i 24°C. W każdej temperaturze dafnie podzielono na dwie grupy. Pierwsza była karmiona dobrym jakościowo pokarmem (*Scenedesmus obliquus*) a druga grupa *S. obliquus* z domieszką *Cylindrospermopsis raciborskii* (odpowiednio 40% i 60%).

Cylindrospermopsis raciborskii to sinica nitkowata uważana za gatunek inwazyjny, którego ekspansja w Europie jest związana z ociepleniem klimatu (Wiedner i inni 2007).

Odwrotnie do naszych oczekiwań *D. longispina* z jezior podgrzanych osiągała większe rozmiary przy pierwszej reprodukcji niż rozwielitki z jezior referencyjnych, bez względu na typ pokarmu i temperaturę. Co więcej, w obecności *C. raciborski* *Daphnia* z jezior podgrzanych rosły szybciej i miały więcej potomstwa. Sugeruje to, że sinica stanowiła dodatkowe źródło pokarmu. Negatywne skutki obecności trychomów były natomiast widoczne u klonów pochodzących z chłodniejszych jezior referencyjnych, które miały istotnie mniej potomstwa.

Wyniki eksperymentów pokazują, że *D. longispina* z podgrzanych jezior wykształciły zdolność do wykorzystywania dodatkowych zasobów w postaci sinic nitkowatych. Zdolność ta może być związana z kontekstem ekologicznym, takim jak zwiększone wymagania energetyczne w wyższej temperaturze panującej w jeziorach konińskich. Taka zdolność jest też związana z większymi rozmiarami *D. longispina* w podgrzanych jeziorach konińskich, gdyż większe osobniki łatwiej łamią trychomy, które skrócone w ten sposób mogą zostać skonsumowane (Dawidowicz 1990). Dodatkowo większe rozmiary dają przewagę konkurencyjną w warunkach niedoboru pokarmu. Takiego niedoboru spodziewaliśmy się w obecności *C. raciborski*, która powinna zatykać aparat filtracyjny *Daphnia* spp. i w konsekwencji redukować ilość zjedzonego pokarmu. Najwyraźniej efekt ten nie wystąpił w grupie większych wioślarek. Poza innymi czynnikami, takimi jak morfologia odnóży filtracyjnych lub biomasa trychomów, które mogły zdecydować o sukcesie rozwielitek z podgrzanych jezior, wzięliśmy pod uwagę grubość trychomów. Znaczenie grubości

trychomów w interakcji z *Daphnia* spp. jest rozpatrywane w następujących dwóch artykułach (b4 i b5).

b4. *Aphanizomenon gracile* increases in width in the presence of *Daphnia*. A defence mechanism against grazing?

Badania terenowe nad morfologią trychomów tłumaczą ich zmienność, a zwłaszcza zróżnicowanie długości, dostępnością biogenów i temperaturą. Jednak nie wykazano spójnego schematu zmian grubości trychomów w czasie sezonu wegetacyjnego. Różnice w grubościach mogą być na tyle znaczące, że pozwalają rozróżniać populacje (Gonzalez 1981).

Zdolność do obrony i minimalizacja ryzyka drapieżnictwa są najprawdopodobniej głównymi czynnikami wpływającymi na ewolucję organizmów na niższych poziomach troficznych. Jednym ze sposobów są indukowane zmiany morfologiczne. Hessen i van Donk (1993) jako pierwsi wykazali, że wydzieliny *Daphnia* indukują powstawanie kolonii *Scenedesmus*, które redukują prawdopodobieństwo przedostania się do komory filtracyjnej rozwielitki. Zmiany wywołane wydzielinami filtratora uznano za obronę indukowaną przed wyjadaniem. Od tego czasu ukazało się wiele prac na ten temat. Jednakże niewiele uwagi poświęcono temu jaki jest wpływ wydzielin *Daphnia* na sinice nitkowate. Wcześniej wspominałem o znanym negatywnym wpływie trychomów sinic na *Daphnia* spp.. Jednakże istnieją także prace, które pokazują, że dodatek w pokarmie nietoksycznych sinic nitkowatych może stymulować szybszy wzrost (Kurmayer 2001). Ponadto jeśli wzbogacić sinice o odpowiednie sterole, to różnice we wzroście w porównaniu do pokarmu dobrze przyswajalnego są nieistotne (von Elert 2002). Niewątpliwie sinice nitkowate stanowią część diety filtratorów i mogą być skutecznie wyjadane. Dotychczas skuteczność wyjadania odnoszono jedynie do biomasy trychomów i ich długości, im dłuższe tym trudniej je skonsumować. Jednakże praca Chen i innych (2011) nie pokazuje takiego związku dla zielenic nitkowatych (*Ulothrix*). Niedawno (po ukazaniu się niniejszego artykułu) podobne rezultaty wykazano dla sinic nitkowatych (Sikora i Dawidowicz 2014). Ponadto Nadin-Hurley i Duncan (1976) wskazują na grubość, a nie na długość filamentów jako czynnik ograniczający konsumpcję. **W niniejszej pracy postawiłem hipotezę, że obserwowane w warunkach terenowych zmiany grubości trychomów sinic mogą być formą obrony przed *Daphnia* (grubsze są odporniejsze). Ponadto uznając zmiany grubości za formę obrony przed wyjadaniem, można oczekiwać ich indukcji przez wydzieliny rozwielitek.**

Aby przetestować hipotezy i oddzielić interferencję mechaniczną od indukcji chemicznej przeprowadziliśmy dwa eksperymenty. Pierwszy pozwolił przetestować bezpośredni wpływ

Daphnia mogącej wyjadać trychomy sinicy *Aphanizomenon gracile* (jednoczesny wpływ czynnika mechanicznego i chemicznego). W drugim eksperymencie badano wpływ jedynie wydzielin rozwielitek, które były trzymane w specjalnych klatkach uniemożliwiających wyjadanie sinic, ale pozwalających na dyfuzję wydzielin filtratorów.

Wykazano, że substancje wydzielane przez *D. magna* indukują zmiany morfologiczne *A. gracile*: pogrubianie trychomów. Artykuł stanowi pierwsze doniesienie na ten temat. Nie można jednak wskazać na mechanizm powstawania tych zmian ani określić jednoznacznie czy jest to rzeczywiście obrona indukowana. W artykule zaproponowano hipotezy wyjaśniające mechanizm zmian morfologicznych. Pierwsza odnosi się do unikania interferencji z aparatem filtracyjnym *D. magna*, a więc możliwości zjedzenia oraz połamania trychomów. Świadczyć o tym może wzrost szerokości obserwowany w zabiegach z *D. magna*, które mogły wyjadać trychomy, jak i w zabiegach, w których zastosowano jedynie wydzieliny rozwielitek. Druga hipoteza odnosi się do biogenów. Wydzieliny rozwielitek mogą stanowić dodatkowe ich źródło, a grubsze trychomy mają większą powierzchnię wchłaniania, co daje przewagę konkurencyjną. Poza tym istnieją prace wykazujące związek grubości trychomów z koncentracją biogenów (np. Pouličkova i inni 2004, Kokociński i inni 2010), ale ich wyniki są niejednoznaczne.

Zmiany grubości trychomów utrudniające połamanie i zjedzenie, prawdopodobnie powodują dodatkowe koszty dla filtratorów. Ostatnie założenie jest punktem wyjścia dla badań opisanych w pracy b5.

b5. Thicker filaments of *Aphanizomenon gracile* are more harmful to *Daphnia* than thinner *Cylindrospermopsis raciborskii*

Jedną z przyczyn opisanych wcześniej zmian morfologicznych trychomów może być obrona indukowana sinic. W związku z tym sformułowaliśmy **hipotezę przewidującą, że w warunkach, kiedy biomasa dwóch gatunków nietoksycznych sinic oraz długości trychomów są podobne, to gatunek o grubszych trychomach będzie miał silniejszy negatywny wpływ na *Daphnia* od tego o trychomach cieńszych.**

Hipotezę przetestowaliśmy wykorzystując dwa gatunki sinic, *Aphanizomenon gracile* i *Cylindrospermopsis raciborskii*, których trychomy różnią się grubością. Wykorzystany w badaniach szczep *C. raciborski* jest cienki a *A. gracile* grubszy. Ponadto szczep *A. gracile* ma dwie formy morfologiczne istotnie różniące się grubością. Pozwoliło to zredukować różnice międzygatunkowe i przetestować wpływ wyjadania przez *Daphnia magna* na rozkład

grubości trychomów. **Oczekiwaliśmy braku zmian w rozkładzie grubości trychomów w przypadku, gdy ten parametr nie ma znaczenia dla efektywności wyjadania.**

Przeprowadziliśmy także eksperyment, w którym testowaliśmy wpływ jedynie wydzielin sinic, aby móc rozdzielić czynnik chemiczny od fizycznego. Takie wydzieliny mogły zawierać nieznane toksyny lub metabolity szkodliwe dla *Daphnia*.

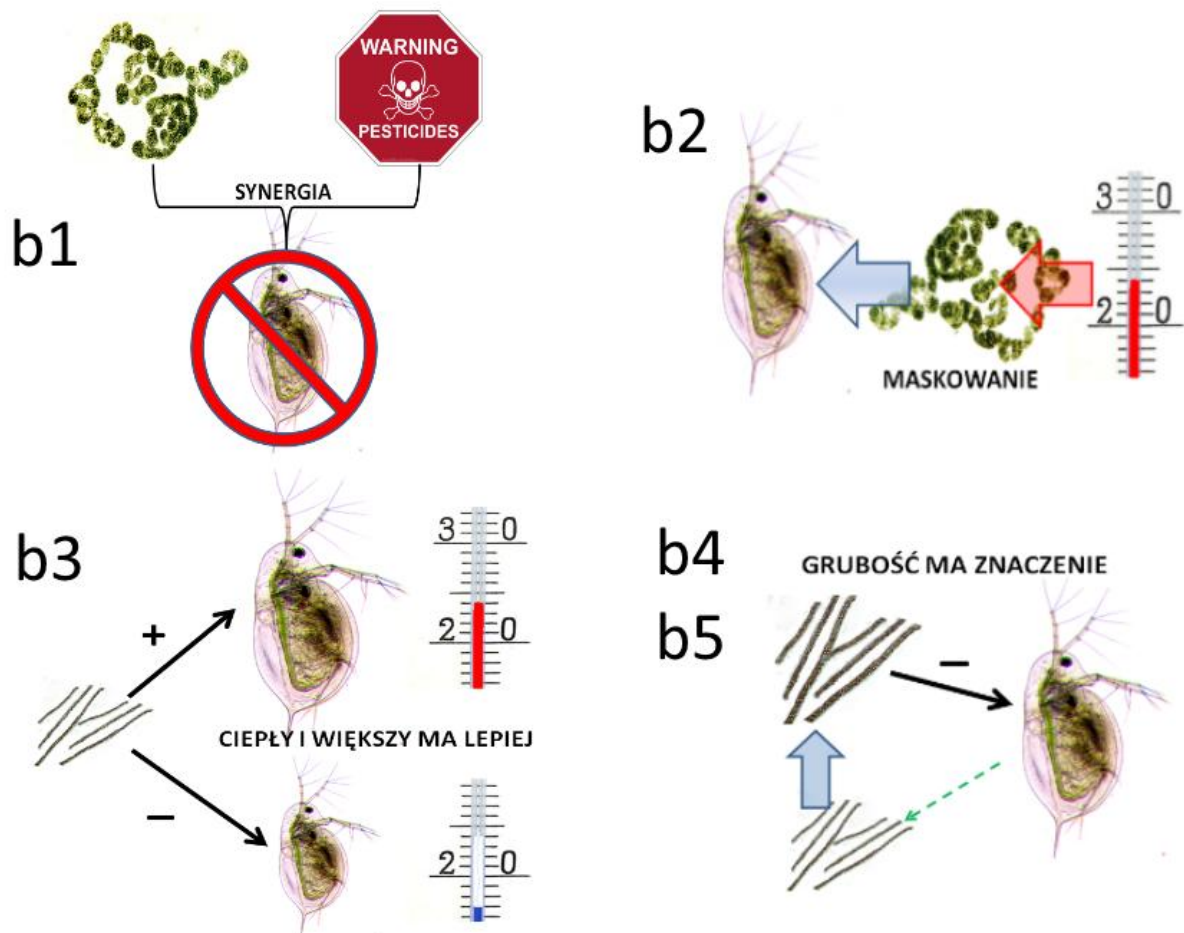
Ogólny schemat eksperymentów polegał na hodowli rozwielitek od urodzenia (młodsze niż 12 godzin) do momentu wydania pierwszego potomstwa w obecności sinic (osobno każdego gatunku) oraz bez nich (kontrola). Wszystkie rozwielitki otrzymywały w nadmiarze jako podstawowy pokarm *S. obliquus*.

Rozwielitki w obecności grubszego *A. gracile* osiągały mniejsze rozmiary i produkowały mniej potomstwa niż te hodowane z cieńszym *C. raciborskii*. Wskazuje to na prawdopodobny negatywny wpływ grubości trychomów na rozwielitki. Mógł to być także efekt wywołany toksynami wewnątrz komórek, jednakże eksperyment testujący wpływ jedynie wydzielin sinic oraz najnowsze, jeszcze nieopublikowane badania (manuskrypt w trakcie recenzji) wskazują, iż wykorzystane w eksperymentach szczepy nie zawierają żadnych powszechnie znanych toksyn sinicowych. Znaczenie grubości trychomów dodatkowo potwierdzają wyniki dotyczące pomiarów w obrębie *A. gracile*. Po ekspozycji tej sinicy na wyjadanie *D. magna* wzrósł istotnie udział grubszych trychomów w proporcji do cienkich. Świadczy to o różnicowanej skuteczności wyjadania związanej z grubością trychomów. Nie należy jej jednak mylić z selektywnym wyjadaniem, a rozumieć jako różnicowanie odporności sinic na wyjadanie.

Przyjmuje się, że im dłuższe trychomy tym bardziej negatywny wpływ wywierają na *Daphnia*. Jednakże długość nie zawsze wyjaśnia interakcje z rozwielitkami, o czym świadczą publikacje opisujące przeciwstawne rezultaty. Szereg autorów wykazuje, że *Daphnia* preferują krótkie filamenty (Dawidowicz 1990), które łatwiej zjeść. Z kolei inne prace wykazują brak związku z długością. Natomiast żadna z prac dotycząca interakcji sinic nitkowatych z *Daphnia* nie analizuje znaczenia grubości filamentów. Jedynie w latach 70-tych ubiegłego wieku Nandin-Hurley i Duncan (1976), na podstawie obserwacji odżywiania się rozwielitek *Tribonema* sp. (nitkowaty różnowiciowiec), zasugerowali, że grubsze nici powodują zapychanie otworu gębowego, a cieńsze przechodzą do jelit. Jest wielce prawdopodobne, że w naszych badaniach grubsze trychomy upośledzały proces filtracji i odżywiania w większym stopniu i powodowały wyższe koszty u *D. magna*, np. poprzez częstsze oczyszczanie komory filtracyjnej (ang. postabdominal rejection movements).

PODSUMOWANIE

Celem prowadzonych badań było sprawdzenie w jaki sposób sinice wpływają na historię życia *Daphnia* spp. w różnych kontekstach ekologicznych (Ryc. 2).



W artykule **b1** opisano problem wielokrotnych stresorów chemicznych i po raz pierwszy pokazano jak nieprzewidywalny może być wpływ mieszanin toksyn naturalnych i wytworzonych przez człowieka. Nawet bardzo niskie stężenia pestycydu, rzędu kilku mikrogram w litrze wody z wielokrotniało wpływ mikrocystyny. Najbardziej drastyczny przykład to deformacje i wysoka śmiertelność potomstwa. Zaskakującym rezultatem była stymulacja wzrostu rozwielitek w bardzo niskich stężeniach pojedynczych toksyn (efekt hormezy). Zwróciło to moją uwagę na znaczenie wielkości ciała dla odporności na toksyny sinicowe. Problem ten podjęto w kontekście zmian temperatury, która wpływa między innymi na wielkość *Daphnia* spp (artykuł **b2**). Wykazaliśmy, że przedłużone działanie niewielkich ilości mikrocystyn maskuje efekt podwyższonej temperatury (brak różnic w wielkości ciała i

liczbie potomstwa). W odpowiedzi na temperaturę zmieniały się jedynie proporcje ciała (zwiększenie wielkości komory lęgowej w niższej temperaturze). Ponadto wykazano, że nawet niewielki udział w diecie toksycznych sinic (zaledwie 3,5%) przekłada się w dłuższym okresie czasu na spadek reprodukcji i liczebności populacji *D. galeata*.

Wpływ temperatury na podatność *Daphnia* na sinice nitkowate został opisany w artykule **b3** gdzie wykazano, że *D. longispina* z jezior podgrzanych, pomimo większych rozmiarów ciała, wykorzystuje trychomy *C. raciborski* jako dodatkowe źródło pokarmu. Negatywne skutki obecności trychomów były natomiast widoczne u klonów pochodzących z chłodniejszych jezior referencyjnych, które miały istotnie mniej potomstwa. Brak spodziewanego negatywnego wpływu *C. raciborski* na większe wioślarki można tłumaczyć grubością trychomów. W artykułach **b4** i **b5** wykazano, że substancje wydzielane przez *D. magna* indukują pogrubianie trychomów *A. gracile* (pierwsze doniesienie na ten temat), co ma wpływ na skuteczność wyjadania przez *Daphnia*. Okazuje się, że trychomy grubsze są odporniejsze i skutecznie ograniczają rozwój rozwielitek.

Włączone do osiągnięcia naukowego publikacje podejmują nowe lub słabo poznane zagadnienia w ekologii wód słodkich, dlatego uważam, że wartością dodaną mojego osiągnięcia, jest to, że każda z prac stanowi inspirację dla osobnych projektów badawczych (Tab. 1).

Tabela 1. Projekty badawcze zainspirowane wynikami opisanymi w osiągnięciu habilitacyjnym. szczegółowe informacje na temat projektów i doktoratów znajdują się w załączniku 4 pkt. II-I oraz 5 pkt. III-K.

Część osiągnięcia habilitacyjnego	Projekty
Artykuł b1.	Grant reintegracyjny Marie-Curie
Artykuł b2.	- Inspiracja i punkt wyjścia dla doktoratu - Diamentowy grant
Artykuł b3.	- Preludium
Artykuł b4 i b5.	- Inspiracja i punkt wyjścia dla doktoratu - Preludium - Etiuda

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

5.1. Podsumowanie dorobku

Tabela 2. Podsumowanie dorobku publikacyjnego przed i po doktoracie.

	Przed doktoratem			Po doktoracie		
	liczba	IF	MNiSW	liczba	IF	MNiSW
<i>Prace oryginalne</i>						
Z listy JCR	0	0	0	14	23,125	351
W recenzowanych czasopismach anglojęzycznych	1		5	2		20
W recenzowanych czasopismach w j. polskim	6		9	0		0
Rozdziały w monografii w j. polskim	6		30	6		40
Proceedings	0			8		15
Dokumentacja prac badawczych i ekspertyz	1			1		
Suma	14	0	44	31	23,125	426

Liczba cytowań wszystkich publikacji według bazy Web of Science (WoS): **136** (128 bez autocytacji)

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): **7**

Tabela 3. Podsumowanie udziału w projektach naukowych.

	Kierownik	Wykonawca	Opiekun
<i>projekty</i>			
Międzynarodowe	3	1	
Krajowe	3	6	2
Suma	6	7	2

Tabela 4. Podsumowanie liczby wystąpień konferencyjnych przed i po doktoracie.

	Przed doktoratem	Po doktoracie
Postery	12	28
Referaty	1	20
Suma	13	48

5.2. Inne osiągnięcia naukowo - badawcze

5.2.1. JAKOŚĆ EKOLOGICZNA I FUNKCJONOWANIE EKOSYSTEMÓW PŁYTKICH JEZIOR

W 2000 roku rozpocząłem współpracę zagraniczną z Centre for Limnology (NIOO-KNAW) w ramach europejskiego projektu ECOFRAME (Ecological quality and functioning of shallow lake ecosystems with respect to the needs of the European Water Framework Directive). Celem projektu było przetestowanie solidności metodyki zastosowanej w Ramowej Dyrektywie Wodnej oraz zaproponowanie najbardziej reprezentatywnych, porównywalnych i efektywnych kryteriów dla oceny stanu ekologicznego płytkich jezior w różnych regionach Europy. Projekt obejmował 66 jezior w 12 krajach. Na potrzeby holenderskiej części projektu prowadziłem eksperymenty terenowe oraz pobierałem i analizowałem próbki zooplanktonu litoralowego z jezior. Efektem tej pracy jest ważna publikacja, której jestem współautorem, dotycząca skorupiaków z rodziny Chydoridae: **De Eyto E, Irvine K, García-Criado F, Gyllström M, Jeppensen E, Kornijow R, Rosa Miracle M, Nykänen M, Bareiss C, Cerbin S, Salujõe J, Franken R, Stephens D, Moss B. 2003. The distribution of chydorids (Branchiopoda, Anomopoda) in European shallow lakes and its application to ecological quality monitoring. Archiv für Hydrobiologie 156: 181-202 (26 cytacji wg. WoS)**(Zał. 4-II.A.8). Artykuł wskazuje na cechy typologii jezior, które mają istotny wpływ na ich ekologię. W pracy wykazano, iż najważniejsze czynniki, które wpływają na rozmieszczenie zespołów Chydoridae w płytkich jeziorach europejskich to szerokość geograficzna, temperatura, pH oraz biogeny.

Wspólnie z holenderskimi kolegami zająłem się także zagadnieniem znaczenia makrofitów zanurzonych w ekologii zooplanktonu. Na początku badań podjąłem się problemem migracji dobowych zooplanktonu w płytkich jeziorach zdominowanych przez makrofity. Wyniki opublikowano w pracy **Cerbin, S. i inni, 2003. Small-scale distribution and diel vertical migration of zooplankton in a shallow lake (Lake Naardermeer, the Netherlands). Hydrobiologia 491: 111-117 (17 cytacji wg. WoS)** (Zał. 4-II.A.9). Postawiłem w niej hipotezę, że zooplankton w płytkich jeziorach, których dno jest pokryte makrofitami będzie wędrować w pionie, mimo bardzo małej głębokości i braku refugium w strefie afotycznej. Wyniki moich badań pokazały wysoce istotne zmiany liczebności zooplanktonu w toni wodnej i udowadniają wędrówki w cyklu dobowym. Co więcej, udało się także wykazać migracje organizmów typowo litoralowych i częściowo osiadłych, takich jak *Sida crystallina*.

W kolejnych latach przeprowadziłem badania nad wpływem wydzielin makrofitów zanurzonych na historię życia *D. magna* ukrywającej się w ich kępach przed drapieżnikami. Efektem tych badań jest praca **Cerbin S., Van Donk E., Gulati R.D. 2007. The influence of *Myriophyllum verticillatum* and artificial plants on some life history parameters of *Daphnia magna*. *Aquatic Ecology*.41: 263-271 (11 cytacji wg. WoS) (Zał. 4-II.A.6)**, w której wykazuję, że wpływ wydzielin roślin nie jest jednoznacznie negatywny, ale niosą one raczej informację, która pozwala ocenić środowisko i realizować strategię życiową bardziej adekwatną do panujących warunków.

Dodatkowo brałem udział w badaniach i przyczyniłem się do powstania przewodnika metodycznego: **Wilk - Woźniak i inni. 2012. Starorzeczka i naturalne eutroficzne zbiorniki wodne ze zbiorowiskami z *Nympheion*, *Potamion*. Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny. Część II. Wyd.: GIOŚ, Warszawa: str. 79-98 (Zał. 4-II.E.1)**.

5.2.2. TAKSONOMIA I EKOLOGIA TOKSYCZNYCH GLONÓW I SINIC

W trakcie mojego stażu w Old Dominion University - ODU (USA) i udziału w projekcie 'The detection and study of harmful algae in the shellfish harvesting regions of Virginia estuaries' (The U.S. Center for Disease Control and Prevention) brałem udział w badaniach nad bruzdnicami z rodzaju *Pfiesteria* lub pokrewnymi, odpowiedzialnymi za toksyczne zakwity w zatoce Chesapeake i innych estuariach. Głównym celem moich badań była izolacja szczepów oraz identyfikacja lub opis nowych taksonów. Opracowałem również specjalny protokół preparacji tych glonów, który pozwalał na identyfikację i opis gatunków. Efektem współpracy z ODU są 2 publikacje: **Seaborn, D.W.; Tengs, T.; Cerbin, S., Kokocinski, M., Marshall, H.G. 2006. A group of dinoflagellates similar to *Pfiesteria* as defined by morphology and genetic analysis. *Harmful Algae* 5: 1-8 (14 cytacji wg. WoS) (Zał. 4-II.A.7)** oraz **Marshall i inni. 2005. Long term monitoring results of harmful algal populations in Chesapeake bay and its major tributaries in Virginia, U.S.A. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 34: 35-41 (Zał. 4-II.D)**. Ponadto wyniki badań zostały zaprezentowane na licznych konferencjach i opublikowane w proceedings.

Swoje zainteresowanie organizmami produkującymi toksyny rozwijałem także w trakcie realizacji mojego projektu Marie-Curie w Holandii, czego efektem jest między innymi współautorstwo pracy **Donk, E.V., S. Cerbin, S. Wilken, N.R. Helmsing, R. Ptacnik, A.M. Verschoor. 2009. The effect of a mixotrophic chrysophyte on toxic and colony-forming cyanobacteria. *Freshwater Biology* 54: 1843-1855 (20 cytacji wg. WoS) (Zał. 4-II.A.5)**. W

pracy tej wykazaliśmy, że złotowiciowiec z rodzaju *Ochromonas* sp. może kontrolować wzrost toksycznych sinic i zredukować zawartość toksyn nawet o 98%.

Wyniki moich badań przedstawionych w osiągnięciu habilitacyjnym stanowią punkt wyjścia do rozprawy doktorskiej na temat interakcji sinic nitkowatych z *Daphnia* spp. Jednym z jej efektów jest właśnie przyjęty do druku artykuł **Wejnerowski L, Wojciechowicz MK, Glama M, Dziuba MK, Cerbin S. 2017. Solitary terminal cells of *Aphanizomenon gracile* (Cyanobacteria, Nostocales) can divide and renew trichomes. Phycological Research. DOI: 10.1111/pre.12182** (Zał. 4-II.A.1), na temat podziału komórek terminalnych u *Aphanizomenon gracile* i implikacji taksonomicznych tego zjawiska.

5.2.3. BADANIA O CHARAKTERZE APLIKACYJNYM

Poza badaniami podstawowymi prowadzę również badania o charakterze aplikacyjnym. Wyrazem tego jest moja współpraca z Zakładem Energetyki Systemów Rolnictwa (Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu) nad wykorzystaniem glonów do produkcji biogazu na bazie pożywek z odpadów rolniczych. Moje zadanie polegało na ustaleniu optymalnych warunków hodowli i parametrów pożywek na bazie odpadów. Efektem badań jest wspólna prezentacja wyników w trakcie konferencji 14th International Conference on Sustainable Development and Ecoinnovation w Krakowie, przy współautorstwie naukowców z Uniwersytetu Przyrodniczego i Uniwersytetu Technicznego w Pekinie. Innym efektem tej współpracy jest opublikowanie rozdziału w książce na temat wykorzystania sieci neuronowych do monitorowania wzrostu glonów wykorzystywanych w produkcji biogazu: **Cerbin S., Nowakowski, K., Dach, J., Pilarski, K., Boniecki, P., Przybył J, Lewicki, A.. 2012. Possibilities of neural image analysis implementation in monitoring of microalgae production as a substrate for biogas plant. Book Series: Proceedings of SPIE, Volume: 8334: 83342A-83342A-5 (15 cytacji wg. WoS)** (Zał. 4-II.D).

Razem z dr Nikolettą Ntalli z Benaki Phytopathological Institute (Grecja) rozpoczęliśmy badania nad możliwością wykorzystania naturalnych olejków eterycznych do kontroli rozwoju toksycznych sinic. Wstępne wyniki naszych badań zostały opublikowane w pracy: **Ntalli N., Michaelakis,A., Elo, K., Papachristos, D.P., Wejnerowski, L., Caboni, P., Cerbin, S. 2016. Biocidal effect of (E)-anethole on the cyanobacterium *Aphanizomenon gracile* Journal of Applied Phycology. DOI 10.1007/s10811-016-0993-2** (Zał. 4-II.A.2).

5.2.4. PALEOLIMNOLOGIA

Swoją znajomość taksonomii Cladocera wykorzystuję w badaniach paleolimnologicznych, które uzupełniają moje studia nad wpływem zmian klimatu na zooplankton. Biorę też udział w projekcie naukowym (Opus, NCN), który ma na celu oszacowanie czasu impaktu meteorytu 'Morasko' między innymi na podstawie zmian ekologicznych zapisanych w osadach jezior. Pierwsze syntetyczne wyniki zostały przedstawione na konferencji oraz opublikowane w proceedings: **Szczucinski i inni. 2016. Environmental effects of small meteorite impact in unconsolidated sediments - case of iron meteorite shower in Morasko, Poland. Meteoritics & Planetary Science 51: A609-A609** (Zał. 4-II.D).

5.2.5. WPŁYW GLOBALNEGO OCIEPLENIA NA INTERAKCJE W PLANKTONIE JEZIOR

W trakcie waloryzacji przyrodniczej podgrzanych jezior (ekspertyza zlecona Wydziałowi Biologii UAM przez Urząd Miasta Konina) rozpocząłem pilotażowe badania nad wpływem temperatury na *Daphnia* w kontekście ocieplenia klimatu. W sposób niezamierzony, jeziora konińskie stanowią miejsce interesującego eksperymentu w skali ekosystemu, symulującego przyszłe warunki ocieplenia klimatu. W celu realizacji badań także na poziomie molekularnym (ekologia molekularna) nawiązałem współpracę z dr. Adamem Petruskiem z Uniwersytetu Karola w Pradze, gdzie jedna z moich magistrantek wykonała analizy genetyczne zespołów *Daphnia* spp. wykorzystując DNA mikrosatelitarne. Dodatkowym efektem jest uzyskanie przez mojego magistranta **Diamentowego Grantu MNiSW**, w którym pełnię rolę opiekuna naukowego. W ostatnim czasie udało się także uzyskać finansowanie dla projektu **PRELUDIUM (NCN)**, w którym jestem opiekunem naukowym kierownika projektu, a który uwzględnia wcześniejsze analizy molekularne zespołów *Daphnia* spp.

W roku 2016 otrzymałem także finansowanie projektu **HARMONIA (NCN)**, w którym uwzględniam jeziora konińskie jako model wpływu ocieplenia klimatu na ekosystemy wodne. Projekt jest interdyscyplinarny i obejmuje geochemię, mikrobiologię i ekologię a jego celem jest zbadanie efektów globalnego ocieplenia i eutrofizacji na krążenie węgla w pelagialu jeziornym. W części biologicznej projekt skupia się na możliwości wykorzystania bakterii metanotroficznych jako źródła pokarmu dla zooplanktonu. Pionierskie badania pozwolą poznać nowe mechanizmy regulujące obieg metanu w jeziorach, określić główne ścieżki jego dystrybucji oraz przewidzieć wpływ zmian w jego stężeniach na ekosystem. Projekt jest realizowany we współpracy z dr. Paulem Bodelier i dr. Wolfem Mooi z NIOO-KNAW w Holandii oraz z dr. Maciejem Bartosiewiczem z Uniwersytetu w Bazylei (Szwajcaria).

5.2.6. OSIĄGNIĘCIA NIEWYMIERNE PUBLIKACYJNIE

Uważam, że ważnym osiągnięciem jest transfer mojej wiedzy i umiejętności do macierzystego Zakładu Hydrobiologii na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza. Po powrocie do kraju ze stażu w Holandii zapoczątkowałem hodowlę klonów *Daphnia spp.*, które są wykorzystywane zarówno w badaniach naukowych jak i w procesie dydaktycznym i popularyzacji nauki. Poza tym rozpocząłem także kolekcję kultur glonów i sinic, z których wiele zostało wyizolowanych w Zakładzie Hydrobiologii UAM, a część jest już zdeponowana w Culture Collection of Autotrophic Organisms (CCALA) Institute of Botany (Czechy).

"Zaimportowałem" także nowoczesne metody prowadzenia eksperymentów na wioślarkach (zbudowałem przepływowy system hodowli) oraz hodowli fitoplanktonu w chemostatach. Dzięki przekazanej przeze mnie umiejętnościom w Zakładzie Hydrobiologii UAM prowadzone są obecnie badania molekularne na wioślarkach i sinicach. Miarą mojego sukcesu mogą być również praktykanci i stażyści, którzy przyjeżdżają do Zakładu Hydrobiologii aby nauczyć się stosownych technik oraz zdobyć doświadczenie.

Cytowana literatura

- Daufresne, M., K. Lengfellner & U. Sommer, 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 12788–12793.
- Dawidowicz, P., 1990. The effect of *Daphnia* on filament length of blue-green-algae. *Hydrobiologia* 191: 265-268.
- Dodson, S., 1988. The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: Predator-avoidance behavior in *Daphnia*. *Limnology and Oceanography* 33: 1431-1439.
- Larsson, P. & S. Dodson, 1993. Invited review - chemical communication in planktonic animals. *Archiv Fur Hydrobiologie* 129: 129-155.
- Enserink, L., W. Luttmer & H. Maasdiepeveen, 1990. Reproductive strategy of *Daphnia-magna* affects the sensitivity of its progeny in acute toxicity tests. *Aquatic Toxicology* 17: 15-26.
- Forbes, V.E., 2000. Is hormesis an evolutionary expectation? *Functional Ecology* 14: 12-24.
- Gonzalez FT, 1981. Studies of Oscillatoriaceae. An analysis of the Prolificae-section. *Nova Hedwigia* 35:167-190.
- Hanazato, T., 1995. Combined effect of the insecticide carbaryl and the *Chaoborus* kairomone on helmet development in *Daphnia ambigua*. *Hydrobiologia* 310: 95-100.
- Hanazato, T., 1999. Anthropogenic chemicals (insecticides) disturb natural organic chemical communication in the plankton community. *Environmental Pollution* 105: 137-142.
- Hawkins, P. i W. Lampert, 1989. The Effect of *Daphnia* Body Size on Filtering Rate Inhibition in the Presence of a Filamentous Cyanobacterium. *Limnology and Oceanography* 34: 1084-1089.
- Chen F, Gulati RD, Li J, Zhengwen L, 2011. A comparison of the size distribution of the filamentous green alga *Ulothrix* in *Daphnia* guts and lake water from Lake Taihu, China. *J. Plankton Res.* 33:1274-1283.

- Hessen, D.O. & E. Van Donk, 1993. Morphological-changes in *Scenedesmus* induced by substances released from daphnia. *Archiv Fur Hydrobiologie* 127: 129-140.
- Jeppesen, E., B. Kronvang, M. Meerhoff, M. Søndergaard, K. M. Hansen, H. E. Andersen, T. L. Lauridsen, M. Beklioglu, A. Özen & J. E. Olesen, 2009. Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal of Environmental Quality* 38: 1930–1941.
- Kingsolver, J.G., D.W. Pfennig & P. Phillips, 2004. Individual-level selection as a cause of Cope's rule of phyletic size increase. *Evolution* 58: 1608-1612.
- Kingsolver, J.G., 2009. The Well-Tempered Biologist. *The American Naturalist* 174: 755-768.
- Kokociński, M., K. Stefaniak, J. Mankiewicz-Boczek, K. Izidorczyk & J. Soininen, 2010. The ecology of the invasive cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanophyta) in two hypereutrophic lakes dominated by *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyta). *European Journal of Phycology* 45: 365 - 374.
- Kurmayer R, 2001. Competitive ability of *Daphnia* under dominance of non-toxic filamentous cyanobacteria. *Hydrobiologia* 442:279-289.
- Liess, M., R. Schulz, M.H.D. Liess, B. Rother & R. Kreuzig, 1999. Determination of insecticide contamination in agricultural headwater streams. *Water Research* 33: 239-247.
- Nadin-Hurley CM, Duncan A, 1976. A comparison of daphnid gut particles with the sestonic particles present in two Thames Valley reservoirs throughout 1970 and 1971. *Freshwater Biology* 6:109-123.
- Pouličková, A., P. Hašler & M. Kitner, 2004. Annual Cycle of *Planktothrix agardhii*(Gom.) Anagn. & Kom. Nature Population. *International Review of Hydrobiology* 89: 278-288.
- Sikora A., Dawidowicz P. 2014 Do the presence of filamentous cyanobacteria and an elevated temperature favor small-bodied *Daphnia* in interspecific competitive interactions? *Fundamental and Applied Limnology*, 185: 307-314.
- Tollrian, R. (1994). Fish-kairomone induced morphological changes in *Daphnia lumholtzi* (Sars). *Archiv für Hydrobiologie*, 130(1), 69-75.
- Wiedner C., Rucker J., Bruggemann R. Nixdorf B. 2007. Climate change affects timing and size of populations of invasive cyanobacterium in temperate regions. *Oecologia*, 152:473–484.
- von Elert, E., 2002. Determination of limiting polyunsaturated fatty acids in *Daphnia galeata* using a new method to enrich food algae with single fatty acids. *Limnology and Oceanography* 47(6):1764-1773.

