

Załącznik 2.

AUTOREFERAT

Opis dorobku i osiągnięć naukowych

1. Imię i nazwisko:

Krzysztof Rychert

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

2000 – tytuł zawodowy magistra biologii w specjalności: biologia molekularna, Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii (struktura ówczesna), tytuł pracy magisterskiej: „Porównawcza charakterystyka szpitalnych szczepów *Proteus mirabilis* izolowanych od pacjentów z zakażeniem układu moczowego z oddziałów Wojewódzkiego Szpitala Zespolonego w Gdańsku i klinik Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie”. Promotor pracy: Tadeusz Kaczorowski (wówczas dr hab., obecnie profesor zwyczajny), opiekun pracy: Irena Aleksandrowicz (wówczas magister, później doktor, do przedwczesnej śmierci).

2001 – First Certificate in English (FCE, obecnie: Cambridge English: First), Gdańsk.

2003 – Certificate in Advanced English (CAE, obecnie: Cambridge English: Advanced), Gdańsk.

2005 – stopień doktora nauk o Ziemi w zakresie oceanologii, Instytut Oceanologii PAN w Sopocie, tytuł rozprawy doktorskiej: „Zbiorowiska pierwotniaków i ich wpływ na konsumpcję tlenu w strefie przydennej Basenu Gdańskiego”.

Promotor pracy: Zbigniew Witek (wówczas dr hab., obecnie emerytowany profesor zwyczajny).

3. Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

2001–2005 – doktorant w Zakładzie Oceanologii Rybackiej i Ekologii Morza w Morskim Instytucie Rybackim w Gdyni (obecnie: Morski Instytut Rybacki – Państwowy Instytut Badawczy).

2005–2006 – asystent w Zakładzie Ekologii i Ochrony Morza w Instytucie Biologii i Ochrony Środowiska na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku (obecnie Akademia Pomorska w Słupsku).

2006–nadal – adiunkt w Zakładzie Ekologii (aktualna nazwa) w Instytucie Biologii i Ochrony Środowiska na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym Akademii Pomorskiej w Słupsku.

4. Osiągnięcie naukowe wynikające 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:

Produktywność zbiorowisk orzęsków różnych wód umiarkowanej strefy klimatycznej

Jest to cykl 6 powiązanych tematycznie publikacji z listy JCR (posiadających Impact Factor) wydanych w latach 2009–2016.

b) Lista publikacji tworzących wyodrębnione osiągnięcie naukowe:

(P.1.) Rychert K., 2009. Planktonic ciliates in the coastal medium-size river: diversity and productivity. Pol. J. Ecol., 57 (3): 503–512.

Jedyny autor, wkład pracy: 100%; punktacja MNiSW₂₀₀₉: 10, IF₂₀₀₉ = 0,384.

(P.2.) Rychert K., 2011. Dependence between volumes of protoplast and lorica in Lugol-fixed tintinnid ciliates. *Protist*, 162 (2): 249–252.

Jedyny autor, wkład pracy: 100%; punktacja MNiSW₂₀₁₀: 32, IF₂₀₁₁ = 3,136.

(P.3.) Rychert K., Wielgat-Rychert M., Szczurowska D., Myszka M., Bochyńska M., Krawiec K., 2012. The importance of ciliates as a trophic link in shallow, brackish, and estuarine lakes. *Pol. J. Ecol.*, 60 (4): 767–776.

Pierwszy i korespondencyjny autor, wkład pracy: 40%, moja rola w powstaniu pracy była wiodąca (koncepcja pracy, analiza wyników, tekst publikacji, poprawki po recenzjach), natomiast ogólny wkład poniżej 50% jest wynikiem wykorzystania bardzo dużej puli pomiarów terenowych oraz wyników czasochłonnych analiz mikroskopowych wykonanych przez cały zespół autorów. Jedną spośród współautorek to wypromowana przeze mnie dyplomantka, natomiast dwie kolejne współautorki to wypromowane przeze mnie magistrantki; punktacja MNiSW₂₀₁₂: 15, IF₂₀₁₂ = 0,503.

(P.4.) Rychert K., 2013. A modified dilution method reveals higher protozoan growth rates than the size fractionation method. *Eur. J. Protistol.*, 49 (2): 249–254.

Jedyny autor, wkład pracy: 100%; punktacja MNiSW₂₀₁₃: 15, IF₂₀₁₃ = 2,339.

(P.5.) Rychert K., 2016. Growth rates of common pelagic ciliates in a highly eutrophic lake measured with a modified dilution method. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, 45 (2): 216–229.

Jedyny autor, wkład pracy: 100%; punktacja MNiSW₂₀₁₆: 15, IF_{5-letni} = 0,688.

(P.6.) Rychert K., Kozłowska J., Krawiec K., Czychewicz N., Pączkowska M., Wielgat-Rychert M., 2016. Annual production to biomass (P/B) ratios of pelagic ciliates in different temperate waters. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.*, 45 (3): 388–404.

Publikacja zawiera **materiał dodatkowy** na końcu pracy (za zacytowaną literaturą), gdzie w tabelach zebrano dane użyteczne do konstrukcji i walidacji modeli ekologicznych.

Pierwszy i korespondencyjny autor, wkład pracy: 55%, moja rola w powstaniu pracy była wiodąca (koncepcja pracy, analiza wyników, tekst publikacji, poprawki po recenzjach), natomiast ogólny wkład wynoszący 55% jest

wynikiem wykorzystania bardzo dużej puli wyników czasochłonnych analiz mikroskopowych, które wykonało kilku autorów (w tym również ja). Cztery spośród autorek to magistrantki, które prowadziły badania pod moją opieką; punktacja MNiSW₂₀₁₆: 15, IF_{5-letni} = 0,688).

Wkład poszczególnych autorów do publikacji udokumentowano w osobnym załączniku (5.). Punktację MNiSW podano według listy czasopism punktowanych obowiązującej na końcu roku opublikowania pracy. Punkty wpływu (Impact Factor, IF) podano dla lat w których ukazały się poszczególne prace. W przypadku najnowszych prac nie było to możliwe i w zastępstwie podano aktualnie dostępne wartości 5-letniego IF. Sumaryczny IF dla cyklu prac stanowiących osiągnięcie naukowe to 7,738, natomiast sumaryczna ilość punktów MNiSW to 102. W przypadku 4 spośród 6 publikacji cyklu jestem ich jedynym autorem. Mój uśredniony wkład w publikacje wynosi 83%. W dalszej części autoreferatu prace wchodzące w skład przedstawionego do oceny cyklu są przywoływane jako **P.1–P.6**.

[c\) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.](#)

Styczność z problemami rybactwa morskiego zwróciła moją uwagę na kluczowe znaczenie wiarygodnej oceny wydajności przepływu energii poprzez biocenozy pelagiczne. Zagadnienie to ma nie tylko dużą wartość poznawczą, ale również spore znaczenie praktyczne, ponieważ biomasa organizmów tworzących wyższe piętra troficzne, np. ryby, w sposób oczywisty zależy od wielkości produkcji pierwotnej fitoplanktonu, jednakże zależność ta nie daje się w prosty sposób modelować matematycznie (np. Friedland i inni 2012). Powodem tego są skomplikowane zależności troficzne występujące pomiędzy jednokomórkowymi organizmami pro- i eukariotycznymi wchodzącymi w skład mikrobiologicznej sieci troficznej, opisywanej również jako pętla mikrobiologiczna lub też pętla mikroorganizmalna (Azam i inni 1983, Wiąckowski 2000, przegląd literatury w **P.6**). Poprzez te organizmy przepływa energia zawarta w dostarczanej z lądu materii organicznej oraz znaczna część tej związanej podczas fotosyntezy (Sherr i Sherr 2002, **P.6**). Skomplikowana, kilkupoziomowa oraz zmienna w czasie struktura mikrobiologicznej sieci troficznej skutkuje zmienną wydajnością transmisji energii do

wyższych pięter troficznych (np. Friedland i inni 2012, **P.3.**). Na wydajność przepływu energii poprzez mikrobiologiczną sieć troficzną wpływają: (I) ilość pięter troficznych, z których każde doprowadza do rozproszenia znacznej części energii (Azam i inni 1983) oraz (II) wirusy atakujące zarówno prokariotyczne jak i eukariotyczne jednokomórkowce (Wommack i Colwell 2000), co obniża wydajność wzrostu tych organizmów lub nawet doprowadza do śmierci części spośród nich. W efekcie strumień przepływającej energii najłatwiej oszacować badając ilość energii przepływającej przez organizmy zajmujące pozycję szczytową. W obrębie mikrobiologicznej sieci troficznej taką szczytową pozycję zajmują orzęski odżywiające się bakteriami, glonami oraz mniejszymi pierwotniakami (Schmoker i inni 2013, aktualny przegląd literatury w **P.6.**). Orzęski stanowią z kolei pokarm dla metazooplanktonu, który preferuje je w stosunku do glonów o podobnej wielkości (Wiąckowski 2000, Sherr i Sherr, 2002, prace przywołane w **P.6.**) – z tego też powodu to orzęski konsumują znaczną część produkcji pierwotnej fitoplanktonu, która dopiero poprzez nie trafia do metazooplanktonu. Orzęskom mogą towarzyszyć, mające podobną wielkość i zajmujące podobną pozycję w sieci troficznej, bruzdnice heterotroficzne (w morzach i oceanach; Hansen 1991b, Sherr i Sherr 2002, Weisse i inni 2016) lub pełzaki (głównie w estuariach; Sherr i Sherr 2002, Rogerson i inni 2003), jednakże ich rola w transmisji energii jest dużo mniejsza za względu na znacznie niższe tempo ich metabolizmu oraz wzrostu (Fenchel i Finlay 1983, Strom i Morello 1998, Weisse i inni 2016). Podsumowując, wiarygodna ocena produkcji orzęsków pozwala na określenie strumienia energii trafiającego do wyższych pięter troficznych biocenozy pelagicznej i w ten sposób jest kluczowa w modelowaniu, zarówno statycznym (budżety) jak i dynamicznym (modele mechanistyczne) przepływu energii (przegląd literatury w **P.6.**). Warto również wspomnieć, że orzęski są ważnym a czasem nawet najważniejszym pokarmem dla rybich larw (przegląd literatury w **P.6.**). W efekcie, wobec dużego znaczenia nakreślonego problemu oraz jego dotychczasowego niedostatecznego poznania, postanowiłem przeprowadzić badania nad produktywnością zbiorowisk orzęsków w różnych wodach umiarkowanej strefy klimatycznej. Badania przeprowadzono podczas wszystkich pór roku nie zważając na związane z tym trudności. Było to konieczne by zaobserwować sezonowe zmiany produkcji i dokonać oszacowań dla całego roku.

Do oceny udziału orzęsków w przepływie energii poprzez biocenozę potrzebne są oszacowania ich produkcji (Leakey i inni 1992, Auer i inni 2004). W tym celu obok biomasy trzeba również oszacować ich tempo wzrostu, a wówczas produkcję można obliczyć jako iloczyn tych dwóch parametrów (**P.1.**, **P.3.**, **P.6.**). Zatem, by określić tempo produkcji orzęsków dla jednej próby wody wymagana jest znajomość dla każdego organizmu dwóch parametrów – jego biomasy oraz tempa wzrostu. Wówczas produkcję poszczególnych komórek w obrębie próby można zsumować. Szereg zanalizowanych prób pobieranych w czasie różnych pór roku pozwala natomiast na scałkowanie produkcji rocznej dla badanych wód.

W prezentowanych badaniach, biomasę orzęsków, wyrażaną jako ilość węgla organicznego, określano poprzez pomiary objętości komórek pod mikroskopem i późniejsze przeliczenia z wykorzystaniem odpowiednich współczynników (**P.1.**, **P.3.**, **P.6.**). W swoich pracach początkowo stosowałem prosty przelicznik $110 \text{ fgC } \mu\text{m}^{-3}$ (Edler 1979), a później, po upowszechnieniu, nowszy i bardziej skomplikowany przelicznik w.g. Menden-Deuer i Lessard (2000). W przypadku orzęsków wytwarzających pancerzyki stosowałem wzór Verity'ego i Langdona (1984). Ze względu na istotne znaczenie właściwego szacowania biomasy orzęsków wytwarzających pancerzyki (tintinnid) prowadziłem w tym kierunku również własne badania (**P.2.**), do których jeszcze wrócę omawiając kolejne publikacje wchodzące w skład ocenianego cyklu publikacji. Pobierane próby utrwalano kwaśnym płynem Lugola, który w przeciwieństwie do formaliny nie powoduje znaczących strat wśród utrwalanych orzęsków i jest polecany do badań ilościowych (Gifford i Caron 2000). Środek konserwujący stosowano w rekomendowanym stężeniu (Edler 1979). Wadą zastosowania płynu Lugola jest późniejsza utrudniona identyfikacja taksonomiczna orzęsków. Kompozycja taksonomiczna nie stanowi jednak głównego zagadnienia w moich badaniach.

Drugim parametrem niezbędnym do szacowania produkcji jest tempo wzrostu badanych organizmów. Jest to parametr łatwo obserwowalny w hodowlach laboratoryjnych, gdzie tempo wzrostu można po prostu oszacować z tempa przybywania nowych osobników. W środowisku jednak pojawianie się nowych osobników jest maskowane poprzez ich równoczesną eliminację przez drapieżniki i w mniejszym stopniu przez inne czynniki śmiertelności (wszystkie czynniki śmiertelności orzęsków omówiłem w **P.5.**). Ze względu zatem na trudność bezpośredniej obserwacji, tempo wzrostu orzęsków najczęściej szacuje się

z wykorzystaniem równań allometrycznych opisujących zależność pomiędzy tempem wzrostu orzęska a jego wielkością (mniejsze organizmy rosną szybciej) i temperaturą otoczenia (w akceptowalnym fizjologicznie zakresie, wzrost temperatury przyspiesza wzrost organizmu). Równania takie (Fenchel 1974, Montagnes i inni 1988, Müller i Geller 1993) powstały poprzez syntezę bardzo dużej ilości danych pochodzących z obserwacji orzęsków w hodowlach laboratoryjnych. Uważanym za najlepsze (zagadnienie omówione w **P.6.**) równaniem jest formuła wg. Müller i Gellera (1993): $\ln r = 1,52 \times \ln T - 0,27 \times \ln V - 1,44$, gdzie r to tempo wzrostu [d^{-1}], T – temperatura otoczenia [$^{\circ}C$], natomiast V to objętość komórki orzęska [μm^3]. Wykorzystywanie równań allometrycznych wiąże się jednak z założeniem, że warunki wzrostu w środowisku (zwłaszcza dostępność pokarmu) są podobne jak w hodowlach. Jest to założenie trudne do weryfikacji, ponieważ nawet bardzo dokładne badania zasobów pokarmowych orzęsków (fito- i bakterioplankton, inne pierwotniaki) nie zawsze mogą być wiarygodnie zinterpretowane ze względu na brak pełnej wiedzy na temat preferowanego pokarmu przez konkretne gatunki orzęsków. Dodatkowo, analizy zasobów pokarmowych dostarczają wyniki w postaci wartości uśrednionych dla próby, natomiast pokarm może występować w środowisku w postaci skupisk pomiędzy którymi orzęski mogą się przemieszczać i w ten sposób korzystać z wysycających ilości pokarmu (Paffenhöfer i inni 2007). Zagadnienie to poddałem dyskusji w **P.5.** Założenie braku limitacji wzrostu orzęsków w danym środowisku może być zweryfikowane przez pomiary wzrostu orzęsków bezpośrednio w warunkach naturalnych. Bezpośrednie pomiary tempa wzrostu orzęsków są jednak wykonywane rzadko, bo są nieporównanie bardziej pracochłonne od pomiarów tempa wzrostu fitoplanktonu czy bakterii (**P.4.**). Najprostszą koncepcyjnie metodą jest tu frakcjonowanie wody – oddzielenie poprzez filtrację orzęsków od większych od nich drapieżników i inkubacja takiej wody w celu zaobserwowania tempa przyrostu liczebności orzęsków. Takie eksperymenty (Taylor i Johannsson 1991, Leakey i inni 1992, Leakey i inni 1994, Macek i inni 1996, Wallberg i inni 1999, Carrias i inni 2001) wykazały wyraźnie niższe tempa wzrostu orzęsków (często kilka razy niższe) w stosunku do tych spodziewanych z wyliczeń dokonanych przy pomocy równań allometrycznych. Te obserwacje ugruntowały na wiele lat przekonanie, że orzęski doświadczają w środowisku limitacji pokarmowej a ich tempo wzrostu jest wyraźnie niższe niż w hodowlach. Stało się tak pomimo tego, że szereg autorów (Leakey i inni 1994, Macek i inni 1996, Wallberg i inni 1999, Carrias i inni 2001)

wskazywało, że powodem niskich oszacowań tempa wzrostu mierzonych metodą frakcjonowania wody może być również usunięcie podczas filtracji zaledwie części z drapieżników, ponieważ te o podobnej wielkości do ofiar nie są odfiltrowywane. Przykładem jest tu orzęsek z rodzaju *Didinium*, który konsumuje inne orzęski o podobnej do własnej wielkości (Li i Montagnes 2015) lub niektóre heterotroficzne bruzdnice o podobnej wielkości jak orzęski którymi się odżywiają (np. Hansen 1991a). Przez dłuższy czas oszacowania tempa wzrostu dostarczane przez metodę frakcjonowania wody nie mogły być zweryfikowane z powodu braku innych metod badania wzrostu orzęsków w środowisku. Podejmowane próby obserwacji frekwencji komórek orzęsków z dzielącymi się jądrami komórkowymi (Coats i Heinbokel 1982, Sherr i Sherr 1983, Heinbokel i Coats 1986, Finlay i Fenchel 1996) zostały zarzucone, bo dostarczały rozbieżnych i niewiarygodnych wyników. Zmienny, w zależności od gatunku i warunków wzrostu, czas trwania wyróżnialnych faz podziałowych uniemożliwiał zresztą przeliczenie frekwencji dzielących się komórek na tempo wzrostu (omówione w **P.4.**).

By dokonać weryfikacji czy metoda frakcjonowania wody rzeczywiście dostarcza niedoszacowanych wartości tempa wzrostu pierwotniaków, przeprowadziłem eksperymenty z wykorzystaniem specjalnie zmodyfikowanej metody rozcieńczeniowej umożliwiającej całkowite zniesienie presji drapieżniczej (**P.4.**, **P.5.**). Oryginalnie metoda rozcieńczeniowa (Landry i Hassett 1982) stosowana była do oceny tempa wyżerania fitoplanktonu. W oryginalnym zastosowaniu, polega ona na przygotowaniu szeregu rozcieńczeń z wykorzystaniem wody pobranej ze środowiska (zawierającej fitoplankton oraz organizmy nim się odżywiające) oraz filtratu (0,2 μm), z którego usunięto organizmy pozostawiając natomiast substancje biogeniczne, tak by nie zmienić warunków wzrostowych fitoplanktonu. W efekcie, w kolejnych rozcieńczeniach (np. zawierających 100%, 80%, 60%, 40% i 20% niefiltrowanej wody), fitoplankton i jego konsumenci podlegają coraz silniejszemu rozcieńczeniu, przez co również stopniowo, w kolejnych rozcieńczeniach, rzadziej się ze sobą stykają. Skutkuje to osłabieniem presji drapieżniczej, a w kolejnych rozcieńczeniach obserwujemy wzrost biomasy fitoplanktonu, który jest proporcjonalny do stopnia rozcieńczenia niefiltrowanej wody. Ekstrapolując tę tendencję do teoretycznej sytuacji zupełnego rozcieńczenia można określić rzeczywiste tempo wzrostu fitoplanktonu. Dokonana modyfikacja tej metody (**P.4.**, **P.5.**) pozwala mierzyć tempo wzrostu orzęsków po całkowitym zniesieniu

skierowanej na nie presji drapieżniczej. Istotą dokonanej modyfikacji jest zastosowanie innego filtratu (10 μm), co pozwala szacować tempo wzrostu organizmów większych niż 10 μm odżywiających się pokarmem o wielkości poniżej 10 μm . W tej kategorii mieści się wiele orzęsków. Tak zmodyfikowana metoda rozcieńczeniowa znosi presję drapieżniczą nie tylko drapieżników większych od badanych organizmów ale również tych o podobnej wielkości. Eksperymenty opisane w dwóch publikacjach (**P.4.**, **P.5.**) zmodyfikowały dotychczasowy stan wiedzy wskazując że orzęski w wielu środowiskach rosną równie szybko jak w hodowlach. Pozwala to na przywrócenie zaufania do oszacowań dokonywanych z wykorzystaniem równań allometrycznych.

Przedstawiony do oceny cykl publikacji składa się z 6 prac. Poniżej chciałbym omówić kolejno każdą z nich zwracając uwagę na jej wkład w zastany stan wiedzy. W pierwszej publikacji cyklu (**P.1.**) dokonałem (jestem jedynym autorem tej pracy) obserwacji i opisu sezonowych zmian liczebności, biomasy i kompozycji taksonomicznej zbiorowiska orzęsków w wodach Słupi zaliczanej do rzek średniej wielkości. Badania wykonywałem z dużą intensywnością przez cały rok (XII 2005 – XII 2006), pobierając 53 próby w tygodniowych odstępach. Z wykorzystaniem równań allometrycznych (Montagnes i inni 1988, Müller i Geller 1993) oszacowałem tempa wzrostu dla obserwowanych orzęsków w kolejnych próbach, co umożliwiło analizę sezonowej zmienności produkcji zbiorowiska orzęsków oraz kalkulację produkcji średniorocznej. Nie obserwowano większych sezonowych różnic w wielkości obserwowanych organizmów, przez co szacowane tempa wzrostu zależały przede wszystkim od temperatury i osiągnęły najwyższą wartość latem. Jednakże produkcja orzęsków, która jest zależna zarówno od tempa wzrostu orzęsków jak i ich aktualnej biomasy, najwyższą wartość osiągnęła nie latem, lecz podczas wiosennego szczytu biomasy. Równanie allometryczne wg. Müller i Gellera (1993) dostarczało nieznacznie wyższych oszacowań tempa wzrostu (średniorocznie 0,7 d^{-1}) niż równanie wg. Montagnes i innych (1988) – średniorocznie 0,6 d^{-1} . Ta pierwsza praca w obrębie przedstawianego do oceny cyklu zawiera jeszcze zastrzeżenie, zgodnie z ówczesnym stanem wiedzy, że rzeczywista produkcja zbiorowisk orzęsków jest zapewne zdecydowanie niższa od wartości oszacowanych z zastosowaniem równań allometrycznych, które dostarczają potencjalnego, tzn. maksymalnego, oszacowania.

W drugiej pracy (P.2.) wyodrębnionego cyklu publikacji przedstawiłem badania dotyczące kalkulacji biomasy tzw. tintinnid, czyli orzęsków posiadających charakterystyczny pancerzyk (lorica). Aktualnie, wg. bazy danych World Register of Marine Species (WoRMS 2016), zgrupowane są one w obrębie podrzędu Tintinnina. Średniorocznie wnoszą one do kilkunastu procent biomasy orzęsków w strefie umiarkowanej (P.1., P.3.), przy czym w niektórych rejonach i porach roku (np. Wasik i Mikołajczyk 1996, Rychert i inni 2013) mogą nawet dominować w zbiorowisku orzęsków. Badanie ich udziału w przepływie energii przez biocenozę nastrocza problemy, ponieważ w obliczeniach trzeba uwzględnić nakład energetyczny ponoszony na budowę pancerzyków, co przekłada się na potrzeby pokarmowe tych orzęsków oraz ich tempo wzrostu (P.2.). Najczęściej kalkulacji tempa wzrostu dokonuje się drogą kalkulacji wstecznej, tzn. oblicza się zawartość węgla organicznego w osobniku z uwzględnieniem jego pancerzyka, wg. równania Verity'ego i Langdona (1984), i następnie oblicza się zastępczą objętość protoplastu, która zawierałaby w sobie taką samą ilość węgla organicznego. Dopiero taką zastępczą objętość wykorzystuje się w równaniu allometrycznym szacującym tempo wzrostu (Godhantaraman 2002, P.1., P.3., P.5., P.6.). Tutaj czasami pojawia się jednak problem, bo nie zawsze badacze dysponują potrzebnym zestawem danych do takich przeliczeń. Jak wykazał przegląd literatury (P.2.), czasami mierzona jest tylko objętość protoplastu, co nie pozwala na uwzględnienie węgla organicznego zawartego w pancerzyku. By ułatwić niezbędne w takiej sytuacji przeliczenia sformułowałem równanie opisujące zależność pomiędzy objętością protoplastu i objętością loriki dla różnych tintinnid (P.2.). Wykorzystałem w tym celu oryginalny materiał badawczy obejmujący pomiary 438 osobników obserwowanych w próbach środowiskowych pobranych w różnych wodach strefy umiarkowanej: rzecznych, jeziornych, estuariowych oraz morskich. Pochodzenie materiału z rzeczywistych i zróżnicowanych prób w sposób oczywisty powoduje, że jest on bardziej wartościowy od masowych pomiarów dokonywanych w hodowlach laboratoryjnych. Obserwowano różne organizmy, których zakres wymiarów obejmował 4 rzędy wielkości. Po wyłączeniu z zestawu danych *Helicostomella subulata* Jörgensen 1924, który to orzęsek charakteryzuje się wyjątkowo dużym pancerzykiem w stosunku do protoplastu (P.2.), objętość [μm^3] lorik (VL) i protoplastów (VP) pozostałych tintinnid powiązано równaniem: $VL = 2,74 \times VP^{1,03}$ ($p < 0,001$, $n = 417$, $R^2 = 0.85$). W pracy przedyskutowano także różnice powodowane zastosowaniem różnych środków

konserwujących oraz znaczenie zasolenia wody dla zmian objętości protoplastów podczas utrwalania. W efekcie praca ta (**P.2.**) ma spore znaczenie praktyczne. Początkowo ukazała się ona na stronie internetowej czasopisma z nadanym numerem DOI w roku 2010, później została ostatecznie opublikowana w formie papierowej w roku 2011. Niestety, powoduje to że bywa błędnie cytowana.

W roku 2012 ukazała się kolejna praca (**P.3.**), w której przedstawiono wyniki badań zbiorowisk orzęsków pelagicznych przeprowadzonych w płytkich, eutroficznym i estuariowych jeziorach Gardno oraz Łebsko. Celem badań było zweryfikowanie hipotezy zakładającej, że w wysoce eutroficznym wodach względny udział orzęsków w transmisji energii przez biocenozę jest mniejszy niż w mniej żyznym wodach. Taką prawidłowość wykazano dla zbiorowisk bakterii (Weisse 1991, Gasol i Duarte 2000, Chróst i Siuda 2006), które stanowią najniższe piętro troficzne mikrobiologicznej sieci troficznej. Znaczący to, że wzrost produkcji bakteryjnej nie nadąża za wzrostem statusu troficznego wód, przez co procentowy udział bakterii w transmisji energii poprzez biocenozę spada wraz ze wzrostem żyzności. Badania prowadzono długotrwale – na jeziorze Gardno od kwietnia 2006 do lutego 2008, natomiast na jeziorze Łebsko od kwietnia do listopada 2007 oraz pomiędzy kwietniem i wrześniem 2008. Łącznie wykonano 48 poborów prób w odstępach od dwóch tygodni do miesiąca poddając analizie, we wszystkich próbach, około 2 tys. orzęsków. By określić ich znaczenie w transmisji energii, szacowaną produkcję orzęsków, obliczoną z wykorzystaniem równania allometrycznego (Müller i Geller 1993), porównano do równoległe mierzonego tempa produkcji pierwotnej fitoplanktonu. Porównywano produkcję orzęsków scałkowaną dla całego roku i dla kolumny wody [$\text{gC m}^{-2} \text{rok}^{-1}$] do podobnie zintegrowanej produkcji pierwotnej. W jeziorze Gardno produkcja orzęsków odpowiadała 9% i 11% produkcji pierwotnej (wyniki dla dwóch rocznych okresów badawczych). W jeziorze Łebsko dla obu badanych lat wartość ta wynosiła 12%. Zastosowanie innego równania allometrycznego (Montagnes i inni 1988) dało podobne wyniki – roczna produkcja orzęsków odpowiadała wówczas 9–14% produkcji pierwotnej. Te wartości przekraczają większość oszacowań opisanych w literaturze. Wskazało to na duże znaczenie ekologiczne orzęsków w płytkich, eutroficznym jeziorach. W efekcie odrzucono postawioną hipotezę względnego spadku ich udziału w transmisji energii wraz ze wzrostem statusu troficznego wód. Najprawdopodobniej rola orzęsków w wodach eutroficznym jest duża, ze względu na to, że większe zagęszczenie

bakterii powoduje pojawienie się w zbiorowisku orzęsków szeregu organizmów bakteriożernych. W efekcie większa część bakterii jest konsumowana bezpośrednio przez orzęski, czyli inaczej niż ma to miejsce w mniej żyznych wodach, gdzie bakterie są w pierwszej kolejności konsumowane przez wiciowce (którym wystarcza mniejsza koncentracja bakterii), a te dopiero stanowią pokarm orzęsków (Chróst i inni 2009, przegląd literatury w **P.3.**). Zachodzi w ten sposób, że wzrostem żyzności wód, ograniczenie znaczenia pośredniego poziomu troficznego, co w oczywisty sposób przekłada się na wyższą wydajność transmisji energii przez łańcuch troficzny (**P.3.**). Tłumaczy to wysoki udział orzęsków w transmisji energii poprzez biocenozę. Zakładając typową dla pierwotniaków wydajność wzrostu brutto (30%, Weisse i inni 2016), roczne potrzeby pokarmowe orzęsków w badanych jeziorach można by oszacować na poziomie 30–40% produkcji pierwotnej. Obok oszacowań produkcji prezentowana publikacja (**P.3.**) zawiera opis zmian sezonowych liczebności, biomasy i kompozycji taksonomicznej orzęsków. Podobnie jak w przypadku pierwszej publikacji cyklu zawarto tu zastrzeżenie, zgodne z ówczesnym stanem wiedzy, że rzeczywiste tempo produkcji orzęsków może być niższe od tego oszacowanego z wykorzystaniem równań allometrycznych. Zauważono jednak, że limitacja pokarmowa wzrostu orzęsków w tak żyznych jeziorach jak Gardno i Łebsko jest bardzo mało prawdopodobna.

W czwartej pracy (**P.4.**) wydzielonego cyklu publikacji poddałem (jestem jedynym autorem) weryfikacji hipotezę, że metoda frakcjonowania wody dostarcza zaniżone współczynniki wzrostu pierwotniaków. W tym celu zastosowałem nowatorsko zmodyfikowaną metodę rozcieńczeniową. Eksperymenty prowadzono *in situ* w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego. Badano wzrost orzęsków (*Balanion comatum* Wulff 1919, *Strombidium* sp.) oraz dużego wiciowca *Ebria tripartita* (Schumann) Lammermann 1899. Przeprowadzone eksperymenty rozcieńczeniowe dały każdorazowo wyższe oszacowania tempa wzrostu niż równoległe przeprowadzone eksperymenty z frakcjonowaną wodą (test Wilcoxona, $p = 0,04$), potwierdzając wysuniętą w pracy hipotezę, że frakcjonowanie wody nie znosi całkowicie presji drapieżniczej. W wodzie pobranej do eksperymentów obserwowano zresztą orzęski drapieżne z rodzajów *Askenasia*, *Didinium* oraz *Lacrymaria*, które mogły odżywiać się badanymi organizmami i co więcej ze względu na swą wielkość nie mogły być usunięte poprzez frakcjonowanie wody. Eksperymentom towarzyszyły analizy zasobów pokarmowych obecnych w inkubacjach eksperymentalnych.

By zminimalizować wszelkie artefakty związane z inkubacją wody w butelkach większość eksperymentów trwała tylko około 4 godzin około południa. W przypadku takich krótkich inkubacji wykonywanych z pomocą zmodyfikowanej metody rozcieńczeniowej często obserwowano wyższe tempo wzrostu pierwotniaków niż te spodziewane na podstawie równań allometrycznych. Wskazywało to, że wzrost badanych organizmów często podlegał cyklowi dobowemu (przedyskutowane w **P.4.**). Ponad pół roku później ukazała się inna publikacja (Franzé i Modigh 2013), której autorzy w swoich niezależnych badaniach, prowadzonych przy pomocy podobnie zmodyfikowanej metody rozcieńczeniowej, uzyskali wyniki zgodne z tymi opisanymi w mojej pracy (**P.4.**). Te zupełnie niezależnie prowadzone badania potwierdziły nie tylko słuszność wyciągniętych wniosków, ale również aktualność podjętego problemu.

Kolejne badania (**P.5.**) również prowadziłem z zastosowaniem metody rozcieńczeniowej. Ponieważ poprzednia praca (**P.4.**), wskazała na to, że wzrost badanych organizmów czasem podlega cyklowi dobowemu, tym razem inkubacje, również trwające około 4 h, prowadzono zarówno około południa jak i około północy. Celem pracy była weryfikacja hipotezy zakładającej, że w żyznym środowisku orzęski rosną równie szybko jak w hodowlach laboratoryjnych. Dodatkowym celem było poszerzenie dostępnej wiedzy na temat dobowej zmienności tempa wzrostu orzęsków. Badania prowadzono w bardzo żyznym i słonawym jeziorze Gardno, oferującym wysoką i dość stabilną podaż pokarmu dla badanych organizmów. Średniodobowy współczynnik wzrostu pospolitych orzęsków *Rimostrombidium* sp. *Tintinnidium* sp. oraz *Cyclidium* sp. przekraczał $0,1 \text{ h}^{-1}$ i odpowiadał najwyższym oszacowaniom opisanym w literaturze dla hodowli prowadzonych w podobnej temperaturze. Zaobserwowano również generalną zgodność pomiarów z tempami wzrostu wyliczonymi z równania allometrycznego według Müller i Gellera (1993). Potwierdzono zatem hipotezę, że w żyznym środowisku orzęski rosną równie szybko jak w hodowlach. Spośród badanych organizmów tylko jeden (*Tintinnidium* sp.) wykazał dobowy cykl wzrostu, z podziałami odbywającymi się w nocy. Orzęski z rodzajów *Rimostrombidium* i *Cyclidium* rosły równie szybko w dzień jak i w nocy. W pracy (**P.5.**) zweryfikowano założenia metody rozcieńczeniowej tzn. przede wszystkim stopniowe osłabienie presji drapieżniczej w kolejnych rozcieńczeniach oraz dostępność zasobów pokarmowych dla badanych organizmów. Pierwsze założenie zostało zweryfikowane poprzez obserwację spadającej liczebności

drapieżnych orzęsków z rodzajów *Askenasia*, *Monodinium*, *Lacrymaria*, *Didinium* i innych (**P.5.**). Analiza zasobów pokarmowych dostępnych dla badanych organizmów w kolejnych rozcieńczeniach wykazała że *Rimostrombidium* sp. i *Tintinnidium* sp. miały dostęp do nadmiaru pokarmu, natomiast w przypadku *Cyclidium* sp. mogła występować limitacja pokarmowa. Limitacji nie potwierdzał jednak bardzo szybki wzrost tego organizmu odpowiadający najwyższym wartościom podawanym w literaturze dla hodowli prowadzonych w podobnej temperaturze. Tak więc *Cyclidium* sp. mogło przemieszczając się pomiędzy skupieniami pokarmu w pełni zaspokoić swoje potrzeby (Paffenhöfer i inni 2007). Wskazuje to, że w większości przypadków nie da się zastąpić bezpośrednich pomiarów tempa wzrostu i produkcji orzęsków przez analizę ich zasobów pokarmowych.

Celem ostatniej pracy cyklu (**P.6.**) było określenie produktywności orzęsków w różnych wodach strefy umiarkowanej. W pracy udostępniono dużą ilość nowych danych i dokonano podsumowania dotychczasowych badań, przedstawiając je w postaci rocznych wartości P/B (scałkowana całoroczna produkcja orzęsków w stosunku do średniorocznej biomasy). Zaletą współczynnika P/B jest jego uniwersalność przez co może zostać zastosowany do zbiorowisk orzęsków różniących się biomasą. Produktywność orzęsków oszacowano dla 4 jezior o różnym statusie troficznym i 2 stanowisk w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego. Wszystkie te wody znajdują się w umiarkowanej strefie klimatycznej i mają charakterystyczne dla niej warunki środowiskowe. Osobno badano wody powierzchniowe i przydenne, a oszacowania oparto na dużej ilości danych (11 całorocznych serii danych, 115 prób, prawie 5 tysięcy organizmów) opisujących sezonowe zmiany temperatury wody, biomasy orzęsków oraz rozkładu wielkości organizmów tworzących zbiorowisko. Tempo wzrostu oszacowano z wykorzystaniem równania allometrycznego wg. Müller i Gellera (1993), które jak pokazały wcześniej opisane własne (**P.4.**, **P.5.**) i cudze badania (np. Franzè i Lavrentyev 2014), dostarczają wiarygodnych oszacowań tempa wzrostu orzęsków dla wielu środowisk. Roczny współczynnik P/B dla orzęsków w różnych wodach powierzchniowych wynosił $308 \pm 81 \text{ rok}^{-1}$ (średnia \pm odchylenie standardowe). Nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnioroczną wielkością biomasy orzęsków w badanych wodach a rocznym współczynnikiem P/B. W wodach przydennych, roczna wartość P/B wynosiła $78 \pm 39 \text{ rok}^{-1}$. Chciałbym tu zwrócić uwagę, że w obliczeniach produktywności uwzględniono wpływ warunków beztlenowych,

obserwowanych w strefie przydennej jezior podczas ciepłej części roku, na wydajność wzrostu, a przez to również na produkcję, orzęsków. Praca zawiera również opis obserwowanych zbiorowisk orzęsków oraz szereg danych użytecznych w modelowaniu ekosystemów wodnych, takich jak zakres obserwowanych liczebności i biomasy, wartości średnioroczne oraz zaobserwowane terminy szczytów występowania. W pracy przedyskutowano okoliczności mogące mieć wpływ na tempo wzrostu orzęsków. Dwie z nich, możliwa limitacja pokarmowa oraz ciągła przebudowa zbiorowiska orzęsków wskutek zmieniających się warunków środowiskowych mogą skutkować znacząco niższą produktywnością zbiorowiska orzęsków. Dwie kolejne okoliczności, możliwe zmiany objętości badanych organizmów po utrwaleniu płynem Lugola (co wpływa na przeliczenia) oraz możliwa miksotrofia części organizmów (w wodach powierzchniowych), miały mniejsze znaczenie, bo odpowiednie obliczenia wykazały, że każda z nich mogłaby skutkować jedynie nieznacznym przeszacowaniem wielkości produkcji. W efekcie uznano, że roczny P/B orzęsków stosowany w modelach ekologicznych powinien wynosić od 50 do 100% wyliczonej potencjalnej produktywności. Niższe wartości należy stosować w mniej żyznych wodach (jeziora oligo- i mezotroficzne, morskie wody otwarte) natomiast wyższe wartości są odpowiednie dla wód żyznych (eutroficzne i hipertroficzne jeziora, estuaria oraz morskie wody przybrzeżne). Wydzielony cykl publikacji (**P.1.–P.6.**) kończy zatem praca, która dokonuje podsumowania zagadnienia badawczego oraz udostępnia szereg danych w formie umożliwiającej wykorzystanie przez innych badaczy. W tym celu do tej ostatniej publikacji (**P.6.**) dołączyłem **materiał dodatkowy**, znajdujący się za spisem literatury. Zestawiono w nim dane obejmujące liczebności, biomasy i wartości produkcji orzęsków dla wszystkich analizowanych w tej pracy wód oraz dla wszystkich terminów badawczych. Osobno zestawiono dane dla strefy powierzchniowej i przydennej, dla każdej podając również temperaturę wody. Ten zbiór danych może zostać wykorzystany do konstruowania lub walidacji bilansów i mechanistycznych modeli ekologicznych oraz rybackich, dla których wciąż brakuje danych (Buitenhuis i inni 2010, Friedland i inni 2012, Naithani i inni 2016, Weisse i inni 2016, przegląd literatury dokonany w **P.6.**). Przegląd najnowszej literatury (np. Naithani i inni 2016) wskazuje, że w mechanistycznych modelach ekologicznych orzęski coraz częściej występują jako osobna zmienna stanu, jednakże wyliczane podczas modelowania

sezonowe zmiany ich biomasy niezbyt dobrze odpowiadają dwuszczytowym zmianom obserwowanym w środowisku (**P.6.**).

Powyżej przedstawiłem najważniejsze wyniki opisane w kolejnych pracach wydzielonego cyklu publikacji. Chcąc ograniczyć długość autoreferatu, jestem zmuszony w zakresie zagadnień szczegółowych odesłać czytelnika do kolejnych publikacji cyklu. Chciałbym natomiast jeszcze odnieść się do kluczowego elementu oceny dorobku naukowego habilitanta czyli do rozstrzygnięcia, czy wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej jest znaczny (art. 16. p. 1. ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.). W tym celu chciałbym wymienić trzy najważniejsze osiągnięcia zawarte w przedstawionym do oceny cyklu publikacji. Pierwszym z nich jest dowód eksperymentalny, że zastosowanie metody frakcjonowania wody dostarcza znacznie zaniżonych oszacowań tempa wzrostu pierwotniaków wskutek niepełnego zniesienia presji drapieżniczej (**P.4.**). Dowód ten został uzyskany za pomocą specjalnie zmodyfikowanej w tym celu metody rozcieńczeniowej. Kolejne prace z wykorzystaniem tak zmodyfikowanej metody rozcieńczeniowej (Franzè i Lavrentyev 2014, **P.5.**) wykazały ponadto, że w wielu badanych środowiskach orzęski rosną w tempie niewiele niższym lub wprost odpowiadającym temu oszacowanemu z wykorzystaniem równań allometrycznych. W ten sposób doszło, z moim udziałem, do uznania wysokiej przydatności równań allometrycznych do szacowania tempa wzrostu orzęsków w środowisku i modyfikacji uprzedniego stanu wiedzy. Drugim osiągnięciem jest udostępnienie metody (**P.2.**) właściwego szacowania biomasy orzęsków wytwarzających pancerzyki (tintinnid) w przypadku gdy zebrane dane zawierają wyłącznie pomiary protoplastu. Trzecim ważnym osiągnięciem jest dostarczenie dużej ilości danych dotyczących rocznych oszacowań produktywności orzęsków dla różnych wód oraz identyfikacja czynników na nie wpływających. Po przeprowadzeniu szerokich badań nad produktywnością orzęsków w różnych wodach umiarkowanej strefy klimatycznej chciałem je udostępnić szerokiemu kręgowi badaczy. Myślę że dokonałem tego w ostatniej publikacji wydzielonego cyklu (**P.6.**), która zawiera w dyskusji obszerny przegląd najprawdopodobniej całości dostępnej literatury na ten temat. Oryginalne wyniki przedstawione w 3 pracach (**P.1.**, **P.3.**, **P.6.**) stanowią zresztą istotną jej część. Ufam, że dzięki ostatniej pracy cyklu (**P.6.**) wyniki mojej pracy badawczej staną się użyteczne nie tylko dla bardzo wąskiego grona protozoologów (lub protistologów),

ale również dla szerokiego kręgu oceanografów i hydrobiologów. Praca wyszła drukiem niedawno (koniec września 2016), tak więc nie otrzymałem jeszcze informacji zwrotnej, czy tak się w istocie stało.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.

By omówić podejmowane przez mnie tematy badawcze chciałbym pokrótce przedstawić mój życiorys. Urodziłem się w roku 1976 w Sierakowicach. Później mieszkałem w Żukowie (k/Gdańska) i tam też uczęszczałem do szkoły podstawowej. W latach 1991–1995 uczyłem się w II Liceum Ogólnokształcącym w Gdyni. W latach 1995–2000 studiowałem natomiast biologię na Uniwersytecie Gdańskim. W trakcie studiów wybrałem specjalizację w zakresie biologii molekularnej kwalifikując się do grupy seminaryjnej Zakładu Mikrobiologii. Początek mojej pracy badawczej wiązał się z mikrobiologią kliniczną, którą poznawałem w Wojewódzkim Szpitalu Zespolonym w Gdańsku, który współpracował z Uniwersytetem Gdańskim. Tam moimi nauczycielkami były nieżyjące już Julianna Kurlenda (ostatecznie doktor habilitowany, specjalista II stopnia z mikrobiologii lekarskiej) oraz Irena Aleksandrowicz (ostatecznie doktor, specjalista II stopnia z mikrobiologii lekarskiej, późniejsza konsultant ds. mikrobiologii lekarskiej w województwie warmińsko-mazurskim). Później co prawda zmieniłem zainteresowania badawcze, ale nabyta wówczas sprawność manualna oraz dokładność zaowocowała we wszystkich wykonywanych później przeze mnie eksperymentach. Podczas przygotowywania pracy magisterskiej zajmowałem się różnicowaniem szczepów *Proteus mirabilis* Hauser 1885 wywołujących zakażenia układu moczowego i pochodzących ze szpitali w Gdańsku i w Szczecinie (łącznie 105 szczepów). Różnicowania szczepów dokonywałem na podstawie zdolności do produkcji β -laktamaz o rozszerzonym spektrum substratowym (ESBL), typów proticynogennych P/S (wytwarzanie i odporność na specyficzne bakteriocyny) oraz analizy restrykcyjnej DNA plazmidowego (własnoręcznie wykonane badania). Dodatkowo korzystałem również z danych dotyczących lekooporności poszczególnych szczepów, które zostały zbadane przez pracowników laboratoriów w szpitalach, z których pochodziły szczepy. W efekcie wyodrębniono i scharakteryzowano endemiczny szczep *Proteus mirabilis* dominujący zarówno wśród izolatów w Gdańsku jak i w Szczecinie. Wyniki pracy, w połączeniu z innymi, były prezentowane na krajowej konferencji przez

opiekuna pracy I. Aleksandrowicz w 2000 roku (szczegóły w załączniku 3.). Publikacja wyników badań obejmujących m. in. moją pracę magisterską była jednak w kolejnych latach odsuwana w czasie przez inne bieżące sprawy i została ostatecznie pogrzebana przez śmierć dr Aleksandrowicz.

Bezpośrednio po studiach pracowałem przez okres roku (2001) jako bakteriolog prowadząc kontrolę jakości w fabryce podłoży mikrobiologicznych wykorzystywanych w szpitalach, stacjach sanitarno-epidemiologicznych oraz w przemyśle. Praca ta nie była jednak dla mnie satysfakcjonująca i jesienią 2001 zostałem słuchaczem Studium Doktoranckiego powołanego wspólnie przez Instytut Oceanologii PAN w Sopocie oraz Morski Instytut Rybacki w Gdyni. Podjęcie studiów doktoranckich wiązało się ze zmianą zainteresowań badawczych. Od tego czasu do chwili obecnej moja aktywność badawcza dotyczy 3 zagadnień: (I) ekologii pelagicznych pierwotniaków (heterotroficznych Protista), (II) powstawania stref beztlenowych oraz występujących w tych warunkach zbiorowisk organizmów jednokomórkowych, a także (III) regulacji tempa produkcji i degradacji materii organicznej w środowiskach wodnych. Podjęcie nowych kierunków badawczych wymagało studiów literaturowych oraz zapoznania się z nowymi dla mnie metodami badawczymi. Potrzebne umiejętności zdobyłem w Morskim Instytucie Rybackim oraz na licznych stażach w ośrodkach zagranicznych (Institut für Ostseeforschung – Warnemünde, Niemcy; Department of Biological Oceanography and Modelling – Napier University, Edinburgh, Wielka Brytania; Institut für Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften – Mondsee, Austria) i krajowych (Zakład Hydrobiologii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Stacja Hydrobiologiczna w Mikołajkach oraz inne). Promotorem mojej pracy doktorskiej był profesor Zbigniew Witek a jej tytuł brzmiał: „Zbiorowiska pierwotniaków i ich wpływ na konsumpcję tlenu w strefie przydennej Basenu Gdańskiego”. Tematyka pracy dotyczyła ważnych dla wielkości zasobów rybackich stref beztlenowych pojawiających się w głębinach Morza Bałtyckiego oraz sporadycznie również w wodach przydennej strefy przybrzeżnej. Bezpośrednio badanym problemem była natomiast ocena wpływu wyżerania bakterii przez pierwotniaki na konsumpcję tlenu dokonywaną przez cały zespół organizmów jednokomórkowych bytujących w strefie przydennej Zatoki Gdańskiej. W pracy zanalizowano skład zbiorowisk pierwotniaków (heterotroficzne orzęski, wiciowce i bruzdnice) w wodach przydennej, dokonano szereg bezpośrednich pomiarów presji drapieżniczej wywieranej na bakterie oraz

przeprowadzono symulacje modelowe opisujące przepływ węgla przez zbiorowisko organizmów jednokomórkowych oraz towarzyszące temu zużycie tlenu. Oszacowano, że na badanym stanowisku udział pierwotniaków w respiracji był znacznie mniejszy (około 3,5×) od udziału bakterii, jednakże poprzez konsumpcję bakterii pierwotniaki powodowały kilkukrotne (2,5–5,0×, zmienne sezonowo) zmniejszenie obserwowanej respiracji bakterioplanktonu, w porównaniu do tej, do której ten byłby zdolny po wyzwoleniu spod presji drapieżniczej. Wykazano zatem, że redukcja przez pierwotniaki biomasy i respiracji bakteryjnej ma większy wpływ na konsumpcję tlenu niż respiracja własna pierwotniaków. Innym ważnym ustaleniem było wykazanie, z wykorzystaniem modelu mechanistycznego, że decydujące znaczenie dla czasu potrzebnego do wykształcenia się deficytu tlenowego w strefie przybrzeżnej ma grubość przydennej warstwy wody oddzielonej termokliną od wyższych partii toni wodnej. Jest to konsekwencją większego znaczenia respiracji organizmów występujących w osadach dennych od znaczenia respiracji organizmów zawieszonych w wodzie. Organizmy denne mając stałą powierzchnię styku z wodami przydennymi, tym szybciej zużywają obecne w wodach przydennych zasoby tlenu im mniejszą mają one objętość. Przygotowanie rozprawy doktorskiej zostało wsparte grantem promotorskim Komitetu Badań Naukowych Ministerstwa Nauki i Informatyzacji którego byłem głównym wykonawcą (numer: 2 P04F 074 27; kwota: 21'500 PLN; 2004–2005). Pracę doktorską obroniłem w roku 2005 w Instytucie Oceanologii PAN w Sopocie. Na podstawie rozprawy doktorskiej opublikowałem już 3 prace (Rychert 2005, Rychert 2006, Rychert 2011a) i zamierzam opublikować jeszcze jedną. Dodatkowo, uzyskane wyniki były wykorzystywane do porównań z obserwacjami dokonanymi później (po obronie pracy doktorskiej) na innym stanowisku badawczym położonym w Ustce i stanowiły dzięki temu również część opublikowanych później 3 publikacji. Wymieniam je w dalszej części autoreferatu. W czasie studiów doktoranckich prowadziłem również poboczną działalność naukową. Szczególną okazją do tego były trzy rejsy badawcze (łącznie około 6 tygodni), które odbyłem po Morzu Bałtyckim na pokładzie statku badawczego „Baltica”. Te dodatkowe badania dotyczyły produkcji pierwotnej i degradacji materii organicznej przez organizmy pelagiczne w Morzu Bałtyckim. Badałem, wraz z współpracownikami, rozkład przestrzenny tych procesów, czynniki wpływające na ich tempo oraz zagadnienia metodyczne wpływające na jakość pomiarów. Rozpocząłem wówczas także badania nad *Mesodinium rubrum* Lohmann

1908 – orzęskiem, który dzięki wykorzystaniu obcych chloroplastów zasadniczo żywi się na sposób autotroficzny przez co stanowi ważny składnik fitoplanktonu mórz i oceanów (Esteban i inni 2011). W swojej pierwszej pracy dotyczącej tego organizmu (Rychert 2004) wykazałem różnice w rozkładzie wielkości osobników w populacji *M. rubrum* na różnych głębokościach. W wodach powierzchniowych obserwowałem współwystępowanie małych i dużych organizmów, natomiast do wód położonych głębiej migrację podejmowały tylko duże organizmy. Nagromadzenie takich obserwacji doprowadziło ostatecznie do wydzielenia z *Mesodinium rubrum* osobnego gatunku – *M. major* (Garcia-Cuetos i inni 2012). Omawiana praca (Rychert 2004) jest moją najwcześniejszą oraz najczęściej cytowaną publikacją. Przed obroną pracy doktorskiej wyniki swoich badań prezentowałem ustnie na jednej konferencji zagranicznej i czterech konferencjach krajowych. Dwukrotnie byłem też współautorem wystąpienia oraz dwukrotnie brałem bierny udział w konferencjach. Poprzestanie na biernym udziale w przypadku 2 konferencji było spowodowane chęcią zorientowania się w nowej dla mnie tematyce (np. sesja astrobiologiczna XXXI zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego w roku 2003, szczegóły w załączniku 3.).

W roku 2005 uzyskałem stypendium Unii Europejskiej programu Marie Curie na trzymiesięczny pobyt w UFZ-Umweltforschungszentrum (obecnie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ) w Magdeburgu (Niemcy). Odbyłem tam kurs mikroskopowej obserwacji biofilmów z wykorzystaniem skanującego laserowego mikroskopu konfokalnego, który przeprowadził prof. Thomas R. Neu, oraz zrealizowałem projekt badawczy dotyczący wpływu presji drapieżniczej wywieranej przez pierwotniaki na formowanie się bakteryjnego biofilmu. W zbudowanym układzie eksperymentalnym wykazałem, że obecność pierwotniaków utrudnia początkowe formowanie biofilmu ale później stymuluje jego wzrost (Rychert i Neu 2010). Doświadczenie w zakresie użytkowania skanującego laserowego mikroskopu konfokalnego znacznie poszerzyło również moje umiejętności w zakresie wykorzystania zwykłego mikroskopu epifluorescencyjnego, z którego regularnie korzystam w badaniach zbiorowisk bakterii oraz najmniejszych wiciowców.

W roku 2005, ze względu na chęć prowadzenia zajęć dydaktycznych oraz dokonania zmiany w życiu, podjąłem pracę w Pomorskiej Akademii Pedagogicznej w Słupsku (obecna nazwa to Akademia Pomorska w Słupsku). Tutaj pracę naukową prowadziłem nie tylko samodzielnie, ale też z udziałem studentów względem których

pełniłem rolę promotora (17 osób) oraz współpracując z innymi pracownikami Akademii Pomorskiej w Słupsku, a także pracownikami Morskiego Instytutu Rybackiego. Obok działalności, która zaowocowała powstaniem wydzielonego cyklu publikacji przedstawionego jako osiągnięcie habilitacyjne, prowadziłem również badania nad całymi zbiorowiskami pierwotniaków w Morzu Bałtyckim obejmującymi orzęski oraz heterotroficzne wiciowce oraz bruzdnice (Arndt 1991). Głównymi poruszonymi tu zagadnieniami badawczymi były: (I) sukcesja sezonowa zbiorowisk pierwotniaków, (II) wpływ wód Wisły na zbiorowiska tych organizmów w Zatoce Gdańskiej oraz (III) wpływ wód Słupi na te organizmy w porcie w Ustce i w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego. Produktem tych badań są 3 publikacje, w których jestem pierwszym autorem (Rychert i Pączkowska 2012, Rychert i inni 2013, Rychert i inni 2014a) a współautorami przede wszystkim magistranci, względem których pełniłem funkcję promotora. W przyszłości powstanie jeszcze jedna praca dotycząca tej tematyki. W roku 2011, korzystając ze współpracy pracowników Instytutu Fizyki Akademii Pomorskiej w Słupsku, uzyskałem dla magistrantki próby konserwowane płynem Lugola pobrane podczas rejsu statku badawczego „Akademik Ioffe” należącego do Instytutu Oceanologii im. P. P. Szyrshowa Rosyjskiej Akademii Nauk w Moskwie. W próbach tych zbadano zmienność liczebności, biomasy i kompozycji taksonomicznej zbiorowiska orzęsków w szeregu stref klimatycznych Oceanu Atlantyckiego w transekcie szerokości geograficznej od 50°S do 48°N (Rychert i inni 2014b). Pozostawiałem studentom możliwość wybrania tematyki badawczej, pomagając następnie w realizacji. W ten sposób doszło do zbadania zbiorowisk orzęsków występujących w dobrze znanym oligo-mezotroficznym jeziorze Jasnym położonym w Zespole Parków Krajobrazowych Wzgórz Dylewskich i Pojezierza Ławskiego (na badania pozwolenie wydał Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w Olsztynie). Wyniki tych badań zostały już opublikowane z magistrantką jako pierwszym autorem (Czychewicz i Rychert 2011). Innym przykładem badań realizowanych na podstawie pomysłu studentów były badania nad warunkami środowiskowymi i zbiorowiskami orzęsków w stawach karpowych różnych gospodarstw rybackich w pobliżu Słupska.

Stale interesującą mnie tematyką są podstawowe procesy stanowiące metabolizm ekosystemów, czyli produkcja pierwotna fitoplanktonu oraz degradacja materii organicznej przez organizmy bytujące w toni wodnej i w osadach dennych. Tutaj podejmowanymi problemami były czynniki regulujące tempo zachodzenia tych

procesów. Pomocniczo, badano również występującą w wodzie i osadach dennych biodegradowalną materię organiczną oraz problemy metodyczne wpływające na jakość pomiarów. Terenem tych badań były strefa przybrzeżna Morza Bałtyckiego, rzeka Słupia oraz słonawe jeziora Gardno i Łebsko. W przypadku jeziora Łebsko, ze względu na jego wielkość, korzystano z pomocy strażników Słowińskiego Parku Narodowego (SPN) posiadających łódź motorową. W początkowym okresie badania na jeziorach Gardno i Łebsko prowadzono we współpracy z Instytutem Fizyki Akademii Pomorskiej w Słupsku, którego pracownicy równolegle badali propagację w wodzie światła użytecznego dla fotosyntezy. Badania te zaowocowały 8 publikacjami. W przypadku 3 jestem ich pierwszym autorem (Rychert i Wielgat-Rychert 2008a, Rychert i Wielgat-Rychert 2008b, Rychert i inni 2015), natomiast w przypadku 5 kolejnych jestem jednym z kolejnych autorów (Wielgat-Rychert i Rychert 2008, Wielgat-Rychert i inni 2010, Wielgat-Rychert i inni 2013, Wielgat-Rychert i inni 2015, Wielgat-Rychert i Rychert 2017). Posiadany materiał pozwoli na wydanie również 4 kolejnych publikacji.

Przełomem w mojej pracy naukowej było uzyskanie grantu badawczego własnego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego („Dynamika pobierania pokarmu i wzrostu pierwotniaków pelagicznych Morza Bałtyckiego”; numer: N304 120434; kwota 78'200 PLN; 2008–2010; kierownik projektu), który poprzez zakup potrzebnego sprzętu i materiałów umożliwił mi rozpoczęcie badań eksperymentalnych nad tempem produkcji orzęsków w warunkach naturalnych (prace P.4. i P.5. osiągnięcia habilitacyjnego), jak również nad odżywianiem się orzęsków. Jest to ważne zagadnienie pozwalające na rekonstrukcję łańcuchów troficznych występujących w obrębie mikrobiologicznej sieci troficznej (Weisse i inni 2016). W badaniach nad odżywianiem się orzęsków wykorzystywałem ziarenka skrobi pszennej jako zastępcze cząstki pokarmowe. Są one pobierane i trawione przez pierwotniaki w podobny sposób jak naturalny pokarm, a po utrwaleniu orzęsków płynem Lugola ziarenka skrobi uzyskują ciemne zabarwienie i są widoczne wewnątrz pierwotniaków (Heinbokel 1978, Kivi i Setälä 1995, Hammer i inni 2001). Moje badania skupiały się na preferencji orzęsków do pobierania cząstek pokarmowych o określonej wielkości (Rychert 2008) oraz na wyznaczeniu odpowiedzi funkcjonalnej, czyli zależności pomiędzy liczebnością cząstek pokarmowych a tempem ich pobierania, dla pospolitego orzęska *Balanion comatum*

Wulff 1919 (Rychert 2011b). Produktem tego modułu badawczego są zatem dwie jednoautorskie publikacje opublikowane w czasopismach z listy filadelfijskiej.

W ostatnich latach prowadziłem badania nad tempem konsumpcji tlenu podczas formowania się w warunkach laboratoryjnych stref beztlenowych oraz nad bytującymi w takich warunkach różnymi zbiorowiskami jednokomórkowych organizmów beztlenowych. Badania takie mają istotne znaczenie dla hydrobiologii, biotechnologii oraz egzobiologii (astrobiologii), przez co zostały nagrodzone na konferencji egzobiologicznej EANA2015 w Noordwijk (Holandia) w roku 2015. Manuskrypt pracy, którego współautorkami są biorące udział w badaniach magistrantka i dyplomantka, został już złożony do redakcji czasopisma. W przyszłości chciałbym kontynuować badania nad zróżnicowaniem zbiorowisk organizmów występujących w warunkach beztlenowych. W tym celu nawiązałem współpracę z ośrodkiem w Austrii (Zentrum für Mikrobiomforschung, Medizinische Universität Graz) wykonującym identyfikację mikroorganizmów metodami molekularnymi. Obecnie aplikuję o fundusze na te badania ze środków Unii Europejskiej (program Europlanet).

W okresie od obrony pracy doktorskiej regularnie uczestniczyłem w konferencjach. W tym czasie 9 razy prezentowałem wyniki badań na konferencjach międzynarodowych i 7 razy na konferencjach krajowych (szczegóły w załączniku 3.). Dodatkowo byłem również współautorem jednego wystąpienia konferencyjnego. Po obronie pracy doktorskiej dwukrotnie brałem także bierny udział w konferencjach, w których nie przewidziano wystąpień zewnętrznych prelegentów (X Doroczna Konferencja Naukowa Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie w roku 2013 oraz Konferencja Badań Kosmicznych na Uniwersytecie Gdańskim w roku 2016).

6. Podsumowanie dorobku naukowego

Ogółem jestem autorem bądź współautorem 17 prac w czasopismach z ministerialnej listy A (tzw. filadelfijskich, posiadających Impact Factor – IF) oraz 9 w czasopismach z ministerialnej listy B (nie posiadających IF). Wszystkie publikacje były recenzowane i zostały napisane w języku angielskim. Ponadto zaprezentowałem na konferencjach 21 komunikatów w formie wystąpienia ustnego bądź też posteru. Byłem również współautorem 3 komunikatów zaprezentowanych przez inne osoby. Abstrakty tych 24 wystąpień zostały opublikowane w materiałach konferencyjnych.

Szczegółowe zestawienie dorobku zamieściłem w tabeli 1. Ilość opublikowanych przeze mnie prac nie jest duża, chciałbym jednakże zaznaczyć, iż jest to w zdecydowanej większości mój dorobek indywidualny, nie zaś taki uzyskiwany podczas pracy zespołowej. W przypadku 10 publikacji (38,5% ogólnej ilości) jestem ich jedynym autorem, natomiast w przypadku kolejnych 10 publikacji (38,5% ogólnej ilości) jestem ich pierwszym i korespondencyjnym autorem.

Tabela 1. Zestawienie publikacji oraz prezentacji konferencyjnych.

	Do roku 2005 (przed uzyskaniem stopnia doktora)	Po roku 2005 (po uzyskaniu stopnia doktora)	Razem
Recenzowane publikacje anglojęzyczne – część A listy MNiSW (tzw. filadelfijskie)	1	16	26
Recenzowane publikacje anglojęzyczne – część B listy MNiSW (nie posiadające IF)	-	5	
Recenzowane publikacje pokonferencyjne (anglojęzyczne)	1	3	
Komunikaty naukowe (ustne oraz postery) na konferencjach międzynarodowych (anglojęzyczne), pierwszy autor i osoba referująca	1	9	24
Komunikaty naukowe (ustne oraz postery) na konferencjach krajowych (polskojęzyczne), pierwszy autor i osoba referująca	4	7	
Komunikaty naukowe (ustne oraz postery) na konferencjach krajowych i międzynarodowych, współautor wystąpienia	2	1	

Tylko w przypadku 6 publikacji (23% ogólnej ilości) jestem drugim bądź dalszym autorem (raz jestem jednak przy tym autorem korespondencyjnym). Większość z moich współautorów to magistranci i dyplomanci względem których pełniłem funkcję promotora. Wszystkie publikacje są oryginalnymi pracami badawczymi, ponieważ nie napisałem prac przeglądowych ani popularnonaukowych. Zdecydowaną większość dorobku uzyskałem po osiągnięciu stopnia doktora (92% publikacji i 71% komunikatów konferencyjnych). Suma punktów wpływu (IF) publikacji liczonych według lat opublikowania sięga 16,172. Odpowiada to 295 punktom MNiSW, liczonych wg. wartości z lat opublikowania poszczególnych publikacji. Według aktualnej listy byłyby to 362 punkty. Podaję taką informację bo rozpiętość punktów przyznawanych czasopismom na liście ministerialnej zmieniała się na przestrzeni lat. W roku 2005 maksymalna ilość punktów wynosiła 24, później stopniowo wzrastała do osiągnięcia wartości 50 pkt. w roku 2012. Do dnia 19 stycznia 2017 roku publikacje były cytowane 44 razy w bazie WoS, 42 razy w bazie Scopus oraz 67 razy w bazie Google Scholar. Mój aktualny indeks Hirscha wynosi 4 (Web of Science, Google Scholar) lub 3 (Scopus). Nie jest on wysoki w gronie mikrobiologów środowiskowych, jednakże chciałbym zaznaczyć że grono badaczy zajmujących się ekologią pierwotniaków jest krańcowo małe w porównaniu do tego zajmującego się ekologią i ekofizjologią glonów lub bakterii (Weisse i inni 2016). W spisie osiągnięć nie wymieniłem różnego rodzaju wewnętrznych sprawozdań z badań – okresowych, rejsowych, grantowych, dla Słowińskiego Parku Narodowego itp. Jestem autorem ponad 50 takich opracowań.

Dla każdej publikacji dokonałem uzgodnionego z współautorami podziału wkładu. Dla całości mojego dorobku średni wkład w publikację wynosi 67%. Dla wyodrębnionego cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie habilitacyjne średni wkład pracy w publikację wynosi 83%.

7. Inne ważne informacje

Ze względu na pracę na uczelni posiadam bardzo duże doświadczenie dydaktyczne. Od października 2005 do stycznia 2017 przeprowadziłem łącznie 2'844 godzin zajęć ze studentami (wykłady, zajęcia audytoryjne, ćwiczenia laboratoryjne oraz zajęcia terenowe). Moje zajęcia były bardzo dobrze oceniane przez studentów (od wielu lat ocena zajęć przekracza 4,8; komplet informacji w załączniku 3.).

Wypromowałem 12 prac magisterskich, 5 prac dyplomowych oraz jestem promotorem kolejnych 3 magistrantów, którzy będą bronić swoje prace w 2017 roku (2 osoby) oraz w 2018 (1 osoba). Spośród 17 osób, które obroniły pod moim kierownictwem prace dyplomowe lub magisterskie, 11 jest współautorami wydanych już publikacji. Mniejsze są natomiast moje osiągnięcia w zakresie zdobywania zewnętrznych środków na badania (załącznik 3.). Tu jednak również mogę wskazać, że byłem kierownikiem grantu badawczego własnego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego realizowanego w latach 2008–2010, który umożliwił mi przeprowadzenie badań prezentowanych w osiągnięciu habilitacyjnym, oraz zdobyłem (w konkursie projektów) stypendium Unii Europejskiej z programu Marie Curie na 3 miesięczny staż w UFZ-Umweltforschungszentrum (obecnie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ) w Magdeburgu (Niemcy). Staż ten odbyłem w 2005 roku i ostatecznie został on podsumowany publikacją. Pełne listy projektów oraz staży zamieściłem w załączniku 3. Mój dorobek badawczy jest dostrzegany w środowisku międzynarodowym i od kilku lat recenzuję prace złożone do czasopism z listy filadelfijskiej (załącznik 3.). Kilukrotnie moje osiągnięcia naukowe były nagradzane. Pełna lista otrzymanych nagród i wyróżnień znajduje się w załączniku 3. By wymienić natomiast jedną z nich wspomnę nagrodę im. Jerzego Masłowskiego za najlepszy artykuł naukowy związany z problematyką biologii Morza Bałtyckiego, opublikowany na łamach kwartalnika naukowego "Oceanological and Hydrobiological Studies" w roku 2011. Podczas mojej pracy na Uczelni powierzano mi liczne funkcje organizacyjne. Najbardziej pracochłonną była funkcja koordynatora planów zajęć dla studentów niestacjonarnych (zaocznych). W roku 2012 asystenci i adiunkci Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego wybrali mnie na swojego przedstawiciela w Senacie Uczelni i w Senackiej Komisji ds. Nauki w kadencji 2012–2016. Od roku 2010 jestem członkiem "International Society of Protistologists".

Rychert

PIŚMIENNICTWO

(zacytowane prace spoza cyklu publikacji tworzących osiągnięcie naukowe,
prace tworzące wyodrębniony cykl publikacji cytowałem jako P.1. – P.6.)

Arndt H., 1991. On the importance of planktonic protozoans in the eutrophication process of the Baltic Sea. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 3: 387–396.

Auer B., Elzer U., Arndt H., 2004. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: influence of resource and predation. *J. Plankton Res.*, 26: 697–709.

Azam F., Fenchel T., Field J. D., Gray J. S., Meyer-Reil L. A., Thingstad F., 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 10: 257–263.

Buitenhuis, E. T., Rivkin R. B., Sailley S., Le Quéré C., 2010. Biogeochemical fluxes through microzooplankton. *Global Biogeochem. Cy.*, 24, GB4015.

Carrias J.-F., Thouvenot A., Amblard Ch., Sime-Ngando T., 2001. Dynamics and growth estimates of planktonic protists during early spring in Lake Pavin, France. *Aquat. Microb. Ecol.*, 24: 163–174.

Chróst R. J., Adamczewski T., Kalinowska K., Skowrońska A., 2009. Abundance and structure of microbial loop components (bacteria and protists) in lakes of different trophic status. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 19: 858–868.

Chróst R. J., Siuda W., 2006. Microbial production, utilisation, and enzymatic degradation of organic matter in the upper trophogenic layer in the pelagial zone of lakes along a eutrophication gradient. *Limnol. Oceanogr.*, 51: 749–762.

Coats D. W., Heinbokel J. F., 1982. A study of reproduction and other life cycle phenomena in planktonic protists using an acridine orange fluorescence technique. *Mar. Biol.*, 67: 71–79.

Czychewicz N., Rychert K., 2011. Seasonal changes in ciliate biomass and composition of the ciliate community in oligo-mesotrophic Lake Jasne (Iława Lake District, Poland). *Limnol. Rev.*, 11: 3–5.

Edler L., 1979. Recommendations for methods for marine biological studies in the Baltic Sea. *Phytoplankton and chlorophyll. BMB Publication, Malmö*, 5, 38 s.

Esteban G. F., Fenchel T., Finlay B. J., 2011. Mixotrophy in ciliates. *Protist*, 161: 621–641.

Fenchel T., 1974. Intrinsic rate of natural increase: the relation with body size. *Oecologia (Berl.)*, 14: 317–326.

Fenchel T., Finlay B. J., 1983. Respiration rates in heterotrophic, free-living protozoa. *Microb. Ecol.*, 9: 99–122.

- Finlay B. J., Fenchel T., 1996. Ecology: role of ciliates in the natural environment. W: Hausmann K., Bradbury P. C. (red.), Ciliates: cells as organism. Gustav Fischer, Stuttgart, 417–440.
- Franzè G., Lavrentyev P. J., 2014. Microzooplankton growth rates examined across a temperature gradient in the Barents Sea. PLoS ONE, 9: e86429.
- Franzé G., Modigh M., 2013. Experimental evidence for internal predation in microzooplankton communities. Mar. Biol., 160: 3103–3112.
- Friedland K. D., Stock Ch., Drinkwater K. F., Link J. S., Leaf R. T., Shank B. V., Rose J. M., Pilskaln C. H., Fogarty M. J., 2012. Pathways between primary production and fisheries yields of large marine ecosystems. PLoS ONE, 7: e28945.
- Garcia-Cuetos L., Moestrup Ø., Hansen P. J., 2012. Studies on the genus *Mesodinium* II. Ultrastructural and molecular investigations of five marine species help clarifying the taxonomy. J. Eukaryot. Microbiol., 59: 374–400.
- Gasol J. N., Duarte C. M., 2000. Comparative analyses in aquatic microbial ecology: how far do they go? FEMS Microbiol. Ecol., 31: 99–106.
- Gifford D. J., Caron D. A., 2000. Sampling, preservation, enumeration and biomass of marine protozooplankton. W: Harris R. P., Wiebe P. H., Lenz J., Skjoldal H. R., Huntley M. (red.), ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, London, 193–221.
- Godhantaraman N., 2002. Seasonal variations in species composition, abundance, biomass and estimated production rates of tintinnids at tropical estuarine and mangrove waters, Parangipettai, southeast coast of India. J. Marine Syst., 36: 161–171.
- Hammer A., Grüttner C., Schumann R., 2001. New biocompatible tracer particles: use for estimation of microzooplankton grazing, digestion, and growth rates. Aquat. Microb. Ecol., 24: 153–161.
- Hansen P. J., 1991a. *Dinophysis* – a planktonic dinoflagellate genus which can act both as a prey and a predator of a ciliate. Mar. Ecol. Prog. Ser., 69: 201–204.
- Hansen P. J., 1991b. Quantitative importance and trophic role of heterotrophic dinoflagellates in a coastal pelagial food web. Mar. Ecol. Prog. Ser., 73: 253–261.
- Heinbokel J. F., 1978. Studies on the functional role of tintinnids in the Southern California Bight. II. Grazing rates of field populations. Mar. Biol., 47: 191–197.
- Heinbokel J. F., Coats D. W., 1986. Patterns of tintinnine abundance and reproduction near the edge of seasonal pack-ice in the Weddell Sea, November 1983. Mar. Ecol. Prog. Ser., 33: 71–80.
- Kivi K., Setälä O., 1995. Simultaneous measurement of food particle selection and clearance rates of planktonic oligotrich ciliates (Ciliophora: Oligotrichina). Mar. Ecol. Prog. Ser., 119: 125–137.

- Landry M. R., Hassett R. P., 1982. Estimating the grazing impact of marine microzooplankton. *Mar. Biol.*, 67: 283–288.
- Leakey R. J. G., Burkill P. H., Sleight M. A., 1992. Planktonic ciliates in Southampton Water: abundance, biomass, production, and role in pelagic carbon flow. *Mar. Biol.*, 114: 67–83.
- Leakey R. J. G., Burkill P. H., Sleight M. A., 1994. Ciliate growth rates from Plymouth Sound: comparison of direct and indirect estimates. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 74: 849–861.
- Li J., Montagnes D. J. S., 2015. Restructuring fundamental predator-prey models by recognising prey-dependent conversion efficiency and mortality rates. *Protist*, 166: 211–223.
- Macek M., Šimek K., Pernthaler J., Vyhnálek V., Psenner R., 1996. Growth rates of dominant planktonic ciliates in two freshwater of different trophic degree. *J. Plankton Res.*, 18: 463–481.
- Menden-Deuer S., Lessard E. J., 2000. Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton. *Limnol. Oceanogr.*, 45: 569–579.
- Montagnes D. J. S., Lynn D. H., Roff J. C., Taylor W. D., 1988. The annual cycle of heterotrophic planktonic ciliates in the waters surrounding the Isles of Shoals, Gulf of Maine: an assessment of their trophic role. *Mar. Biol.*, 99: 21–30.
- Müller H., Geller W., 1993. Maximum growth rates of aquatic ciliated protozoa: the dependence on body size and temperature reconsidered. *Arch. Hydrobiol.*, 126: 315–327.
- Naithani J., de Brye B., Buyze E., Vyverman W., Legat V., Deleersnijder E., 2016. An ecological model for the Scheldt estuary and tidal rivers ecosystem: spatial and temporal variability of plankton. *Hydrobiologia*, 775: 51–67.
- Paffenhöfer G. A., Sherr B. F., Sherr E. B., 2007. From small scales to the big picture: persistence mechanisms of planktonic grazers in the oligotrophic ocean. *Mar. Ecol.*, 28: 243–253.
- Rogerson A., Anderson O. R., Vogel C., 2003. Are planktonic naked amoebae predominately floc associated or free in the water column? *J. Plankton Res.*, 25: 1359–1365.
- Rychert K., 2004. The size structure of the *Mesodinium rubrum* population in the Gdańsk Basin. *Oceanologia*, 46: 439–444.
- Rychert K., 2005. Impact of marine protozoa on oxygen conditions in coastal area of the Gulf of Gdańsk. *Acta Universitatis Nicolai Copernici – Limnological Papers*, 25: 149–156.
- Rychert K., 2006. Nanoflagellates in the Gdańsk Basin: coexistence between forms belonging to different trophic types. *Oceanologia*, 48: 323–330.

- Rychert K., 2008. Particle size selectivity of two marine ciliates – *Balanion comatum* Wulff and *Strombidium* sp. Pol. J. Ecol., 56: 251–257.
- Rychert K., 2011a. Communities of heterotrophic protists (protozoa) in the near-bottom zone of the Gdańsk Basin. Oceanol. Hydrobiol. Stud., 40: 68–73.
- Rychert K., 2011b. Dependence between temperature and clearance rate of *Balanion comatum* Wulff. Oceanologia, 53: 623–629.
- Rychert K., Kownacka J., Wielgat-Rychert M., Pluto-Prądyńska A., 2014a. Protozoan communities in the Vistula River estuary (Baltic Sea). Baltic Coastal Zone, 18: 39–53.
- Rychert K., Nawacka B., Majchrowski R., Zapadka T., 2014b. Latitudinal pattern of abundance and composition of ciliate communities in the surface waters of the Atlantic Ocean. Oceanol. Hydrobiol. Stud., 43: 436–441.
- Rychert K., Neu T. R., 2010. Protozoan impact on bacterial biofilm formation. Biological Lett., 47: 3–10.
- Rychert K., Pączkowska M., 2012. Ciliate *Mesodinium rubrum* in the coastal zone of the southern Baltic Sea (Central Pomerania). Baltic Coastal Zone, 16: 97–102.
- Rychert K., Spich K., Laskus K., Pączkowska M., Wielgat-Rychert M., Sojda G., 2013. Composition of protozoan communities at two sites in the coastal zone of the southern Baltic Sea. Oceanol. Hydrobiol. Stud., 42: 268–276.
- Rychert K., Wielgat-Rychert M., 2008a. Preliminary study on benthic respiration in Lake Gardno; dependence between oxygen consumption rates and temperature. W: Bajkiewicz-Grabowska E., Borowiak D. (red.) Anthropogenic and natural transformations of lakes, 2, Wyd. KLUG-PTLim, Gdańsk, 175–177.
- Rychert K., Wielgat-Rychert M., 2008b. Biodegradable organic matter in the coastal waters of Central Pomerania (Ustka) and the Gulf of Gdańsk (Sopot). W: Bajkiewicz-Grabowska E., Borowiak D. (red.) Anthropogenic and natural transformations of lakes, 2, Wyd. KLUG-PTLim, Gdańsk, 179–182.
- Rychert K., Wielgat-Rychert M., Wołoszynek M., Sojda G., 2015. Pelagic respiration in the coastal zone of the Southern Baltic Sea. Ecohydrol. Hydrobiol., 15: 215–219.
- Schmoker C., Hernandez-Leon S., Calbet A., 2013. Micro-zooplankton grazing in the oceans: impacts, data variability, knowledge gaps and future directions. J. Plankton Res., 35: 691–706.
- Sherr E. B., Sherr B. F., 1983. Double-staining epifluorescence technique to assess frequency of dividing cells and bacterivory in natural populations of heterotrophic microprotozoa. Appl. Environ. Microbiol., 46: 1388–1393.
- Sherr E. B., Sherr B. F., 2002. Significance of predation by protists in aquatic microbial food webs. Antonie Leeuwenhoek, 81: 293–308.
- Strom S. L., Morello T. A., 1998. Comparative growth rates and yields of ciliates and heterotrophic dinoflagellates. J. Plankton Res., 20: 571–584.

Taylor W. D., Johannsson O. E., 1991. A comparison of estimates of productivity and consumption by zooplankton for planktonic ciliates in Lake Ontario. *J. Plankton Res.*, 13: 363–372.

Verity P. G., Langdon Ch., 1984. Relationships between lorica volume, carbon, nitrogen, and ATP content of tintinnids in Narragansett Bay. *J. Plankton Res.*, 6: 859–868.

Wallberg P., Jonsson P. R., Johnstone R., 1999. Abundance, biomass and growth rates of pelagic microorganisms in a tropical coastal ecosystem. *Aquat. Microb. Ecol.*, 18: 175–185.

Wasik A., Mikołajczyk E., 1996. The seasonal distribution of hyaline *Helicostomella subulata* and agglutinated *Tintinnopsis lobiancoi* – dominants of the Baltic Tintinnina (Ciliophora). *Oceanologia* 38, 405–418.

Weisse T., 1991. The microbial food web and its sensitivity to eutrophication and contaminant enrichment: a cross-system overview. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 76: 327–337.

Weisse T., Anderson R., Arndt H., Calbet A., Hansen P. J., Montagnes D. J. S., 2016. Functional ecology of aquatic phagotrophic protists – concepts, limitations, and perspectives. *Eur. J. Protistol.*, 55: 50–74.

Wiąckowski K., 2000. Znaczenie pierwotniaków w ekosystemach wodnych. *Kosmos*, 49: 603–615.

Wielgat-Rychert M., Jarosiewicz A., Ficek D., Pawlik M., Rychert K., 2015. Nutrient fluxes and their impact on the phytoplankton in a shallow coastal lake. *Pol. J. Environ. Stud.*, 24: 751–759.

Wielgat-Rychert M., Ameryk A., Jarosiewicz A., Kownacka J., Rychert K., Szymanek L., Zalewski M., Agatova A., Lapina N., Torgunova N., 2013. Impact of the inflow of Vistula river waters on the pelagic zone in the Gulf of Gdańsk. *Oceanologia*, 55: 859–886.

Wielgat-Rychert M., Rychert K., 2008. Annual primary production of Lake Gardno and Lake Łebsko. W: Bajkiewicz-Grabowska E., Borowiak D. (red.) *Anthropogenic and natural transformations of lakes*, 2, Wyd. KLUG-PTLim, Gdańsk, 211–214.

Wielgat-Rychert M., Rychert K., 2017. Significance of pelagic and benthic metabolism for the carbon budget of a shallow lake. *Ann. Limnol. – Int. J. Limn.*, doi: 10.1051/limn/2016035 (<http://dx.doi.org/10.1051/limn/2016035>).

Wielgat-Rychert M., Rychert K., Ficek D., 2010. Factors controlling pelagic production and respiration in shallow polymictic lake. *Pol. J. Ecol.*, 58: 379–385.

Wommack K. E., Colwell R. R., 2000. Virioplankton: viruses in aquatic ecosystems. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 64: 69–114.

WoRMS, 2016. World Register of Marine Species, www.marinespecies.org (21 listopada 2016).

Rychert