

Załącznik 2 / Appendix 2
(do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego)

AUTOREFERAT

Łukasz B. Głowacki

Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki
ul. Banacha 12/16
90-237 Łódź
e-mail: glowacki@biol.uni.lodz.pl
<http://www.biol.uni.lodz.pl>

Uniwersytet Łódzki, 2013 r.

I. Krótka informacja o Łukaszu Bogdanie Głowackim, jego wykształceniu, dorobku naukowym, dydaktycznym i organizacyjnym

- 1) W roku 1982 obroniłem pracę magisterską na kierunku Filologii Angielskiej Uniwersytetu Łódzkiego.
- 2) Jestem pracownikiem Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŁ (WBiOŚ UŁ), w Katedrze Ekologii i Zoologii Kręgowców (KEiZK), nieprzerwanie od 3 marca 1982 roku; przez pierwsze półtora roku pracowałem na pół, a potem na pełnym etacie.
- 3) Przez cały okres od momentu zatrudnienia zajmowałem to samo stanowisko (pomijając drobne zmiany terminologiczne): specjalisty filologa.
- 4) Otrzymałem kilka nagród okresowych przyznanych przez Rektora UŁ za wzorowe wypełnianie obowiązków służbowych.
- 5) Nie ubiegałem się nigdy o jakiegokolwiek staże naukowe. Pracowałem natomiast w okresie 02.12.1980 do 02.06.1981, w czasie obowiązkowej służby wojskowej, jako tłumacz Organizacji Narodów Zjednoczonych na Wzgórzach Golan (na granicy Syrii i Izraela).
- 6) Poza wykonywaniem obowiązków wynikających z charakteru mojego etatu, posiadam następujące osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne:
 - a) Uzyskanie w roku 1984 Certificate of Proficiency in English, najwyższego stopnia znajomości języka angielskiego przyznawanego przez Cambridge University.
 - b) Występowanie w latach 1985-2001 w roli pomocnika organizatora, prof. dr hab. Tadeusza Penczaka, zwoływanych co dwa-trzy lata na WBiOŚ UŁ dziewięciu kolejnych międzynarodowych anglojęzycznych sympozjów nt. Ekologii Ryb Rzecznych (Ecology of Fluvial Fishes). Większość uczestników każdego z sympozjów stanowili naukowcy specjalizujący się w ichtiologii słodkowodnej z większości kontynentów. Prezentowane referaty były następnie publikowane w oddzielnych zeszytach ogólnopolskich czasopism naukowych (Polskie Archiwum Hydrobiologii, Ecohydrology & Hydrobiology), których redaktorami-gośćmi byli znani anglojęzyczni naukowcy pracujący w dziedzinie ekologii ryb słodkowodnych (szczegółowa lista i opis każdego sympozjum w Zał./App. 4 i Zał./App. 4A).

- c) Tłumaczenia w latach 1980-tych na język angielski prac publikowanych w czasopiśmie naukowym Polish Polar Research (w sumie kilkanaście prac), którego redaktorem był prof. dr hab. Krzysztof Jażdżewski, pracownik naszego Wydziału.
- d) Pełnienie w latach 1990. roli organizatora i opiekuna wydziałowej sieci komputerowej na terenie KEiZK UŁ.
- e) Prowadzenie w latach 2001-2003 lektoratu j. angielskiego dla kilku grup studentów WBiOŚ UŁ. W przypadku jednego rocznika (dwie grupy, razem ponad 30 studentów) przeprowadziłem cały dwuletni cykl szkolenia, do egzaminu końcowego włącznie.
- f) Pomoc w przygotowywaniu publikacji pracowników KEiZK i WBiOŚ UŁ, a także innych osób, które publikowały na łamach redagowanego w KEiZK czasopisma Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego. Pomoc ta często wykraczała daleko poza obowiązki objęte etatem. Podziękowania za nią znajdują się w 140 pozycjach literatury, z czego 61 to pozycje z czasopism klasyfikowanych w Journal Citation Reports (firmy Thomson Reuters, USA) oraz w Sekcji A Wykazu Czasopism Naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego RP (MNiSW) (szczegółowa lista prac w Zał./App. 4, Zał./App. 4A).
- g) Pomaganie licznym studentom KEiZK UŁ w pisaniu angielskich streszczeń ich prac magisterskich.
- h) Spełnianie funkcji reprezentanta KEiZK do spraw generalnego remontu budynku A Wydziału BiOŚ UŁ (remont ten, trwający w latach 2004-2006, musiał być tak zorganizowany, aby nie zakłócić ciągłości działalności dydaktycznej i naukowej, pomimo przeprowadzek do innych budynków).
- i) Pomaganie Redaktorowi Naczelnemu (prof. T. Penczak) w redagowaniu kolejnych tomów Roczników Naukowych Polskiego Związku Wędkarskiego: od roku 2006 byłem weryfikatorem tekstów angielskich, a od 2012 jestem zastępcą redaktora naczelnego i redaktorem językowym.
- j) Uzyskanie na WBiOŚ UŁ stopnia doktora nauk biologicznych, specjalność ekologia, w roku 2007 (Zał./App. 1). Doktorat realizowany był w ramach badawczego projektu promotorskiego, który przyznany został mojemu promotorowi, prof. T. Penczakowi, i mnie przez MNiSW (szczegóły projektu w Zał./App. 4 i Zał./App. 4A).

- k) Występowanie w roli wykonawcy kilku dużych (wieloosobowych i dotyczących ryb w dużych dorzeczach) ministerialnych programów badawczych realizowanych przez KEiZK UŁ. Za realizację dwóch z nich otrzymałem dwa razy nagrodę zbiorową Rektora UŁ (szczegółowa lista w Zał./App. 4 i Zał./App. 4A).
- l) Pełnienie funkcji kierownika bądź wykonawcy kilku jednorocznych projektów badawczych przyznawanych przez Rektora Uniwersytetu Łódzkiego.
- ł) Występowanie jako kierownik, w latach 2009-2012, projektu badawczego własnego pt. „Procesy metapopulacyjne gatunków i zbiorowisk ryb w systemie dużej rzeki nizinnej”, który przyznany został przez MNiSW (szczegółowy opis w Zał./App. 4 i Zał./App. 4A).
- m) Wykonywanie recenzji rękopisów składanych do międzynarodowych oraz krajowych czasopism naukowych (szczegółowa lista w Zał./App. 4 i Zał./App. 4A).
- n) Realizowanie własnych badań naukowych (które częściowo objęte były powyżej wspomnianymi projektami badawczymi). Rezultatem ich wszystkich są 42 publikacje polsko- i angielskojęzyczne oraz wystąpienia na kongresach. Składa się na nie jedno wystąpienie na konferencji krajowej, 12 wystąpień na konferencjach międzynarodowych oraz 29 oryginalnych prac naukowo-badawczych opublikowanych w czasopismach i monografiach. Czternaście z tych 29. to prace w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej (klasyfikowanych w bazie Journal Citation Reports firmy Thomson Reuters (USA) i znajdujących się w Sekcji A Wykazu Czasopism Naukowych MNiSW). Osiem prac filadelfijskich opublikowałem po uzyskaniu stopnia doktora. W siedmiu pracach filadelfijskich jestem pierwszym autorem (w jednej z nich jedynym). We wszystkich siedmiu byłem autorem korespondencyjnym. Szczegółowe dane bibliograficzne, punktacja każdej z 29. prac oraz określenie mojego procentowego i opisowego wkładu w każdą z nich przedstawione są w oddzielnym załączniku (Zał./App. 3 i Zał./App. 3A). Opis prac stanowiących proponowaną podstawę niniejszego wniosku habilitacyjnego znajduje się w Punkcie III niniejszego załącznika. Opis zainteresowań naukowych przed doktoratem oraz zainteresowań po doktoracie które nie są objęte pracami wniosku znajduje się w Punkcie IV niniejszego załącznika.

- o) Wykonywanie przez wiele lat różnorodnych prac dotyczących tłumaczeń dla Dziekanatu WBiOŚ UŁ.
- p) Występowanie od roku 2012 jako przedstawiciel WBiOŚ UŁ do spraw sportowych.

II. Ogólna ocena liczbowa wszystkich publikacji dorobku naukowo-badawczego Ł.B. Głowackiego w kategoriach Impact Factors i 5-Year Impact Factors bazy Journal Citation Reports (firmy Thomson Reuters, USA) oraz punktów MNiSW (według rozporządzeń oraz Sekcji A i B Wykazów Czasopism Naukowych publikowanych przez MNiSW):

Sumaryczny Impact Factor (liczony w latach opublikowania) wszystkich publikacji = 24,33.

Sumaryczny 5-Year Impact Factor (liczony w roku 2012) wszystkich publikacji = 32,07.

Sumaryczna wartość w punktach MNiSW (liczona według rozporządzenia ministra MNiSW z roku 2012) wszystkich publikacji = 453.

Szczegółowa punktacja każdej publikacji wraz z procentowym i opisowym określeniem udziału Ł.B. Głowackiego w każdej z nich, jak również sumaryczna punktacja dla okresów przed i po doktoracie, podana jest w Zał./App. 3 i Zał./App. 3A.

Prace filadelfijskie których autorem lub współautorem jest Łukasz B. Głowacki cytowane były 84 razy (74 bez autocytowań) (średnia cytowań: 5,25 cytatu na rok; 7,00 na pracę) przez 69 artykułów (63 bez autocytowań). h-index = 5. Wszystkie dane z firmy Thomson Reuters; uzyskane w lipcu 2013 r.

III. Osiągnięcie naukowe Ł.B. Głowackiego stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego (wg art. 16, ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)):

A. Tytuł osiągnięcia naukowego:

”Estymatory i predyktory bogactwa gatunkowego i bioróżnorodności oraz ich zastosowanie do analizy (meta)zespołów ryb wzdłuż rzek znajdujących się pod wpływem czynników antropogenicznych”.

B. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego, ich wartość w kategoriach Impact Factors i 5-Year Impact Factors (2012) bazy Journal Citation Reports (firmy Thomson Reuters, USA) oraz w kategoriach punktów MNiSW, jak również procentowy i opisowy udział Ł.B. Głowackiego w każdej publikacji:

1. **Głowacki, Ł., Penczak, T.** (2008). New species richness predictors first tested on fish in a small tropical stream. Transactions of the American Fisheries Society, 137: 431-437. ISSN (printed): 0002-8487. ISSN (electronic): 1548-8659. DOI: 10.1577/T05-299.1

IF (2008): 1,569; 5-Year IF (2012): 1,869; MNiSW (2012): 30 punktów.

Wkład Ł.B. Głowackiego w powstanie publikacji: 90% (Kopia pracy i oświadczenie współautora o jego wkładzie procentowym i opisowym w powstanie publikacji Zał./App. 5). Wkładem Ł.B. Głowackiego jest zasadnicza koncepcja pracy, zebranie powiązanej z tematem literatury oraz nauka zastosowania programu komputerowego SPADE, selekcja i analiza literatury przedmiotu, napisanie programu komputerowego do określania typu rozkładu liczebności gatunków w zespole, analiza danych dotyczących prób ryb pobranych w Brazylii przez współautora, przeprowadzenie wszystkich obliczeń, interpretacja wyników obliczeniowych oraz dyskusja, przygotowanie całości manuskryptu (włącznie ze wszystkimi tabelami), składanie pracy do czasopisma i odpowiadanie recenzentom; autor korespondencyjny.

2. **Głowacki, Ł.** (2011). Accuracy of species richness estimators applied to fish in small and large temperate lowland rivers. Biodiversity and Conservation, 20:

1365-1384. ISSN (printed): 0960-3115. ISSN (electronic): 1572-9710. DOI: 10.1007/s10531-011-0032-1

IF (2011): 2,238; 5-Year IF (2012): 2,470; MNiSW (2012): 30 punktów.
(Kopia pracy w Zał./App. 5).

3. **Głowacki, Ł.**, Grzybkowska, M., Dukowska, M., Penczak, T. (2011). Effects of damming a large lowland river on chironomids and fish assessed with the (multiplicative partitioning of) true/Hill biodiversity measure. *River Research and Applications*, 27: 612-629. ISSN (printed): 1535-1459. ISSN (electronic): 1535-1467. DOI: 10.1002/rra.1380.

IF (2011): 2,028; 5-Year IF (2012): 2,571; MNiSW (2012): 35 punktów.

Wkład Ł.B. Głowackiego w powstanie publikacji: 40% (Kopia pracy i oświadczenia współautorów o procentowym i opisowym wkładzie każdego z nich w powstanie publikacji w Zał./App. 5). Wkładem Ł.B. Głowackiego jest zasadnicza koncepcja pracy, zebranie powiązanej z tematem literatury dotyczącej ryb (Chironomidae zajmowały się współautorki), napisanie programu komputerowego do analizy zespołów przy zastosowaniu prawdziwej różnorodności rzędu pierwszego wraz z procedurą randomizacyjną, selekcja i analiza literatury przedmiotu dotycząca ryb, przeprowadzenie wszystkich obliczeń, interpretacja wyników obliczeniowych oraz dyskusja (głównie dotyczące ryb), przygotowanie większości manuskryptu, włącznie z tabelami, składanie pracy do czasopisma i odpowiadanie recenzentom; autor korespondencyjny.

4. **Głowacki, Ł.**, Penczak, T. (2012). Large dam reservoirs are probably long period oscillators of fish diversity. *Journal of Fish Biology*, 80: 2213-2235. ISSN (printed): 0022-1112. ISSN (electronic): 1095-8649. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2012.03274.x

IF (2012): 1,834; 5-Year IF (2012): 1,836; MNiSW (2012): 25 punktów.

Wkład Ł.B. Głowackiego w powstanie publikacji: 90% (Kopia pracy i oświadczenie współautora o jego wkładzie procentowym i opisowym w powstanie publikacji w Zał./App. 5). Wkładem Ł.B. Głowackiego jest zasadnicza koncepcja pracy, zebranie powiązanej z tematem literatury, szczególnie analizy szeregów czasowych w ekologii i teoretyczno-informacyjnego podejścia do analizy modeli, nauka koniecznego do analizy nowego oprogramowania (dotyczącego powyższych aspektów w programach Gretl, NLTSM i innych), selekcja i analiza literatury przedmiotu, analiza danych dotyczących prób ryb pobranych w rzece

Warcie przez zespół kierowany przez współautora, przeprowadzenie wszystkich obliczeń, interpretacja wyników obliczeniowych oraz dyskusja, przygotowanie całości manuskryptu, włącznie ze wszystkimi rysunkami i tabelami, składanie pracy do czasopisma i odpowiadanie recenzentom; autor korespondencyjny.

5. **Głowacki, Ł.B., Penczak, T. (2013).** Drivers of fish diversity, homogenization/differentiation, and species range expansions at the watershed scale. *Diversity and Distributions*, 19: 907-918. ISSN (printed): 1366-9516. ISSN (electronic): 1472-4642. DOI: 10.1111/ddi.12039.

IF (2012): 6,122; 5-Year IF (2012): 5,743; MNiSW (2012): 35 punktów.

Wkład Ł.B. Głowackiego w powstanie publikacji: 90% (Kopia pracy i oświadczenie współautora o jego wkładzie procentowym i opisowym w powstanie publikacji w Zał./App. 5). Wkładem Ł.B. Głowackiego jest zasadnicza koncepcja pracy, zebranie powiązanej z tematem literatury, szczególnie dotyczącej procesów metapopulacyjnych i metazespołowych w ekologii, selekcja i analiza literatury przedmiotu, analiza danych dotyczących prób ryb pobranych w rzece Pilicy przez współautora i jego zespół od lat 1960. do 2000., przeprowadzenie wszystkich obliczeń, interpretacja wyników obliczeniowych oraz dyskusja, przygotowanie całości manuskryptu (włącznie ze wszystkimi rysunkami i tabelami), składanie pracy do czasopisma i odpowiadanie recenzentom; autor korespondencyjny.

C. Sumaryczna wartość liczbowa publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego i sumaryczny udział w niej Ł.B. Głowackiego (liczony wg zasad takich jak w Punkcie II):

Sumaryczny Impact Factor (liczony w latach opublikowania) prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 13,79.

Sumaryczny 5-Year Impact Factor (liczony dla roku 2012) prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 14,49.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW (liczona dla roku 2012) prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 155.

Sumaryczny Impact Factor udziału Ł.B. Głowackiego (liczony jako suma iloczynów wartości każdej pracy w roku opublikowania i procentowego udziału w niej Ł.B. Głowackiego) w pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 11,62.

Sumaryczny 5-Year Impact Factor udziałów Ł.B. Głowackiego (liczony w dla roku 2012 jako suma iloczynów wartości każdej pracy i procentowego udziału w niej Ł.B. Głowackiego) w pracach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 12,00.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW udziałów Ł.B. Głowackiego (liczona dla roku 2012 jako suma iloczynów wartości każdej pracy i udziału w niej Ł.B. Głowackiego) prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego = 125 punktów.

D. Opis osiągnięcia naukowego:

W wyniku nasilającej się od dawna, ale szczególnie w ostatnich dziesiątkach lat, presji antropogenicznej na populacje i zespoły wielu gatunków roślin i zwierząt (Vitousek i inni, 1997; Chappin III, 2000; Goudie, 2006) następuje często zanik gatunków rodzimych, szczególnie rzadkich i endemicznych, a pojawiają się inwazje rodzimych gatunków generalistycznych lub też gatunków obcych (Dukes i Mooney 1999; Lockwood i inni, 2007; Nentwig, 2007). Procesy te dotyczą tak samo ryb słodkowodnych (Wootton, 1990; Matthews, 1998; Rahel, 2002; Kruk i Penczak, 2003; Olden i Rooney, 2006; Vörösmarty i inni, 2010; Ricciardi i Maclsaac, 2011) jak i wielu innych grup fauny i flory (Davis, 2009; Richardson, 2011). W celu stwierdzenia występowania i natężenia tych procesów, a w konsekwencji stworzenia możliwości ich powstrzymania lub przynajmniej ograniczenia, konieczne jest poznanie przede wszystkim bogactwa gatunkowego i bioróżnorodności (Magurran, 2004), bowiem miary te odzwierciedlają stan zespołów: ich wysoki poziom uznawany jest za zjawisko pozytywne w większości sytuacji i z większości punktów widzenia (MacArthur, 1965; Whittaker, 1972; Peet, 1974; Huston, 1979; Shmida i Wilson, 1985; Rosenzweig, 1995; Chesson, 2000, Levine, 2000; Magurran, 2004; Magurran i McGill, 2011).

Metodami oceny bogactwa gatunkowego i bioróżnorodności są zwykle estymatory i predyktory stosowane do prób pobieranych z rzeczywistych zespołów, ponieważ rzadko istnieje możliwość uzyskania wiedzy o pełnym bogactwie czy różnorodności (Gotelli i Colwell, 2001) bez zastosowania jakiejś formy ekstrapolacji lub interpolacji danych empirycznych (Hurlbert, 1971; Simberloff, 1979; Palmer, 1990; Colwell i Coddington, 1994; Colwell i inni, 2004; Ulrich i Ollik, 2005). Są one opracowywane teoretycznie, a potem weryfikowane na zarówno symulowanych jak i empirycznych danych. Dzielią się na kilka grup, z których jedną są estymatory i

predyktory nieparametryczne (Shannon, 1948; Simpson, 1949; Hill, 1973; Burnham i Overton, 1978; Heltshe i Forrester, 1983; Smith i van Belle, 1984; Chao i Lee, 1992; Chao i Shen, 2003; Jost, 2007; Jost i inni, 2010; Chao i Jost, 2012; Colwell i inni, 2012).

Zastosowanie jak najbardziej trafnych predyktorów bogactwa gatunkowego ma znaczenie dla ochrony zwierząt na całym świecie, ale szczególnie w przypadku ryb rzecznych obszaru Brazylii i podobnych obszarów subtropikalnych i tropikalnych. Te ostatnie cechuje bowiem niesłychane bogactwo gatunkowe, a zarazem niewielki stopień lokalnego poznania tego bogactwa. Jest ono bowiem bardzo trudne do udokumentowania ze względu na niedostępność odnośnych terenów. W Brazylii na ok. dwa tysiące poznanych gatunków ryb słodkowodnych przypadać może 3 a nawet 6 tysięcy niepoznanych (Agostinho i inni, 2005). Tymczasem większość z tych niepoznanych gatunków to gatunki endemiczne, występujące w pojedynczych systemach rzecznych czy nawet pojedynczych rzekach. Są więc one szczególnie wrażliwe na zmiany środowiskowe i zagrożone niezauważonym wyginięciem wskutek dewastacji naturalnych środowisk bez szans na ich odbudowę (Penczak i inni, 1998b). Zastosowanie niedoskonałych estymatorów i predyktorów bogactwa gatunkowego zwiększa to niebezpieczeństwo, bowiem nakłady badawcze oraz ochronne mogą zostać, w rezultacie niedoskonałych ocen zaniżających bądź zawyżających liczbę niewykrytych gatunków w danych lokalizacjach, skierowane nie tam, gdzie będą najbardziej potrzebne.

W pracy Głowacki i Penczak (2008), której tytuł przetłumaczony na język polski brzmi „Nowe predyktory bogactwa gatunkowego po raz pierwszy testowane na rybach w małym tropikalnym strumieniu”, porównaliśmy efektywność dwóch nowo opracowanych predyktorów bogactwa gatunkowego (Shen i inni, 2003; Chao i Shen, 2004) i oceniliśmy ich efektywność przy przewidywaniu bogactwa w dodatkowym połowie ryb w oparciu o dane pierwszego połowu na danym stanowisku. Porównaliśmy potem tę efektywność z efektywnością analogicznych predyktorów opracowanych wcześniej przez innych autorów (Efron i Thisted, 1976; Boneh i inni, 1998; Solow i Polasky, 1999). Testowaliśmy te predyktory wykorzystując ilościowe (liczebność) dane zebrane przez drugiego z autorów w subtropikalnej części Brazylii (Penczak i inni, 2003), w której poza próbami uzyskanymi poprzez łowienie ręcznymi sieciami i przy pomocy prądu elektrycznego jako próby kontrolne wykorzystane zostały próby uzyskane przy użyciu rotenone, substancji która powoduje śmierć

wszystkich ryb w rzece (na jej użycie potrzebne jest specjalne zezwolenie). Ta drastyczna metoda jest niestety jedyną, która umożliwia otrzymanie pełnego spisu. Szkody wyrządzone rybom były jednak bardzo ograniczone, ponieważ badane odcinki były krótkie (po kilkadziesiąt metrów), oraz dzięki temu że rotenone był neutralizowany w wodzie przy dolnym końcu odcinka poprzez ciągłe uwalnianie tam nadmanganianu potasu. W przekonaniu Penczaka i innych (2003) oraz osób wydających w Brazylii zezwolenie, szkody były usprawiedliwione naukowymi korzyściami.

Większość obliczeń wykonaliśmy przy użyciu programu SPADE (Chao i Shen, 2003). Pierwszy z dwóch nowo opracowanych (Shen i inni, 2003) i badanych przez nas predyktorów oparty jest na modelu multinomialnym przybywania gatunków w próbie i przewiduje liczbę gatunków po wykonaniu dodatkowego połowu o danej ilości osobników. Otrzymane przez nas wyniki nie potwierdziły jego lepszej efektywności niż poprzednio opracowane predyktory. Drugi nowy predyktor (Chao i Shen, 2004) oparty jest na modelu Poissona przybywania gatunków w próbie i przewiduje liczby gatunków po wykonaniu dodatkowej jednostki wysiłku połowowego (np. okresu czasu, odcinka czy powierzchni z którego pobiera się próby). Ten drugi nowy predyktor wykazał natomiast znaczącą przewagę nad wcześniej opracowanymi analogicznymi predyktorami. Zbadaliśmy również typy rozkładów liczebności gatunków w naszych próbach. Okazało się, że próby należały w większości do podobnego typu rozkładu, nie można więc wykluczyć, że efektywność niektórych lub wszystkich predyktorów okazałaby się inna w przypadku zastosowania ich do innych rozkładów. Niemniej wydaje się, że może istnieć sposób oceny kiedy predykcja jest wiarygodna a kiedy nie, bowiem poprawność predykcji wzrastała (przynajmniej w przypadku predyktora Chao i Shen, 2004) wraz ze zmniejszaniem się różnicy pomiędzy współczynnikiem pokrycia a współczynnikiem zmienności gatunków rzadkich (Chao i Lee, 1992) (szczególnie poniżej 0,2).

Praca ta jest pierwszą pracą autorów z polską afiliacją w tym jednym z najważniejszych amerykańskich czasopism naukowych dotyczących ekologii wód słodkich, wydawanym od drugiej połowy XIX wieku.

W pracy o polskim odpowiedniku tytułu „Dokładność estymatorów bogactwa gatunkowego zastosowanych do ryb małej i dużej rzeki nizinnej” (Głowacki, 2011) zająłem się ponownie dokładnością nieparametrycznej oceny bogactwa gatunkowego ryb rzecznych, również ponownie stosując w tym celu program

SPADE. W przeciwieństwie do badanych wcześniej predyktorów (Głowacki i Penczak, 2008) w pracy Głowacki (2011) badałem osiem estymatorów bogactwa gatunkowego (HM, HM (MLE), Chao-1, Chao-1-bc, ACE, ACE1, Pierwszo- i drugorzędowy jackknife). Posłużyłem się 23 próbami zespołów ryb uzyskanymi przez okres ponad 20 lat w małej polskiej rzece nizinnej i 58 próbami uzyskanymi przez kilkanaście lat w dużej polskiej rzece nizinnej. Wykorzystane próby miały charakter połowów następczych wyczerpujących zasoby (ang. depletion methods), tzn. takich, w których każda podpróba pobrana po pierwszej pochodzi z wykonanego w niewielkim i podobnym odstępie czasu, połowu na danym stanowisku stosując podobny wysiłek (Zippin, 1956). Połowy takie powodują usunięcie znacznego procentu odławianych osobników, co często ma miejsce przy pobieraniu prób ryb występujących w rzekach (Mahon, 1980). Nie istnieją prace teoretyczne, które określałyby jak ocena bogactwa gatunkowego takich prób może różnić się od oceny bogactwa prób pobieranych ze zwracaniem. W związku z powyższym nie istnieją również estymatory które byłyby skonstruowane specjalnie dla prób z połowów następczych wyczerpujących zasoby.

Metodyka pracy polegała na porównywaniu liczby gatunków złowionych w każdym pierwszym połowie na danym stanowisku z liczbą gatunków złowioną w trzech (lub sześciu) połowach na tym stanowisku oraz porównywaniu tego stosunku ze stosunkiem liczby gatunków w pierwszym połowie do liczby gatunków przewidzianych po trzech lub sześciu połowach na podstawie pierwszej podpróby przez dany nieparametryczny estymator. Dzięki osobistej pomocy prof. Anne Chao (Tajwan) badania przeprowadziłem dodatkowo na podzbiorze wszystkich prób wyselekcjonowanych w oparciu o tzw. zasadę Chao-2, która powinna oddzielić próby niepewne jeśli chodzi o kompletność odłowionych gatunków. Uzyskane wyniki wykazały, że badane estymatory różnią się bardzo trafnością przewidywań bogactwa gatunkowego w zastosowaniu do prób z połowów następczych. Obok takich, które wykazały błąd kilkudziesięciu procent liczby gatunków w porównaniu z faktycznie złowionymi (ACE, ACE-1), istnieją i takie (HM, Chao-1-bc), które przewidywały liczbę gatunków w dodatkowych połowach ze znikomym błędem, nie przekraczającym kilku procent. Wszystkie estymatory okazały się bardziej trafne, kiedy zostały zastosowane do grupy prób odpowiadających kryterium kompletności gatunków (zasada Chao-2).

Kolejnym etapem badań nad zarówno oceną miar bioróżnorodności jak i ich zastosowaniami do oceny wpływu na zespoły ryb w rzekach jest praca Głowacki i inni

(2011), której polski tytuł brzmi „Wpływ piętrzenia dużej rzeki nizinnej na Chironomidae i ryby oceniony przy pomocy (multiplikatywnego partycjonowania) miary prawdziwej bioróżnorodności (miary Hilla)”. Zastosowaliśmy w niej po raz pierwszy do oceny zespołów miarę prawdziwej różnorodności rzędu pierwszego (1D) (Jost, 2007; Jost i inni, 2010). Choć miara ta, pod nazwą $N1$, efektywna liczba gatunków, znana jest od 1973 roku (Hill, 1973), dopiero Lou Jost przeprowadził dokładną teoretyczną analizę jej właściwości i wykazał wyższość nad innymi miarami bioróżnorodności, które jednocześnie może ona, a nawet powinna, zastąpić w większości sytuacji. Ta wyższość wynika z możliwości spójnego partycjonowania 1D gamma na różnorodność 1D alfa (wewnątrz zespołów) i 1D beta (pomiędzy zespołami), a jednocześnie na braku zależności różnorodności beta od alfa, oraz na możliwości sensownego partycjonowania różnorodności na wielu poziomach, co nie jest możliwe przy użyciu żadnej innej miary w przypadku zespołów różniących się całkowitymi liczebnościami.

W naszej pracy analizowaliśmy nie tylko zespoły ryb, ale też i Chironomidae, rodzinę dennych makrobezkręgowców występujących w rzekach, i badaliśmy jaki wpływ ma na nie Zbiornik Jeziorsko, jeden z największych polskich zbiorników zaporowych, zbudowany w środkowym biegu rzeki Warty. Próby zarówno ryb jak i bezkręgowców pochodziły z kilku wybranych lat z całego okresu funkcjonowania zbiornika. Znaczenie Chironomidae dla ryb jest ogromne, bowiem stanowią one główną bazę pokarmową dorosłych osobników wielu gatunków ryb, a zdecydowanie główną bazę pokarmową narybku wszystkich gatunków ryb. Uzyskane przez nas wyniki potwierdziły zasadniczą odmienną reakcję ryb i Chironomidae na piętrzenie, a dokładniej na związane z nim odsłanianie szerokiej strefy przybrzeżnej w wyniku zaburzania naturalnego reżymu przepływu wody uwalnianej ze zbiornika zaporowego. Odsłanianie to (i inne powiązane z nim zjawiska, jak odmienny rozwój roślinności dennej, zmiana reżymu termicznego, tlenowego, itp.) zmniejsza różnorodność ryb ale zwiększa różnorodność Chironomidae, choć tylko na krótkim odcinku poniżej piętrzenia.

Ponieważ wpływ piętrzeń wywołuje bardzo przeciwstawne opinie (Petts, 1984; Matthews, 1998; Allan i Castillo, 2007; Guy i Brown, 2007) do analizy wpływu piętrzeń na populacje i zespoły ryb oraz prawdziwej różnorodności rzędu pierwszego powróciliśmy w pracy Głowacki i Penczak (2012), której polski tytuł brzmi „Duże zbiorniki zaporowe są prawdopodobnie długookresowymi oscylatorami różnorodności

ryb”. Wykorzystaliśmy tutaj szeregi czasowe, które były wynikiem pobierania prób każdego roku przez ponad 20 lat (1988-2008) powyżej i poniżej zbiornika Jeziorsko . Zarówno do analizy liczebności gatunków jak i do prawdziwej różnorodności rzędu pierwszego (1D) zastosowaliśmy metody analizy szeregów czasowych (Box i Jenkins, 1976) oraz inne metody analizy danych seryjnych (Legendre i Legendre, 1998).

Dane analizowane więc były przy pomocy ACF (funkcji autokorelacji) i PACF (funkcji autokorelacji cząstkowej) (Box i Jenkins, 1976), metody PRCF (zmodyfikowanej funkcji autokorelacji cząstkowej) Berrymana i Turchina (2001), modeli AR (autoregresyjny), MA (średniej ruchomej) i ARMA (autoregresyjny i średniej ruchomej) Boxa i Jenkinsa (1976), wykładnika Lyapunova (Eckmann i inni, 1986), który określa czy seria danych dąży w kierunku stabilnej dynamiki czy też chaotycznej dynamiki (Turchin, 2003), oraz odchylenia standardowego zagęszczeń zlogarytmowanych przy podstawie 10, co jest miarą amplitudy serii. Istotność modeli AR, MA i ARMA, zarówno w zastosowaniu do serii danych poszczególnych gatunków jak i do serii danych 1D , oceniano przy pomocy Kryterium Informacyjnego Akaike oraz Kryterium Informacyjnego Bayesa (Burnham i Anderson, 2002).

W badanym okresie liczebności poszczególnych gatunków wykazywały bardzo różne przebiegi zmienności, choć, jak się spodziewano, regulacja endogenna (zależna od zagęszczenia) okazała się częstsza i intensywniejsza powyżej niż poniżej zbiornika, gdzie dominowała regulacja egzogenna (zależna od czynników zewnętrznych), a więc prawdopodobnie będąca głównie skutkiem istnienia zbiornika. 1D wykazała bardzo różny przebieg zmienności powyżej i poniżej zbiornika. Zmienność powyżej była prawdopodobnie „białym szumem” (brak regulacji), czyli losową zmiennością z roku na rok o stałej wariancji, bez określonego wzorca. Natomiast wyraźny wzorzec 1D zaobserwowano poniżej zbiornika. Poszukiwania odpowiedniego modelu dla tego wzorca wykazały, że model sinusoidalny dobrze opisuje wieloletnią fluktuację 1D poniżej piętrzenia: został on dobrze dopasowany do danych przy pomocy metod regresji nieliniowej. Jednakże w okresie badań zanotowano tylko jeden pełny cykl, w wyniku czego można tam jedynie mówić o prawdopodobnej sinusoidalnej zmienności a nie o jej potwierdzeniu.

Ponieważ jednym z założeń pracy było, że skład zespołów ryb poniżej zbiornika jest w głównej mierze kopią składu zespołów w zbiorniku, dane ryb poniżej i powyżej zbiornika Jeziorsko porównaliśmy z analogicznymi długookresowymi danymi

(1985-2006) dotyczącymi liczebności ryb w podobnym, choć kilkakrotnie mniejszym od Jeziorska pod względem objętości, zbiorniku Římov (Říha i inni, 2009), położonym w południowych Czechach. Okazało się, że również tam model sinusoidalny okazał się dobrze pasować do zmienności ¹D. Jednakże w zbiorniku Římov wystąpiły w badanym okresie ponad dwa pełne cykle, a długość pojedynczego cyklu była krótsza (9 lat) niż poniżej zbiornika Jeziorsko (15 lat). W związku z tym cykliczność w zbiorniku Římov może być stwierdzona z dużo większą dozą prawdopodobieństwa niż w zbiorniku Jeziorsko. Wyniki otrzymane w obydwu zbiornikach sugerują, że sprzeczności w ocenach otrzymywanych przez różnych naukowców badających wpływ zbiorników na ryby i inne organizmy mogą być w znacznej mierze pozorne i wynikać z za krótkiego okresu pobierania prób lub pechowej selekcji lat pobierania. Innymi słowy, w rezultacie wspomnianej cykliczności istnieje duże prawdopodobieństwo ustalenia dat pobierania prób w latach minimalnych lub maksymalnych wartości cyklu, a nie w latach występowania wartości średnich: dotyczyć to może różnorodnych zmiennych zespołów ryb.

¹D zastosowaliśmy również w najnowszej pracy (Głowacki i Penczak, 2013), której tytuł przetłumaczony na język polski brzmi „Czynniki różnorodności ryb, homogenizacji/różnicowania oraz rozszerzania zasięgów występowania w skali zlewni”. Tym razem posłużyliśmy się również testem (nieparametrycznym i wielowymiarowym) Mantela (Mantel, 1967) oraz prostymi metodami opisowymi zagęszczenia. W przeciwieństwie do poprzednich prac materiał badawczy dotyczył całej dużej polskiej rzeki nizinnej (Pilicy). Wykorzystaliśmy tutaj unikalne w skali Polski, i nieliczne w skali świata, monitoringowe i ilościowe (liczebność i biomasa) próby zespołów ryb pobierane co dekadę od lat sześćdziesiątych XX w. przez ekipę Katedry Ekologii i Zoologii Kręgowców UŁ kierowaną przez drugiego z autorów pracy, prof. Tadeusza Penczaka. Dzięki tym badaniom, Pilica jest niewątpliwie najdokładniej historycznie zbadaną rzeką Polski. Za każdym razem próby pochodziły z kilkudziesięciu (zakres 48-86) stanowisk rozmieszczonych wzdłuż całego biegu rzeki. Nasza publikacja (Głowacki i Penczak, 2013) analizowała wpływ ważniejszych czynników na zmiany w różnorodności, homogenizacji/różnicowaniu oraz powiększaniu zasięgów występowania gatunków ryb w tej rzece pomiędzy latami 1960. i 2000. Jednakże wpływ Zbiornika Sulejowskiego, jedyne zbudowanego na niej (w roku 1973 i w połowie długości), na metapopulacje i metazespoły ryb całych odcinków Pilicy powyżej i poniżej tego piętrzenia był naszym głównym celem

zainteresowania. W pewnym stopniu wykorzystaliśmy również dane z podobnych badań na Pilicy z lat 1984-5 i 1994-5.

W pracy tej ¹D liczona dla całych odcinków Pilicy powyżej i poniżej piętrzenia wykazała istotny wpływ zbiornika oraz zmian klimatycznych i jakości wody a znikomy gatunków obcych wody na metapopulacje ryb na obu odcinkach w całym okresie badań (1968-2005). ¹D gamma i alfa zmalała zarówno powyżej jak i poniżej zbiornika Jeziorsko. Jednakże ¹D beta spadła powyżej zbiornika o 33% a wzrosła poniżej o blisko 9%, co oznacza zajście procesu homogenizacji powyżej a różnicowania zespołów poniżej piętrzenia. Ponieważ liczebności całkowite metazespołów wzrosły w okresie badawczym w obu częściach rzeki podobnie, wpływ zbiornika nie był w przypadku tych najbardziej ogólnych kategorii odczuwalny. Jednakże jego selektywny wpływ zaznaczył się już w przypadku grup rozrodczych, bowiem najbardziej istotna zmiana dotycząca tych grup, wzrost liczebności fitolitofili, był dużo wyższy w górnym niż w dolnym biegu rzeki.

Prawdziwym objawieniem okazał się selektywny wpływ zbiornika w przypadku (niektórych) poszczególnych gatunków. Szczególnie zaznaczył się tutaj okoń, który w okresie 1995-2005 zwiększył dziesięciokrotnie swoją liczebność powyżej, a w znikomym stopniu poniżej zbiornika. Ten wzrost liczebności nie był jednak wywołany wyłącznym wpływem piętrzenia, bowiem przez dwie pierwsze dekady (od 1973 do końca lat 1980.) wzrost liczebności okonia nie następował. Dopiero wpływ zbiornika połączony z poprawą jakości wody i ociepleniem klimatu spowodował populacyjną eksplozję tego gatunku. Niemniej wpływ zbiornika był kluczowy i selektywny, bowiem ani poprawa jakości wody ani ocieplenie klimatu nie miały charakteru selektywnego, a mimo to wzrost okonia poniżej zbiornika nie nastąpił. W przeciwieństwie do okonia liczebności kozy i minoga ukraińskiego wzrosły również w okresie ostatniej dekady badań w podobnym stopniu, tyle że bardzo poniżej a w znikomym stopniu powyżej zbiornika. Wygląda na to, że zadziałał tutaj głównie zmieniony przez zbiornik przepływ (brak gwałtownych zmian ilości wody i szybkości nurtu) i prawdopodobnie również zmniejszona (w wyniku zwiększonej stabilizacji przepływu) granulacja nieorganicznego podłoża. Oba te czynniki preferowane są przez kozę i minoga ukraińskiego.

Podobne zmiany, choć mniej jaskrawe, dotyczyły liczebności i zasięgu występowania kilku innych gatunków. Gatunki obce na szczęście nie odgrywają jak na razie w Pilicy żadnej roli, jednakże pewne objawy (np. wzrost dominacji rodzimych

gatunków pospolitych i zanik pewnych gatunków rzadkich powyżej zbiornika) mogą oznaczać zbliżanie się tzw. klifu inwazyjnego (Richardson, 2011), czyli punktu, w którym niewielki wzrost liczby kolonizatorów obcych gatunków wywołać może nieproporcjonalnie silny wzrost podatności ekosystemu na inwazje.

Pragnę zwrócić uwagę, że wyniki moich prac posiadają znaczenie nie tylko teoretyczne ale również praktyczne, szczególnie wyniki ostatniej publikacji. To praktyczne znaczenie jest w znacznej części jak najbardziej bezpośrednie, bowiem pozwala np. określić jak można zapobiegać kolonizacjom rzek przez obce gatunki ryb: poprzez podtrzymywanie wysokiej różnorodności gatunkowej i funkcjonalnej ryb (np. przez zarybianie gatunkami rodzimymi we właściwych miejscach rzeki, ochranianie gatunków cennych lecz zagrożonych, zwiększenie presji odławowej na zbyt liczne, a zmniejszenie na nieliczne gatunki, itp.).

Podsumowując mogę stwierdzić, że dzięki opublikowanym pracom możemy lepiej, dokładniej i z większą wiarygodnością badać (meta)zespoły ryb i oceniać zachodzące w nich zmiany. W pewnym stopniu wiarygodność ta wynika z potwierdzenie znaczenia 1D , która zastąpiła już w większości dawne miary różnorodności i uwolniła ekologię od niespójnych ocen.

IV. Tematy zainteresowań naukowych przed uzyskaniem doktoratu oraz nie objęte pracami wniosku habilitacyjnego zainteresowania naukowe po doktoracie.

Tematem który stanowi przedmiot mojego wniosku habilitacyjnego zajmowałem się już w latach 1990. i 2000. W pracy Penczak i inni (1998a), której polski tytuł brzmi „Długoterminowe (1985-1995) studium populacji ryb w spiętrzonej rzece Warcie, Polska”, badaliśmy zmiany w populacjach i zespołach ryb w ciągu pierwszej dekady po utworzeniu zbiornika Jeziorsko na Warcie, na tych samych stanowiskach i stosując tę samą metodologię, które były przedmiotem prac Głowacki i inni (2011) i Głowacki i Penczak (2012). Zastosowaliśmy w niej szereg miar: entropię Shannona (1948), miarę różnorodności Gini-Simpsona (Simpson, 1949; Odum, 1980), i kilka innych (ABC, PSD), oraz analizowaliśmy zmiany w składach grup funkcjonalnych oraz niektórych poszczególnych gatunkach. Wykazaliśmy konsekwentny spadek bogactwa gatunkowego i bioróżnorodności poniżej piętrzenia.

Nowatorskość pracy, szczególnie pod względem systematycznego copółrocznego (wiosna i jesień) i ilościowego (określanie liczebności i biomasy) pobierania prób, została dostrzeżona w skali międzynarodowej. Praca była cytowana przez znanych naukowców w znanych czasopismach zarówno wkrótce po opublikowaniu (Wolter, 2001; Wolter i Bischoff, 2001) i jest cytowana obecnie (Liermann i inni, 2012). Zauważono (Liermann i inni, 2012), że nasza praca stanowi jedno z pierwszych rzetelnych potwierdzeń, że obligatoryjnie migracyjne zachowanie stanowi ważną cechę przyczyniającą się do szkód wyrządzanych obligatoryjnie diadromicznym gatunkom ryb przez piętrzenia, co doprowadziło do udokumentowanego wyćpienia lub zagrożeń wielu gatunków. Praca znalazła się również wśród 92 najczęściej cytowanych na świecie polskich prac ekologicznych w dziedzinie nauk rolniczych opublikowanych w latach 1996-2005 (Pilc, 2007).

W pracy Głowacki i Penczak (2000), której tytuł w języku polskim znaczy "Wpływ piętrzenia na ryby rzeki Warty: bogactwo gatunkowe i wielkość próby używając metody rarefakcji", kontynuowaliśmy w znacznej mierze analizę i poszukanie rozwiązań problemów pracy Penczak i inni (1998a). Tym razem jednak skoncentrowaliśmy się wyłącznie na zespołach a nie poszczególnych gatunkach czy ich grupach funkcjonalnych. Ocenialiśmy wpływ piętrzenia na jeden parametr, bogactwo gatunkowe zespołów ryb, i jeden sposób jego oceny, metodę rarefakcji (rozrzedzania). Metoda ta pozwala na szczególnie dobrą identyfikację zmian bogactwa gatunkowego, bowiem porównywanie danych z różnych stanowisk lub terminów pobierania prób wykonywane jest na podstawie symulowanych prób o standardowych liczebnościach otrzymanych z prób empirycznych o różnorodnych liczebnościach. Te symulowane próby tworzone są przy uwzględnieniu liczebności poszczególnych gatunków w próbach empirycznych i są wynikiem ich analizy przy pomocy rachunku prawdopodobieństwa (Hurlbert, 1971; Simberloff, 1979). Praca wykazała katastrofalny spadek zrarityfikowanego bogactwa gatunkowego poniżej piętrzenia w okresie dziesięciu lat od momentu spiętrzenia rzeki.

Nowatorskość tej pracy została również zauważona przez licznych naukowców, już wkrótce po opublikowaniu. Quinn i Kwak (2003) stwierdzili, że w przeciwieństwie do przedstawianych przez nich samych wyników (uzyskanych w okresie kilkudziesięciu lat po piętrzeniu Ozark River w USA, ale w długich i różnych odstępach czasu), Głowacki i Penczak (2000) odkryli, że bogactwo gatunkowe obniżało się poniżej piętrzenia bezustannie przez cały badany okres. Powołano się

na naszą pracę, jako jedną z trzech publikacji z Polski (wśród ponad tysiąca cytowanych z całego świata), w jednym z najważniejszych amerykańskich podręczników rybactwa (Kwak i Peterson, 2007), jako na modelowy przykład zastosowania metody rarefakcji. Jest ona jedyną publikacją z Polski wśród 165 prac opublikowanych na świecie w okresie czterdziestu ostatnich lat, na której Poff i Zimmerman (FWB_2272_sm_Appendix.xls, 2010) oparli przeglądową analizę odpowiedzi ekologicznej różnorodnych grup zwierząt i roślin na zakłócenia reżymu przepływów wody w rzekach. Jest tam jedną z 92% analizowanych prac, które wykazały zniszczenia środowiska naturalnego przez zmiany reżymu przepływu, w postaci spadku liczebności gatunków ryb, różnorodności i innych parametrów.

Zagadnieniem oceny bogactwa gatunkowego przy pomocy nieparametrycznych estymatorów zajęliśmy się po raz pierwszy w pracy Głowacki i Penczak (2005), której polski tytuł brzmi „Estymatory bogactwa gatunkowego zastosowane do ryb w małej rzece tropikalnej, w której próby pobierano przy pomocy metod konwencjonalnych i rotenone”. Wykorzystaliśmy tam te same estymatory, które zostały użyte później w pracy Głowacki (2011). Model Homogeniczny, który zakłada że wszystkie gatunki mają takie samo prawdopodobieństwo wykrycia, wykazał tam największą poprawność.

Poza powyższym tematem zajmowałem i zajmuję się jeszcze czterema innymi: pierwszymi trzema z tych czterech zdecydowanie przed, a czwartym po doktoracie. Pierwszy z tych czterech to zagadnienia związane z efektywnością pobierania prób ryb w wodach słodkich, a szczególnie lotycznych, drugi to zastosowanie metody porządkowania zbiorów Romaniszyna, trzeci to analiza relacji pomiędzy zespołami ryb w rzekach i ich starorzeczach, analizowanych głównie przy użyciu różnorodnych metod klasteryzacyjnych i gradientowych, a czwarty to analiza metazespołów ryb w wodach płynących przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. Opis tych czterech zagadnień i moich ważniejszych publikacji ich dotyczących wygląda następująco.

Pobieranie prób zwierząt może być wykonywane w oparciu o wielorakie techniki i modele, omówione przez Sebera (1982), Sebera (1986), i Schwarza i Sebera (1999), a w przypadku ryb słodkowodnych w książce „Fishing with electricity” (Cowx i Lamarque, 1990). W moich pracach poświęconych temu zagadnieniu zajmowałem się najczęściej wielokrotnymi połowami następczymi populacji zamkniętych przy stałym wysiłku połowowym, tak jak to opisano w pracy Głowacki

(2011). Istnieje wiele aspektów tych metod, które mogą sprawiać problemy (Mahon, 1980; Sharber i inni, 1994). Jednym z nich jest przewodnictwo wody, bowiem efektywność łowienia spada wraz ze spadkiem przewodnictwa, a poniżej pewnego poziomu staje się zerowa. Problem ten badali wcześniej Alabaster i Hartley (1962), Zalewski (1985), Penczak i Romero (1990), Mahon (1980) i wielu innych. Jako narzędzie zaradcze niskiego przewodnictwa stosuje się czasami sztuczne zwiększanie konduktywności poprzez rozpuszczanie w wodzie chlorku sodu. Przed naszymi badaniami nie stosowano jednak tej metody w strumieniach strefy tropikalnej, a tam problem niskiej konduktywności jest bardzo częsty (Agostinho i Penczak, 1995). Odmienność chemiczno-fizyczno-morfologiczna jak i biologiczna tych obszarów nasuwała pytanie, czy i tam solenie wody będzie skuteczne.

Staraliśmy się odpowiedzieć na to pytanie w pracy Penczak i inni (1997), której polski odpowiednik tytułu brzmi: „Wpływ sztucznie zwiększonego przewodnictwa wody na efektywność pobierania prób przy pomocy prądu elektrycznego w strumieniach tropikalnych (Paraná, Brazylia)”. Odpowiedź uzyskaliśmy, pobierając serie podprób następczych w coraz bardziej zasolonej wodzie (oczywiście każda seria podprób w tak samo zasolonej) trzech małych południowo-brazylijskich strumieni oraz oceniając efektywność łowienia trzema parametrami statystycznymi. Sól pochodziła z perforowanych torebek plastikowych rozłożonych wzdłuż linii stanowiącej górny skraj stanowisk badawczych. Okazało się, że efektywność łowienia nie była tam istotnie skorelowana ze wzrastającym przewodnictwem wody. Poza tym, ilość soli potrzebnej do wzrostu konduktywności była ogromna, a więc metoda zwiększania przewodnictwa wody mogła by być z technicznego punktu widzenia zastosowana jedynie w małych, a w żadnym wypadku w dużych rzekach.

Podobnemu zagadnieniu poświęcona jest praca Penczak i Głowacki (2008) wykonana w małym strumieniu w Polsce, o tytule, którego polski odpowiednik brzmi „Ocena efektywności próbkowania w naturalnym i regulowanym strumieniu”. Tym razem jednak badaliśmy wpływ regulacji a nie konduktywności na efektywność wyłowu. W tym celu porównaliśmy próby pobierane raz do roku przez dekadę przed i 13 lat po regulacji. Stosowaliśmy te same miary efektywności które stosowane były w poprzedniej pracy. Różnice w efektywności próbkowania (Zippin, 1956) pomiędzy okresami zaobserwowaliśmy jedynie w przypadku nielicznych gatunków. Natomiast stosunek liczebności danego gatunku w pierwszym połowie do oszacowanej liczebności po wszystkich połowach na danym stanowisku różnił się istotnie

między dużymi i małymi gatunkami (za wyjątkiem płoci) i nie był zależny od liczby połowów następczych na danym stanowisku.

Drugim zagadnieniem jest zastosowanie tzw. metody Romaniszyna (1970) do porządkowania zespołów gatunków. Technika ta stanowi pewną alternatywę dla, na przykład, metod typu PCA (Principal Component Analysis) (Legendre i Legendre, 1998). W pracy Adamczyk i inni (2004), zastosowaliśmy ją do porządkowania prób pobranych z zespołów grzybów rosnących na brzegach małych jeziorok polodowcowych, obiektów charakterystycznych dla południowych Kujaw (północna Polska). Porównywaliśmy tam dwie grupy takich kujawskich jeziorok, jedną z terenów naturalnych, drugą z terenów rolniczych. Okazało się, że metoda Romaniszyna dała bardzo podobne rezultaty do metody PCA. Jest więc ona być może techniką niedocenioną przez ekologów, bowiem jest rzadko stosowana.

Trzecim zagadnieniem spośród czterech wspomnianych poprzednio była ocena relacji pomiędzy rzekami a ich starorzeczami z punktu widzenia wpływu na ryby, ich populacje i zespoły. Przeprowadzaliśmy ją przy wykorzystaniu metod wielowymiarowych i klasteryzacyjnych oraz posługując się danymi historycznymi oraz współczesnymi w kilku publikacjach. W najważniejszej z nich (Penczak i inni, 2004), o polskim odpowiedniku tytułu „Zmiany w zespołach ryb względem czynników środowiskowych w rzece Warcie, Polska, i jej starorzeczach”, porównaliśmy dane dotyczące ryb z czterech starorzeczy i dwóch odcinków rzeki Warty z lat 1999-2000 z danymi z 12 starorzeczy z lat 1960. Oba zespoły starorzeczy zostały przedzielone w roku 1985 zbiornikiem zaporowym Jeziorsko. Zaobserwowaliśmy, że w nowych starorzeczach powyżej zbiornika występowała wyższa liczba gatunków, różnorodność i równomierność liczebności gatunków ryb niż w odcinku rzeki poniżej zbiornika. Niemniej wszystkie stanowiska w starych starorzeczach utworzyły odrębną grupę w przestrzeni wielowymiarowej. Główny wniosek który wyciągnęliśmy w tej pracy był taki, że starorzecza które są nieprzerwanie lub przynajmniej okresowo połączone z kanałem rzeki są niezbędne dla zachowania wysokiej bioróżnorodności i zrównoważonej gospodarki rybnej w systemie rzeczonym.

Czwartym zagadnieniem jest zastosowanie metody samoorganizujących się map (SOM) (Kohonen, 2001), odmiany sztucznych sieci neuronowych, oraz indeksu gatunków wskaźnikowych (IndVal) (Dufrière i Legendre, 1997) do badania wpływu czynników antropogenicznych na (meta)zespoły ryb. Odrębność tego czwartego zagadnienia od poprzednich ma więc charakter głównie metodologiczny. W publikacji

(Penczak i inni, 2012), której polska wersja tytułu brzmi „Zastosowanie samoorganizującej się mapy do badania wpływu piętrzenia na zespoły ryb w dużej rzece nizinnej: studium długoterminowe” badaliśmy również, podobnie jak w pracy o oscylacji różnorodności (Głowacki i Penczak, 2012), jakie zmiany (w kategoriach liczebności) nastąpiły w próbkowanych corocznie zespołach ryb w rzece Warcie powyżej i poniżej zbiornika Jeziorsko, lecz w okresie wydłużonym: od 1985 do 2010. Metoda SOM wyróżniła „mapę neuronów” w której odległość między próbami zależała od ich podobieństwa (im bliższa odległość tym większe podobieństwo). „Neurony” były następnie pogrupowane przy pomocy metody klasteryzacji. Na koniec istotność stworzonej typologii prób została oceniona przy pomocy metody wykrywania gatunków wskaźnikowych (IndVal).

Okazało się, że wszystkie próby pobrane powyżej zbiornika Jeziorsko (zarówno w okresie przed jak i po jego utworzeniu) oraz trzy próby pobrane poniżej w okresie trzech lat przed uruchomieniem zbiornika znalazły się w klasterze X, a wszystkie pozostałe próby w klasterze Y. Natomiast metoda gatunków wskaźnikowych wykazała, że większość gatunków klastera X stanowiły gatunki obligatoryjnie rzeczne, podczas gdy klastera Y fakultatywnie rzeczne. Inaczej mówiąc nasza praca wykazała, że zbiornik zaporowy bez przepławki wywiera istotny wpływ na struktury zespołów, co uwidacznia się szczególnie poniżej zbiornika. Jednakże, stwierdzono również, że tempo zmian zespołów powodowane przez zbiornik Jeziorsko znacznie spadło w pierwszej dekadzie 21 wieku w porównaniu z kilkunastoma poprzednimi latami.

Drugą pracą, która stosuje powyższe metody (SOM i IndVal) jest praca Penczak i inni (2013), której polski tytuł brzmi „Rola strumieni różnej wielkości w odbudowie fauny ryb w zlewni rzeki Pilicy”. Porównaliśmy tam zmiany jakie zaszły w zespołach ryb (badanych każdorazowo na ponad stu stanowiskach) znajdujących się w dopływach tej dużej rzeki, pomiędzy połową lat 1990. i 2000. Jako główny aspekt zainteresowania przyjęliśmy poprawę jakości wody pomiędzy tymi okresami. Wykazaliśmy w tej pracy, że choć zespoły ryb grupowały się w przeważający sposób według takich czynników jak wielkość strumienia, stopień regulacji, czy zanieczyszczenia, słabszy gradient czasowy ujawnił odbudowę fauny ryb w mniejszych strumieniach. Większe dopływy posłużyły jako źródła kolonizatorów zarówno dla tych mniejszych strumieni jak i dla samej Pilicy, bowiem we wcześniejszym studium porównujących zespoły w samej rzece Pilicy w podobnych

okresach, również zaobserwowaliśmy (Kruk i Penczak, 2013) odbudowę zespołów ryb). Różnice pomiędzy wyróżnionymi podklasterami SOM w jakości środowiska wodnego zostały efektywnie przedstawione takimi miarami biologicznymi jak dominacje potencjalnie dużych gatunków raz reofile niepsammofilne, które zaproponowaliśmy jako dobre bioindykatory. Poza tym, zauważyliśmy że pewne blisko spokrewnione gatunki (jaź i jelec, krap i leszcz, koza i koza złotawa, minóg ukraiński i strumieniowy) były istotnie związane w różnych rejonach SOMu (i odnośnymi warunkami środowiskowymi), prawdopodobnie unikając w ten sposób konkurencji.

V. Piśmiennictwo cytowane w Punktach III D i IV:

- Adamczyk, J., Głowacki, Ł., Penczak, T. (2004). Structure of macrofungus communities in different habitats of small postglacial pond margins. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, 25: 53-60.
- Agostinho, A.A., Penczak, T. (1995). Populations and production of fish in two small tributaries of the Paraná River, Paraná, Brazil. *Hydrobiologia*, 312: 153-166.
- Agostinho, A.A., Sidinei, M.T., Gomes, L.C. (2005). Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, 19: 646-652.
- Alabaster, J.S., Hartley, W.G. (1962). The efficiency of a direct current electric fishing method in trout streams. *Journal of Animal Ecology*, 31: 385-388.
- Allan, J.D., Castillo, M.M. (2007). *Stream Ecology. The Structure and Function of Running Waters*, 2nd edn. Springer, Dordrecht.
- Berryman, A., Turchin, P. (2001). Identifying the density-dependent structure underlying ecological time series. *Oikos*, 92: 265-270.
- Boneh, S., Boneh, A., Caron, R.J. (1998). Estimating the prediction function and the number of unseen species in sampling with replacement. *Journal of the American Statistical Association*, 93: 372-379.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. 2nd ed. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference. A Practical Information-Theoretic Approach*. 2nd ed. Springer, USA.

- Burnham, K.P., Overton, W.S. (1978). Estimation of the size of a close population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika*, 65: 625-33.
- Chappin III, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Votousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C., Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234-242.
- Chao, A., Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93: 2533-2547.
- Chao, A., Lee, S.-M. (1992). Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association*, 87: 210-217.
- Chao, A., Shen, T.-J. (2003). Program SPADE (species prediction and diversity estimation). Program and user's guide. <http://chao.stat.nthu.edu.tw>.
- Chao, A., Shen, T.-J. (2004). Nonparametric prediction in species sampling. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, 9: 253-269.
- Chesson, P. (2000). Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review in Ecology and Systematics*, 31: 343-366.
- Colwell, R.K., Coddington, J.A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 345: 101-118.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, Shang-Yi, Mao, C.X., Chazdon, R.L., Longino, J.T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5: 3-21.
- Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717-2727.
- Cowx, I.G., Lamarque P. (1990). *Fishing with Electricity: applications in freshwater fisheries management*. Fishing News Books, Oxford, UK.
- Davis, M. (2009). *Invasion Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Dufrêne, M., Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Dukes, J.S., Mooney, H.A. (1999). Does global change increase the success of biological invaders? *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 135-139.

- Eckmann, J.-P., Kamphorst, S.O., Ruelle, D., Ciliberto, S. (1986). Liapunov exponents from time series. *Physical Review A*, 34: 4971-4979.
- Efron, B., Thisted, R. (1976). Estimating the number of unseen species: how many words did Shakespeare know? *Biometrika*, 63: 435-447.
- FWB_2272_sm_Appendix.xls. (2010). (załącznik elektroniczny do pracy: Poff, N.L. i Zimmerman, J.K.H. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, 55: 194-205.)
- Głowacki, Ł. (2011). Accuracy of species richness estimators applied to fish in small and large temperate lowland rivers. *Biodiversity and Conservation*, 20: 1365-1384.
- Głowacki, Ł., Grzybkowska, M., Dukowska, M., Penczak, T. (2011). Effects of damming a large lowland river on chironomids and fish assessed with the (multiplicative partitioning of) true/Hill biodiversity measure. *River Research and Applications*, 27: 612-629.
- Głowacki, Ł., Penczak, T. (2000). Impoundment impact on fish in the Warta River: species richness and sample size in the rarefaction method. *Journal of Fish Biology*, 56: 99-108.
- Głowacki, Ł., Penczak, T. (2005). Species richness estimators applied to fish in a small tropical river sampled by conventional methods and rotenone. *Aquatic Living Resources*, 18: 159-168.
- Głowacki, Ł., Penczak, T. (2008). New species richness predictors first tested on fish in a small tropical stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 137: 431-437.
- Głowacki, Ł., Penczak, T. (2012). Large dam reservoirs are probably long period oscillators of fish diversity. *Journal of Fish Biology*, 80: 2213-2235.
- Głowacki, Ł.B., Penczak, T. (2013). Drivers of fish diversity, homogenization/differentiation, and species range expansions at the watershed scale. *Diversity and Distributions*, 19: 907-918.
- Gotelli, N.J., Colwell, R.K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379-391.
- Goudie, A.S. (2006). *The Human Impact on the Natural Environment: Past, Present, and Future*. 6th ed. Blackwell Publishing, Malden, MA, USA.

- Guy, C.S., Brown M.L. (2007). Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.
- Heltsh, J.F., Forrester, N.E. (1983). Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics*, 39: 1-11.
- Hill, M.O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Hurlbert, S.H. (1971). The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.
- Huston, M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113: 81-101.
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88: 2427-2439.
- Jost, L., DeVries P., Walla, T., Greeney, H., Chao, A., Ricotta, C. (2010). Partitioning diversity for conservation analyses. *Diversity and Distributions*, 16: 65-76.
- Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps*. Third Edition. Springer, Heidelberg, Germany.
- Kruk, A., Penczak, T. (2003). Impoundment impact on populations of facultative riverine fish. *Annales Limnologie – International Journal of Limnologie*, 39: 197-210.
- Kruk, A., Penczak, T. (2013). Natural regeneration of fish assemblages in the Pilica River after a reduction of point-source pollution. *River Research and Applications*, 29: 502-511.
- Kwak, T.J., Peterson, J.T. (2007). Community indices, parameters, and comparisons. W: Guy, C.S., Brown, M.L. (Red.) *Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, ss. 667-763. http://www4.ncsu.edu/~tkwak/Kwak_%26_Peterson_2007.pdf
- Legendre, P., Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology*, 2nd edn. Elsevier Science, Amsterdam.
- Levine, J.M. (2000). Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern. *Science*, 288: 852-854.
- Liermann, C.R., Nilsson, C., Robertson, J., Ng, R.Y. (2012). Implications of dam obstruction for global freshwater fish diversity. *BioScience*, 62: 539-548.
- Lockwood, J.L., Hoopes, M.E., Marchetti, M.P. (2007). *Invasion Ecology*. Blackwell, Oxford, UK.

- MacArthur, R.H. (1965). Patterns of species diversity. *Biological Reviews*, 40: 510-533.
- Mahon, R. (1980). Accuracy of catch-effort methods for estimating fish density and biomass in streams. *Environmental Biology of Fishes*, 5: 343-360.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Malden, MA, USA.
- Magurran, A.E., McGill, B. (2011). *Biological Diversity. Frontiers in Measurement and Assessment*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Mantel, N. (1967). The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, 27: 209-220.
- Matthews, W.J. (1998). *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Nentwig, W. (2007). *Biological Invasions*. Springer, Berlin.
- Odum, E. (1980). *Ecology*. 2nd ed. Holt-Saunders, London.
- Olden, J.D., Rooney, T.P. (2006). On defining and quantifying biotic homogenization. *Global Ecology and Biogeography*, 15: 113-120.
- Palmer, M.W. (1990). The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71: 1195-1198.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Penczak, T., Głowacki, Ł. (2008). Evaluation of electrofishing efficiency in a stream under natural and regulated conditions. *Aquatic Living Resources*, 21: 329-337.
- Penczak, T., Romero, T.E. (1990). Accuracy of a modified catch effort method for estimating fish density in large rivers (Warta River, Poland). W: Cowx I.G. (red.) *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Oxford, ss. 191-196.
- Penczak, T., Agostinho, A.A., Głowacki, Ł., Gomes, L.C. (1997). The effect of artificial increases in water conductivity on the efficiency of electric fishing in tropical stream (Paraná, Brazil). *Hydrobiologia*, 350: 189-201.
- Penczak, T., Agostinho, A.A., Latini, J.D. (2003). Rotenone calibration of fish density and biomass in a tropical stream samples by two removal methods. *Hydrobiologia*, 510: 23-38.
- Penczak, T., Galicka, W., Głowacki, Ł., Koszaliński, H., Kruk, A., Zięba, G., Kostrzewa, J., Marszał, L. (2004). Fish assemblage changes relative to

- environmental factors and time in the Warta River, Poland, and its oxbow lakes. *Journal of Fish Biology*, 64: 483-501.
- Penczak, T., Głowacki, Ł., Kruk, A., Galicka, W. (2012). Implementation of a self-organizing map for investigation of impoundment impact on fish assemblages in a large, lowland river: Long-term study. *Ecological Modelling*, 227: 64-71.
- Penczak, T., Kruk, A., Głowacki, Ł., Galicka, W. (2013). The role of streams of different sizes in recovery of fish fauna in the Pilica River catchment. *River Research and Applications*, 00: 000-000. DOI: 10.1002/rra.2699
- Penczak, T., Głowacki, Ł., Galicka, W., Koszaliński, H. (1998a). A long-term study (1985-1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. *Hydrobiologia*, 368: 157-173.
- Penczak, T., Gomes, L.C., Bini, M., Agostinho, A.A. (1998b). The importance of qualitative inventory sampling using electric fishing and nets in a large tropical river (Brazil). *Hydrobiologia*, 389: 89-100.
- Petts, G.E. (1984). *Impounded Rivers*. Wiley, New York, USA.
- Pilc, A. (2007). Najczęściej cytowane polskie publikacje ostatniego dziesięciolecia w poszczególnych dziedzinach nauk biologicznych i medycznych. *Nauki Rolnicze. Forum Akademickie*, 6. <http://forumakademickie.pl/fa/2007/06/nauki-rolnicze/>
- Quinn, J.W., Kwak, T.J. (2003). Fish assemblage changes in an Ozark River after impoundment: A long-term perspective. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132: 110-119.
- Rahel, F. (2002). Homogenization of freshwater faunas. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33: 291-315.
- Ricciardi, A., Maclsaac, H.J. (2011). Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems. W: Richardson, D.M. (Red.) *Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. ss. 211–224.
- Richardson, D.M. (2011). *Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK.
- Říha, M., Kubečka, J., Vašek, M., Sedľa, J., Mrkvička, T., Prchalová, M., Matěna, J., Hladík, M., Čech, M., Draštík, V., Jarolím, O., Jůza, T., Kratochvíl, M., Peterka, J., Tušer, M. (2009). Long-term development of fish populations in the Římov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 16: 121-129.
- Romaniszyn, W. (1970). Próba interpretacji tendencji skupiskowych zwierząt w oparciu o definicję prawdopodobieństwa i odległości [An attempt at interpreting

- agglomerative tendencies of animals based on definition of similarity and distance]. *Wiadomości Ekologiczne*, 16: 306-327.
- Rosenzweig, M.L. (1995). *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge, NY, USA.
- Schwarz, C.J., Seber, G.A.F. (1999). Estimating animal abundance: review III. *Statistical Science*, 14: 427-456.
- Seber, G.A.F. (1982). *The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters*, 2nd ed. Griffin, London, UK.
- Seber, G.A.F. (1986). A review of estimating animal abundance. *Biometrics*, 42: 267-292.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423, 623-656.
- Shen, T.-J., Chao, A., Lin, C.F. (2003). Predicting the number of new species in further taxonomic sampling. *Ecology*, 84: 798-804.
- Sharber, N.G., Carothers, S.W., Sharber, J.P., de Vos, Jr. J.C., Mouse, D.A. (1994). Reducing electrofishing-induced injury of rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management*, 14: 340-346.
- Shmida, A., Wilson, M.V. (1985). Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography*, 12: 1-20.
- Simberloff, D. (1979). Rarefaction as a distribution-free method of expressing and estimating diversity. W: Grassle, J.F., Patil, G.P., Smith, W.K., Taillie, C. (Red.) *Ecological Diversity in Theory and Practice*. International Co-operative Publishing House, Fairland, Maryland, ss. 159–176.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Smith, E.P., van Belle, G. (1984). Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics*, 40: 119-129.
- Solow, A.R., Polasky, S. (1999). A quick estimator for taxonomic surveys. *Ecology*, 80: 2799-2803.
- Turchin, P. (2003). *Complex Population Dynamics. A Theoretical/Empirical Synthesis*. Monographs in Population Ecology. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Ulrich, W., Ollik, M. (2005). Limits to the estimation of species richness: the use of relative abundance distributions. *Diversity and Distributions*, 11: 265-273.

- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 227: 494-499.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555-561.
- Whittaker, R.H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213-151.
- Wolter, C. (2001). Rapid changes in fish assemblages. *Limnologica*, 31: 27-35.
- Wolter, C., Bischoff, A. (2001). Seasonal changes of fish diversity in the main channel of the large lowland River Oder. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17: 595-608.
- Wootton, R.J. (1990). *The Ecology of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London, UK.
- Zalewski, M. (1985). The estimate of fish density and biomass in rivers on the basis of relationships between specimen size and efficiency of electrofishing. *Fisheries Research*, 3: 147-155.
- Zippin, C. (1956). An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*, 12: 163-189.

ŁUKASZ GŁOWACKI

Podpis wnioskodawcy