

MACIEJ JAŹDŹEWSKI*, DAGMARA RACHALEWSKA, GRZEGORZ ZIĘBA,
LIDIA MARSZAŁ, MIROSLAW PRZYBYLSKI

MONITORING ICHTIOFAUNY RZEK – CELE I PROBLEMY

MONITORING OF ICHTHYOFAUNA IN RIVERS – AIMS AND PROBLEMS

Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

ABSTRACT

Monitoring of fish fauna involves regular, cyclic measurements and observations of ecosystems or their individual components, i.e. species and their populations. Being one of the most vulnerable and dynamic biological systems, freshwater ichthyofauna undergoes significant modifications mainly due to changes in water quality and the alterations of the river bed. The aim of the current study was to highlight the importance of changes occurring in fish faunas and to predict the direction of changes in response to emerging threats. The design of appropriate monitoring surveys, which adequately assess the status of fish populations, is of great importance. To predict trends in spatial and temporal variations in fish populations correctly, we need to refer to the whole structure of the ichthyofauna of a riverine system. This was confirmed by the analysis of changes in distribution ranges and exchange of occurrence sites of fish species composing ichthyofauna in the Skrwa Prawa and Słupia Rivers. Analysis of species rarity appears to be a very useful tool for this purpose. The authors indicate that the holistic approach to a riverine system is of central importance in fish fauna monitoring, and rather more important than the reference sites approach.

Key words: fish fauna monitoring, fish surveys, rarity analysis, riverine system.

* Autor do korespondencji: jmaciej@biol.uni.lodz.pl

1. WSTĘP

Postępująca degradacja środowiska naturalnego doprowadziła do obserwowanego spadku różnorodności biologicznej (Cowx 2002). Dlatego też pojawiła się konieczność monitorowania stanu przyrody. Obecnie za monitoring przyrodniczy przyjmuje się regularne, cykliczne pomiary i obserwacje ekosystemów lub ich poszczególnych składników, tj. gatunków, populacji. Takie działania umożliwiają gromadzenie informacji o aktualnym stanie środowiska, tempie i kierunku jego przemian. Ze względu na dużą różnorodność form życia, monitoring musi mieć wyraźnie sprecyzowany cel, stąd możemy wyróżnić, m. in. monitoring jakości wód powierzchniowych i podziemnych, powietrza atmosferycznego, ichtiofauny, makrobezkręgowców, itp. Systematyczne gromadzenie danych o bieżącym stanie przyrody pozwala na:

- analizę oraz przewidywanie reakcji systemów biologicznych na przekształcenia środowiska;
- ocenę skuteczności ochrony i gospodarowania zasobami przyrody;
- przeciwdziałanie negatywnym zmianom w środowisku (Przybylski 1997, Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012).

Obowiązek prowadzenia badań monitoringowych nakłada podpisana przez Polskę w 1992 roku Konwencja o Różnorodności Biologicznej. Po wstąpieniu do Unii Europejskiej ratyfikowana została Dyrektywa 92/43 EWG, tzw. „Dyrektywa Ptasia”, Dyrektywa 79/409/EWG, tzw. „Dyrektywa Siedliskowa”, a także Dyrektywa 2000/60/WE, czyli Ramowa Dyrektywa Wodna, która wprowadza, m.in. ocenę jakości wód na podstawie wskaźników biologicznych, w tym również zespołów ryb. Zgodnie z prawem unijnym Polska została włączona do Europejskiej Sieci Obszarów Chronionych Natura 2000 i zobowiązała się do stałego monitorowania gatunków i siedlisk. Działania te reguluje również Ustawa o Ochronie Przyrody z dn. 16 kwietnia 2004 roku.

Niezwykle istotne jest, aby odłowy ryb prowadzone były według ściśle określonych zasad w celu unifikacji sposobu poboru prób (Spellerberg 2005). Jest to trudne do osiągnięcia wobec różnorodnego charakteru cieków oraz różnorodności stosowanych narzędzi połowu, jednakże niezbędne. Przy braku takiej unifikacji porównywanie otrzymanych wyników nie jest bowiem możliwe. Najbardziej efektywną metodą poboru prób w rzekach są elektropuławy, a sposób ich prowadzenia, zgodny ze standardowymi metodami ichtiologicznymi badań inwentaryzacyjnych w Polsce, opisany został przez Penczaka (1967), Backiela i Penczaka (1989) oraz Przybylskiego (1997). Ichtiofauna wód śródlądowych uznawana jest za najbardziej dynamiczną część krajowej fauny (Hillbricht-Ilkowska 1998). Ulega ona przemianom za które odpowiedzialnych jest wiele czynników, a wśród nich do najistotniejszych należą zmiany jakości wód oraz przebudowa koryt rzecznych, które znacznie modyfikują skład ichtiofauny

(m.in. Backiel i Penczak 1989, Skóra i Włodek 1989b, Penczak i inni 1992). Przerwanie ciągłości cieków poprzez przegradzanie rzek tamami i zbiornikami zaporowymi doprowadza do eliminacji ryb wędrownych oraz reofili (Penczak i Kruk 2000, Baras i Lucas 2001). Tak zmienione siedliska zajmowane są przez gatunki o mniejszych wymaganiach tlenowych, preferujące wody wolno płynące lub stojące (Penczak i Kruk 2000, Penczak i inni 2000a, Kruk i inni 2000, 2001, Kukuła 2006). Regulowanie koryta rzecznoego wpływa na zmniejszenie różnorodności siedlisk, a co za tym idzie na spadek różnorodności ichtiofauny oraz na zwiększający się udział gatunków ubikwistycznych, takich jak płoć, okoń i ciernik (Błachuta i Witkowski 1997, Kruk i Penczak 2003). Niemalże znaczenie ma również wprowadzanie do ekosystemu gatunków obcych, które na drodze konkurencji wypierają cenne gatunki rodzime z zajmowanych siedlisk (Witkowski 1996, Witkowski i Grabowska 2012, Rachalewska i inni 2013a). Presja wędkarska, ukierunkowana zazwyczaj na ryby drapieżnie, może po pewnym czasie doprowadzić do redukcji rozmiarów ciała jako reakcji populacji na selektywny wyłów (Law 1991, Carlson i inni 2007).

2. CHARAKTERYSTYKA BADAŃ MONITORINGOWYCH

W świetle zagrożeń rodzimej ichtiofauny oraz uwzględniając zobowiązania państwa wynikające z przyjęcia prawodawstwa unijnego, badania ichtiofaunistyczne nabierają nowego znaczenia (Błachuta 2001). Podstawowym celem tych badań, obok poznania aktualnego rozmieszczenia i statusu gatunków, jest śledzenie tempa jej przemian, a także prognozowanie kierunków zmian w reakcji na zaistniałe zagrożenia. Działania mające doprowadzić do wyżej wymienionych celów muszą mieć charakter monitoringu prowadzonego obok już istniejącego monitoringu gatunków naturalnych (Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012) oraz zespołów ryb, żeby móc określić stan ekologiczny rzek (Adamczyk i inni 2013).

Głównym celem badań ichtiofauny jest ustalenie listy występujących gatunków wraz z ich szacunkową liczebnością (Przybylski 1997). W świetle analizy stanu poznania rodzimej ichtiofauny można by przyjąć, że cel ten został osiągnięty (Rembiszewski i Rolik 1975, Witkowski i Kotusz 2008), jednak wiele z tych informacji szybko się dezaktualizuje z uwagi na ciągłe przemiany zachodzące w środowisku rzek i strumieni. Dlatego też badania ichtiofaunistyczne są i będą w dalszym ciągu potrzebne ze względu na konieczność monitorowania reakcji gatunków ryb i minogów na te przemiany. Zobowiązania państwa wynikające z ratyfikowanych umów nakładają na organy administracji konieczność monitoringu przede wszystkim gatunków naturalnych (Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012), jak i oceny stanu ekologicznego wód na podstawie zespołów ryb (Adamczyk i inni 2013). Oba typy monitoringu bazują na systemie ustalonych stanowisk kontrolnych, rozmieszczonych na wybranych ciekach na terenie

całego kraju. Wybór takich stanowisk został dokładnie opisany w trzeciej części przewodnika metodycznego „Monitoring gatunków zwierząt” (Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012).

Zaobserwowanie zmian zachodzących w ichtiofaunie (np. spadek liczebności gatunków lub zmiany ich arealów) oraz ustalenie stopnia zagrożenia gatunków będzie możliwe tylko na podstawie badań ichtiofaunistycznych, powtarzanych cyklicznie w całych systemach rzecznych, w oparciu o odpowiednią liczbę stanowisk, obrazującą zróżnicowanie siedlisk w całym dorzeczu (Przybylski 1997). Do tej pory takim monitoringiem ichtiofauny objęto w Polsce praktycznie tylko system rzeczny Pilicy (5 dekad badań) oraz niewielką liczbę innych systemów, gdzie badania ichtiofauny były powtórzone przynajmniej dwukrotnie (Tab. 1).

Tabela 1. Rzeki i systemy rzeczne objęte badaniami ichtiofauny o charakterze monitoringu.
Table 1. Rivers and/or river systems covered by the ichthyological research of monitoring character.

System rzeczny / River System	Termin badań / Period of study	Referencje / References
Nysa Kłodzka	1970–1977	Witkowski 1979
	2000–2004	Kotusz i inni 2009
Kwisa	1990	Błachuta i inni 1993
	1999	Witkowski i inni 2000
Warta	1953–1957	Jaskowski 1962
	1963–1967	Penczak 1969
	1985–1988	Przybylski i inni 1993
	1996–1998	Kruk i inni 2000
	2011–2012	Cieplucha i inni 2014
Liswarta	1985–1988	Przybylski i inni 1993
	1996–1998	Kostrzewa i inni 2001
	2012–2013	Grabowska i inni 2014
Widawka	1953–1957	Jaskowski 1962
	1963–1965	Penczak 1969
	1981–1982	Jakubowski i inni 1988
	2002–2004	Kruk i inni 2006
	2002–2004	Kruk i inni 2009
Ner	1968–1973	Penczak 1975
	1996–2000	Kostrzewa i Penczak 2002
	2008–2010	Penczak i inni 2012

Prosna	1953–1957	Jaskowski 1962
	1966	Penczak 1969
	2002	Penczak i inni 2003
	2003	Penczak i inni 2004
Gwda	1953–1957	Jaskowski 1962
	1983–1985	Koszaliński i inni 1989
	1995–1997	Penczak i inni 1998
	2006–2007	Penczak i inni 2008
San	1967–1969	Rolik 1971
	1993–1997	Kukuła 1999
Tanew	1972–1974	Danilkiewicz 1994
	2005–2007	Rechulicz i inni 2009
Nida	1968–1969	Penczak 1971
	1998–1999	Buras i inni 2001
Pilica	1965	Penczak 1968b
	1964–1966 i 1968–1973	Penczak 1988
	1984–1985	Penczak 1989
	1992–1994	Penczak i inni 1995
	1994–1995	Penczak i inni 1996
	2003–2005	Penczak i inni 2006
	2003–2005	Penczak i inni 2007
Bzura	1963–1966	Penczak 1968a
	1999	Penczak i inni 2000b
	2009 i 2011	Penczak i inni 2012
Skrwa Prawa	2002–2003	Marszał i inni 2004
	2010–2011	Jażdżewski i inni 2012
Słupia	1998–1999	Dębowski i inni 2000
	2003–2004, 2008–2009	Dębowski i inni 2013
Łyna	1970–1971	Szczerbowski 1972
	2001–2002	Terlecki i inni 2004
Czarna Orawa	1963	Holčik i inni 1965
	1977–1982	Skóra i Włodek 1989a i b
	2000–2001	Przybylski i inni 2002
	2010–2011	Augustyn i Nowak 2014a i b

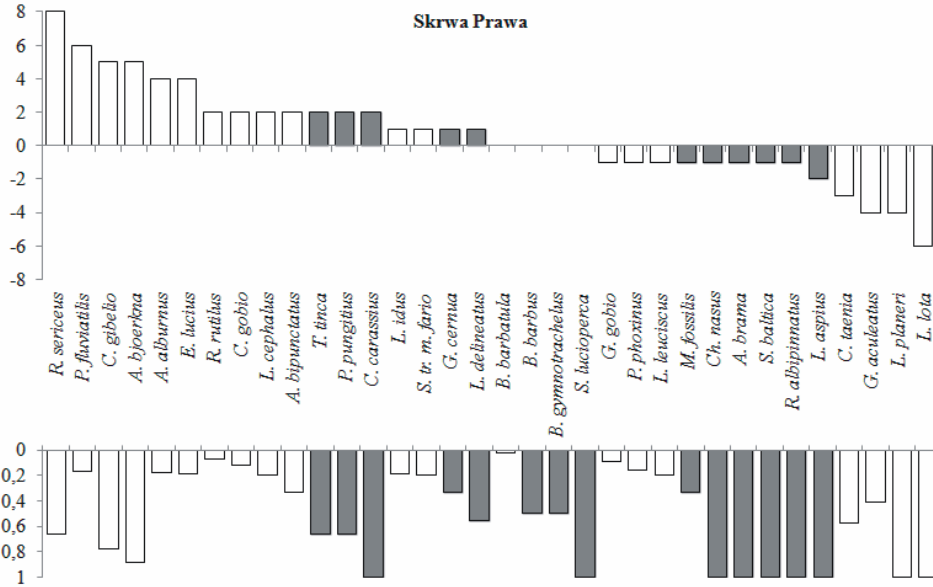
Monitoring na stanowiskach referencyjnych

Na problemy prawidłowej oceny zmian w ichtiofaunie zwrócił uwagę Przybylski (1994), natomiast sposób opracowania wyników monitoringu ichtiofauny opisali, m.in. Przybylski (1997) oraz Penczak (2008). Podstawowymi problemami monitoringu są: określenie liczebności populacji, wybór właściwego terminu badań terenowych, wyznaczenie właściwych stanowisk oraz konieczność przeprowadzenia minimum trzech powtórzeń monitoringu, aby móc prawidłowo rozpoznać trend zmian. To z kolei wymaga dobrania odpowiednich interwałów pomiędzy badaniami i sprawia, iż w przypadku ichtiofauny rzeki, której badania monitoringowe przeprowadzone zostały dopiero po raz drugi, interpretacja uzyskanych wyników nastęrcza pewnych trudności. Biorąc pod uwagę, iż pełna wymiana generacji nawet długo żyjących gatunków ryb mieści się w przedziale dziesięciu lat, można przyjąć, że kompleksowe badania monitoringowe systemów rzecznych nie powinny odbywać się rzadziej niż co 5–10 lat (Penczak 2008).

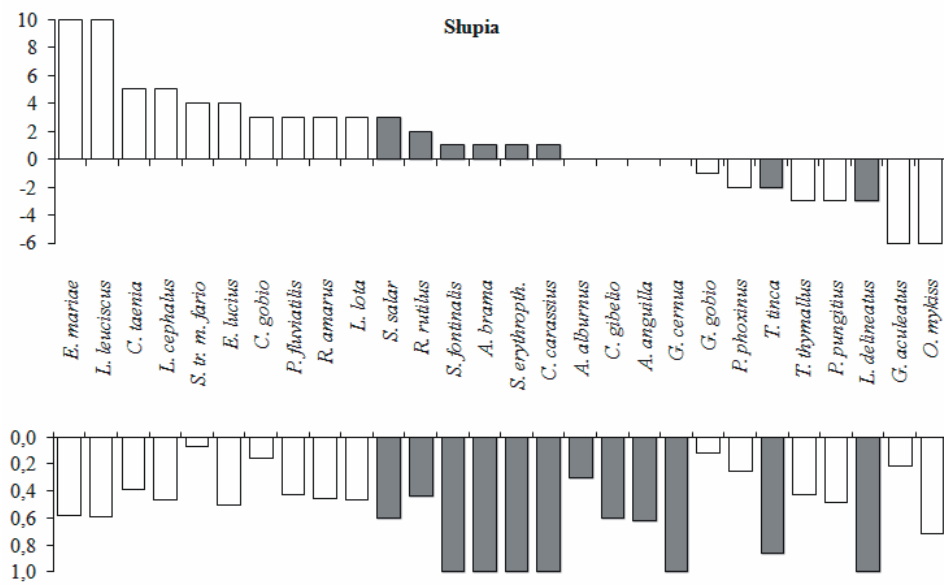
Rys. 1. Zmiany rozmieszczenia ryb i minogów w systemach rzek: a) Skrwy Prawej (Jażdżewski i inni 2012); b) Słupi (Dębowski i inni 2013). Szarym kolorem zaznaczono te gatunki, dla których zaobserwowano niewielkie zmiany liczby stanowisk występowania pomiędzy dwoma terminami badań, ale równocześnie nastąpiła znaczna wymiana stanowisk (IWSu), na których gatunek ten był stwierdzany. Indeks wymiany stanowisk to zmodyfikowany indeks wymiany fauny (Przybylski 1994), zdefiniowany następująco: $IWSu_i = (E_i + C_i) / (Su_1 + Su_2)$, gdzie E_i – liczba stanowisk, na których gatunek i był obecny w 1. terminie badań, a nieobecny w 2. terminie; C_i – liczba stanowisk, na których gatunek i był obecny w 2. terminie badań, a nieobecny w 1. terminie; Su_1 i Su_2 – liczba stanowisk odłowów ryb i minogów, odpowiednio w 1. i 2. terminie badań ichtiofauny danego systemu rzecznoego.

Fig. 1. Changes in the distribution of fish and lampreys in riverine systems of: a) Skrwa Prawa (Jażdżewski et al. 2012); b) Słupia (Dębowski et al. 2013). Grey color marks those species for which a small change in the number of sites was observed, which occurred between the two terms of the research, but at the same time there was a considerable exchange of the sites (IWSu) at which the species was reported. The index of sites exchange is a modified fauna exchange index (Przybylski 1994), defined as follows: $IWSu_i = (E_i + C_i) / (Su_1 + Su_2)$, where: E_i – the number of sites at which species i was present in the 1st term of the research, and absent in the 2nd term; C_i – the number of sites at which species i was present in the 2nd term of the research, and absent in the 1st term; Su_1 and Su_2 – the number of sites at which fish and lampreys were sampled, respectively, in the 1st and 2nd terms of the research of the ichthyofauna of the given river system.

a)



b)



W ramach Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2011–2012 wyznaczono w Polsce 467 punktów pomiarowo-kontrolnych do oceny stanu ekologicznego powierzchniowych wód płynących. Sieć tych punktów dodatkowo uzupełniana jest o stanowiska istotne z punktu widzenia gatunków chronionych. Wyznaczenie takich stanowisk w skali całego kraju miało umożliwić uzyskanie ogólnej informacji o szacunkowej liczebności populacji gatunków ichtiofauny w Polsce (Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012).

Jednakże, biorąc pod uwagę dynamikę zmian ichtiofauny, wyznaczenie stałych punktów kontrolnych o ograniczonej liczbie może doprowadzić do błędnej interpretacji uzyskanych wyników. W świetle teorii metapopulacji, w systemie rzeczonym gatunki ryb mogą na przykład funkcjonować według modelu „źródło – ujście” (Harrison 1991). Model ten zakłada, iż „źródłem” osobników migrujących jest populacja o większym potencjale rozrodczym, zasiedlająca „ujścia”, czyli siedliska potencjalnie gorsze dla danego gatunku. W takim przypadku istnieje duże ryzyko, iż jakiś gatunek (szczególnie rzadki) spotykany dotychczas na wytypowanym stanowisku, w kolejnych latach przemieści się w inne miejsce rzeki, nieobjęte programem monitoringu. Wówczas stwierdzenie braku występowania takiego gatunku w badanym cieku byłoby artefaktem.

Za konkretny przykład tego typu możliwości mogą posłużyć badania Skrwy Prawej prowadzone w latach 2002–2003 (Marszał i inni 2004) i 2010–2011 (Jażdżewski i inni 2012), jak i Słupi (Dębowski i inni 2013). Okazuje się, że analizując zmiany w rozmieszczeniu gatunków w całym systemie rzeczonym (Rys. 1) podczas drugiego okresu badań większość gatunków była stwierdzona na innych stanowiskach niż w pierwszym terminie. Gdyby badania dotyczące stanu populacji, np. sandacza (*Sander lucioperca*) w Skrwie Prawej, czy jazgarza (*Gymnocephalus cernua*) w Słupi, ograniczyć tylko do stanowisk wyznaczonych na podstawie obecności tych gatunków podczas pierwszego monitoringu, to mogłoby się okazać, że po dziesięciu latach nie potwierdzono by występowania tych gatunków w badanych rzekach (Rys. 1). Taki wynik byłby, w oczywisty sposób, podstawą do wysunięcia błędnego wniosku o zaniku gatunków. Tymczasem, analizując zmiany w rozmieszczeniu sandacza (Rys. 1a) i jazgarza (Rys. 1b) w tych systemach rzecznych można stwierdzić, że wielkość ich arealów nie zmieniła się, ale gatunki zostały stwierdzone na innych stanowiskach, czyli nastąpiła całkowita wymiana stanowisk (IWSu = 100%). Podobną sytuację w systemie rzeczonym Skrwy Prawej możemy odnotować dla świnki (*Chondrostoma nasus*), leszcza (*Abramis brama*), bolenia (*Aspius aspius*) i kozy złotawej (*Sabanejewia baltica*) oraz dla lina (*Tinca tinca*), karasia srebrzystego (*Carassius gibelio*), wzdręgi (*Scardinius erythrophthalmus*) i uklei (*Alburnus alburnus*) w systemie Słupi (Rys. 1). Tak więc, prawidłowa ocena zmian w ichtiofaunie możliwa jest dzięki monitoringowi ichtiofauny całego systemu rzecznego.

Celem monitoringu ichtiofauny jest również ustalenie listy gatunków zagrożonych oraz przyczyn ich zagrożenia. Gatunki zagrożone to rzadkie gatunki, ale nie wszystkie gatunki rzadkie są równocześnie zagrożone. Zwykle w takich badaniach zwraca się uwagę na gatunki objęte ochroną prawną, która sugeruje, że są to gatunki zagrożone. Przykładami przeczącymi tej regule mogą być śliz (*Barbatula barbatula*) i koza (*Cobitis taenia*), objęte co prawda ochroną (Kotusz 1996), ale występujące powszechnie w wodach Polski i klasyfikowane jako gatunki najmniejszej troski (LC) (Witkowski i inni 2009). Przykładem odwrotnej sytuacji może być świnka (*Chondrostoma nasus*), zaklasyfikowana do kategorii gatunków zagrożonych (EN) (Witkowski i inni 2009), ale do tej pory nie objęta ochroną gatunkową, a wobec tego podlegająca eksploatacji wędkarskiej. Dzięki monitoringowi ichtiofauny systemu rzeki Pilicy potwierdzono, że świnka jest rybą zanikającą w Polsce centralnej (Marszał i Przybylski 1996, Penczak i Kruk 2000).

Interpretacja wyników badań monitoringowych

Do oceny stanu populacji gatunków ryb i minogów wymienionych w załącznikach: II., IV. i V. Dyrektywy Siedliskowej, przewodnik metodyczny „Monitoring gatunków zwierząt” proponuje trzy wskaźniki (Makomaska-Juchiewicz i Baran 2012):

– względna liczebność (liczba osobników danego gatunku na 1 m² powierzchni połowu);

– struktura wiekowa (rozkład wielkości osobników w próbie, bierze pod uwagę procentowy udział osobników dojrzałych płciowo, obecność osobników młodocianych przed osiągnięciem dojrzałości płciowej oraz obecność narybku pod koniec pierwszego roku życia);

– udział w zespole ryb (wskaźnik opcjonalny, wyrażony procentowym udziałem liczby osobników danego gatunku w całkowitej liczbie ryb złowionych na stanowisku połowu).

Trzeci wskaźnik, uznawany za opcjonalny, ma duże znaczenie przy interpretacji wyników badań monitoringowych. Określenie udziału poszczególnych gatunków (dominacji) w zespole ichtiofauny badanego cieku pozwala stwierdzić zmiany w strukturze zespołu i jest podstawą do określenia rzadkości gatunków (Marszał i Przybylski 1996).

3. ANALIZA RZADKOŚCI

Aby móc uchwycić i poprawnie interpretować zmiany w składzie ichtiofauny, jakie zaszły w interwale czasowym między badaniami, pomocnym narzędziem wydaje się być analiza rzadkości, czyli ustalenie listy gatunków rzadkich (Marszał i Przybylski 1996, Przybylski i inni 2004, Jażdżewski i inni 2012, Rachalewska i inni 2013b). W tej analizie, na podstawie badań nad ichtiofauną systemu rzecznoego, gatunki zostają

zaklasyfikowane do jednej z siedmiu kategorii rzadkości w oparciu o trzy kryteria: wielkość arealów (szerokie, wąskie), wielkość lokalnych populacji (duże, małe) oraz specjalizację siedliskową (Rabinowitz 1981, Rabinowitz i inni 1986). W efekcie dychotomicznego podziału każdego z kryteriów powstaje siedem kategorii rzadkości oraz kategoria obejmująca gatunki o szerokim areale występowania, tworzące duże lokalne populacje i niewyspecjalizowane pod względem siedliskowym. Wypełnienie kryteriów rzadkości może być dokonane w następujący sposób:

1. Gatunki których stałość występowania w systemie rzeczonym jest mniejsza niż 35% są gatunkami o wąskich arealach.

2. Gatunki tworzące małe lokalne populacje, stanowią 65% prawej części log-normalnego rozkładu liczebności gatunków w zespole. Zgodność empirycznego rozkładu liczebności gatunków w zespole z uciętym rozkładem log-normalnym może być sprawdzona z użyciem, np. testu Kołmogorowa-Smirnowa (Magurran 2004).

3. Preferencje siedliskowe ichtiofauny mogą być przyjęte zgodnie z podziałem zaproponowanym przez Schiemera i Waidbachera (1992).

Ustalenie kategorii rzadkości gatunków na poszczególnych etapach monitoringu ichtiofauny danego systemu rzeczowego pozwala na analizę zmian zaliczenia gatunków do poszczególnych kategorii tej klasyfikacji, co może być podstawą ustalenia statusu zagrożenia tych gatunków. W przypadku badań ichtiofaunistycznych, analiza rzadkości, chociaż nie nastęrcza trudności metodycznych, wykonywana jest rzadko. Porównanie zmian w przynależności gatunków do poszczególnych kategorii rzadkości praktycznie przeprowadzone zostało tylko dla jednego systemu rzeczowego, Skrwy Prawej (Jażdżewski i inni 2012).

4. DYSKUSJA

Dzięki prowadzonym w okresie ostatnich 25 lat badaniom, ichtiofauna niemal wszystkich rzek w Polsce została dosyć dobrze poznana (Witkowski i Kotusz 2008). W dodatku kilka całych systemów rzeczowych zostało przebadanych więcej niż raz (a kilkanaście cieków wielokrotnie), m.in.: Bzura, Czarna Orawa, Gwda, Ner, Pilica, Słupia, Skrwa Prawa (Penczak i inni 2006, 2007, 2008, 2010, 2012, Jażdżewski i inni 2012, Dębowski i inni 2013, Augustyn i Nowak 2014a i b), co może stanowić wstęp do objęcia ich stałym monitoringiem. Prowadzenie takich badań jest niezwykle ważne, nie tylko ze względu na możliwość oceny stanu ichtiofauny, ale również może być pomocne w monitorowaniu zanieczyszczenia wód czy ocenie wyników zarybiania. Znajduje ono również zastosowanie w badaniach dotyczących wędrówek ryb, sukcesu rozrodczego, zmian w składzie diety, rozprzestrzeniania się gatunków rodzimych, a także gatunków introdukowanych (Penczak 2008, Głowacki i Penczak 2013).

Dotychczas jednak monitoringiem (rozumianym jako cykliczne badania ichtiofauny) objętych zostało stosunkowo niewiele dorzeczy. Toteż, pomimo dobrego poznania ichtiofauny polskich rzek, w większości nieznane jest tempo i kierunek jej przemian oraz skuteczność stosowanych działań ochronnych (Jażdżewski i inni 2012). Pewnym wyjątkiem jest dorzecze Pilicy, dla którego podsumowanie zmian w strukturze ichtiofauny przedstawili Głowacki i Penczak (2013). Gromadzenie i powiększanie danych na temat stanu polskiej ichtiofauny jest niezwykle wartościowe dla naukowców, decydentów, a także dla wszystkich osób zajmujących się czy to zarobkowo, czy też hobbystycznie rybami. Prowadzenie badań nad ichtiofauną systemów rzecznych powinno być w gestii użytkownika wód, stąd nie do przecenienia jest rola Polskiego Związku Wędkarskiego w finansowaniu tych badań.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy publikacji pragną bardzo podziękować Łukaszowi Głowackiemu za korektę tekstów anglojęzycznych oraz sugestie dotyczące innych elementów pracy.

5. SUMMARY

Environmental monitoring consists of regular, cyclic measurements and observations of ecosystems and their various components, i.e., species and their populations. Continuous monitoring of fish fauna is extraordinarily important, because freshwater fish species are considered the most dynamic part of the riverine fauna. Many factors are responsible for this dynamism. Observation of changes in the ichthyofauna can only be based on field research, repeated throughout the riverine system, and also based on an appropriate number of sampling sites, showing the diversity of habitats throughout the whole river basin.

So far, monitoring of ichthyofauna in Poland has covered only the Pilica River system, where surveys of fish fauna have been repeated several times, and a small number of other systems, where the studies of fish fauna have been repeated at least twice (Table 1). The correct assessment of changes in the fish fauna may be difficult. There is a high risk that some species (particularly rare) that are encountered in given sampling sites during the first sampling will have moved to a different area of the river, not covered by the monitoring program, by the time of the second sampling. In such a case, the recording of the absence of a species in the examined watercourse will be considered as an artifact.

A good example can be the research of the Skrwa Prawa River conducted in 2002–2003 and 2010–2011 (as well as of the Słupia River). It turns out that during the second monitoring survey a majority of species

were found in different sites than in the first survey there (Fig. 1). Consequently, if, while considering changes in the distribution of species in the entire riverine system between the surveys, the analysis had relied exclusively on fish data from the same sites as those sampled during the first survey, a wrong conclusion, i.e. disappearance of some species, would have been drawn. Thus, a correct assessment of changes in the fish fauna is possible only owing to the monitoring of ichthyofauna in the whole riverine system.

In order to interpret correctly changes in the composition of ichthyofauna, analysis of rarity seems to be a helpful tool. In this analysis, species are classified into one of seven categories of rarity based on three criteria: the distribution area (wide or narrow), the size of the local population (large or small) and the habitat specialization. Determination of a species' category allows a researcher to analyze changes in the affinity of given fish species to given groups of this categorization throughout time, which can be a basis for determining the degree of risk for given species.

Despite the good knowledge of the ichthyofauna of Polish rivers, a relatively small number of river basins have been covered by monitoring (understood as cyclical surveys of ichthyofauna). Therefore, in a low number of Polish basins the pace and direction of changes in the fish fauna and the effectiveness of conservation measures are already known.

6. LITERATURA

- Adamczyk M., Buras P., Wiśniewolski W. 2013. Możliwości zastosowania europejskiego wskaźnika ichtiologicznego (EFI+) do oceny stanu ekologicznego rzek Polski. *Rocz. Nauk. PZW*, 26, 21–51.
- Augustyn L., Nowak M. 2014a. Ichtyofauna polskiej części dorzecza Czarnej Orawy. *Rocz. Nauk. PZW*, 27, 51–78.
- Augustyn L., Nowak M. 2014b. Długoterminowe zmiany dominacji zespołów ichtiofauny w polskiej części dorzecza Czarnej Orawy. *Rocz. Nauk. PZW*, 27, 79–101.
- Backiel T., Penczak T. 1989. The fish and fisheries in the Vistula River and its tributary, the Pilica River. (W: *Proceedings of the International Large River Symposium*. Red. D.P. Dodge). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106, 488–503.
- Baras E., Lucas M.C. 2001. Impacts of man's modifications of river hydrology on the migration of freshwater fishes: a mechanistic perspective. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 1, 291–304.
- Błachuta J. 2001. Potrzeby monitoringu ichtiofauny w świetle Dyrektywy wodnej Unii Europejskiej. *Rocz. Nauk. PZW*, 14 / Suplement, 39–43.
- Błachuta J., Witkowski A. 1997. Problemy gospodarki wędkarskiej w rzekach. ss. 11–28 (W: *Wędkarstwo w ochronie wód i rybostanów*. Red. T. Backiel). Wydawnictwo PZW, Warszawa.
- Błachuta J., Witkowski A., Kuszniarz J. 1993. Ichtyofauna dorzecza Bobru. *Acta Univ. Wratisl. Prace Zoolog.*, 26, 133–187.

- Buras P., Woźniewski M., Szlakowski J., Wiśniewolski W. 2001. Ryby systemu Nidy – stan aktualny, zagrożenia i możliwości ochrony. Roczn. Nauk. PZW, 14 / Suplement, 213–233.
- Carlson S.M., Edeline E., Vøllestad L.A., Haugen T.O., Winfield I.J., Fletcher J.M., James J.B., Stenseth N.C. 2007. Four decades of opposing natural and human-induced artificial selection acting on Windermere pike (*Esox lucius*). Ecology Letters, 10, 512–521.
- Cieplucha M., Kruk A., Zięba G., Marszał L., Tszydel M., Tybulczuk S., Rachalewska D., Pietraszewski D., Janic B., Galicka W. 2014. Ichtiofauna rzeki Warty. Roczn. Nauk. PZW, 27, 147–184.
- Cowx I.G. 2002. Analysis of threats to freshwater fish conservation: past and present challenges. ss. 201–220 (W: Conservation of freshwater Fishes: Option for the Future. Red. Collares-Pereira M.J., Coelho M.M., Cowx I.G.). Fishing news Books, Blackwell, London.
- Danilkiewicz Z. 1994. Ryby (Pisces) rzek Roztocza. Fragm. Faun., 37, 367–388.
- Dębowski P., Radtke G., Miller M., Grochowski A. 2000. Ichtiofauna dorzecza Słupi. Roczn. Nauk. PZW, 13, 109–136.
- Dębowski P., Radtke G., Miller M., Bernaś R., Skóra M. 2013. Zmiany w ichtiofaunie dorzecza Słupi w okresie od 1998 do 2009 roku. Roczn. Nauk. PZW, 26, 65–97.
- Grabowska J., Marszał L., Janic B., Pietraszewski D., Rachalewska D., Zięba G., Tybulczuk S. 2014. Monitoring ichtiofauny systemu rzecznej Liswarty: kontynuacja w latach 2012–2013. Roczn. Nauk. PZW, 27, 23–50.
- Głowacki Ł.B., Penczak T. 2013. Drivers of fish diversity, homogenization/differentiation, and species range expansions at the watershed scale. Divers. Distrib., 19, 907–918.
- Harrison S. 1991. Local extinction in a metapopulation context: an empirical evaluation. Biol. J. Linn. Soc., 42, 73–88.
- Hillbricht-Ilkowska A. 1998. Różnorodność biologiczna siedlisk słodkowodnych. Problemy, potrzeby, działania. Idee Ekologiczne (Poznań), 13, ser. Szkice 7, 13–54.
- Hoľčík J., Mišik V., Bastl I., Kirka A. 1965. Ichthyological investigation of the Carpathian mountains. 3. Fishes of the Orava valley reservoir and its tributaries. Ac. Rer. Natur. Mus. Nat. Slov. Bratislava, 11, 93–139.
- Jakubowski H., Mann R.H.K., Penczak T. 1988. Zmiany w rybostanie rzeki Widawki od 1963 do 1982 roku. Acta Univ. Lodz., Folia limnol., 3, 67–83.
- Jaskowski J. 1962. Materiały do znajomości ichtiofauny Warty i jej dopływów. Fragm. Faun., 28, 449–500.
- Jażdżewski M., Błońska D., Marszał L., Przybylski M., Janic B., Pietraszewski D., Tybulczuk S., Zieliński P., Grabowska J., Zięba G. 2012. Monitoring ichtiofauny systemu rzecznej Skrzy Prawej: kontynuacja w latach 2010–2011. Roczn. Nauk. PZW, 25, 5–29.
- Kostrzewa J., Penczak T. 2002. Stan ichtiofauny dorzecza Neru i perspektywy jej restytucji. ss. 100–102 (W: Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w roku 2001). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Łódź.
- Kostrzewa J., Penczak T., Koszaliński H., Marszał L., Kruk A., Tłoczek K. 2001. Ichtiofauna dorzecza Liswarty. Roczn. Nauk. PZW, 14, 19–38.

- Koszaliński H., Penczak T., Galicka W., Lobon-Cervia L., Jakucewicz H. 1989. Ichtiofauna dorzecza Gwdy. Roczn. Nauk. PZW, 2, 71–99.
- Kotusz J. 1996. Ochrona gatunkowa piskorzowców (*Cobitoidea*, *Cypriniformes*) w Polsce na tle ich występowania i statusu w innych krajach Europy. Zool. Pol., 41 / Suplement, 147–155.
- Kotusz J., Kuszniarz J., Popiołek M., Witkowski A. 2009. Ichtiofauna systemu rzecznoego Nysy Kłodzkiej. Roczn. Nauk. PZW, 22, 5–58.
- Kruk A., Penczak T., Galicka W., Koszaliński H., Tłoczek K., Kostrzewa J., Marszał L. 2000. Ichtiofauna rzeki Warty. Roczn. Nauk. PZW, 13, 35–67.
- Kruk A., Penczak T., Przybylski M. 2001. Wieloletnie zmiany w ichtiofaunie górnego biegu Warty. Roczn. Nauk. PZW, 14 / Suplement, 189–211.
- Kruk A., Penczak T. 2003. Impoundment impact on populations of facultative riverine fish. Int. J. Limnol. 39, 197–210.
- Kruk A., Penczak T., Zięba G., Koszaliński H., Maszał L., Tybulczuk S., Galicka W. 2006. Ichtiofauna systemu Widawki. Część I. Widawka. Roczn. Nauk. PZW, 19, 85–101.
- Kruk A., Penczak T., Zięba G., Maszał L., Koszaliński H., Tybulczuk S., Grabowska J., Ciepłucha M., Galicka W. 2009. Ichtiofauna systemu Widawki. Część II. Dopływy. Roczn. Nauk. PZW, 22, 59–86.
- Kukuła K. 1999. Ichthyofauna of the upper San drainage basin. Arch. Ryb. Pol. 7, 307–319.
- Kukuła K. 2006. Perch, *Perca fluviatilis* L. migrations in the drainage area of the mountainous Solina Dam Reservoir, Poland. Supplementa ad Acta Hydrobiologica, 8, 55–63.
- Law R. 1991. Fishing in evolutionary waters. New Scientist, 129, 35–37.
- Magurran A.E. 2004. Measuring of Biological Diversity. Blackwell, London, ss. 256.
- Makomaska-Juchiewicz M., Baran P. 2012. Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny. Część trzecia. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, ss. 749.
- Marszał L., Przybylski M. 1996. Zagrożone i rzadkie ryby Polski Środkowej. Zool. Pol., 41 / Suplement, 67–72.
- Marszał L., Zięba G., Przybylski M., Grabowska J., Kaczkowski Z. 2004. Monitoring ichtiofauny systemu rzecznoego Skrzy Prowej. Roczn. Nauk. PZW, 17, 77–98.
- Penczak T. 1967. Biologiczne i techniczne podstawy połowu ryb stałym prądem elektrycznym. Przegl. Zool., 11, 114–131.
- Penczak T. 1968a. Ichtiofauna rzek Wyżyny Łódzkiej i terenów przyległych. Część I a. Hydrografia i rybostan Bzury i dopływów. Acta Hydrobiol., 10, 471–497.
- Penczak T. 1968b. Ichtiofauna rzek Wyżyny Łódzkiej i terenów przyległych. Część I b. Hydrografia i rybostan Pilicy i jej dopływów. Acta Hydrobiol., 10, 499–524.
- Penczak T. 1969. Ichtiofauna rzek Wyżyny Łódzkiej i terenów przyległych. Część I c. Hydrografia i rybostan Warty i dopływów. Acta Hydrobiol., 11, 69–118.
- Penczak T. 1971. Materiały do znajomości ichtiofauny dorzecza Nidy. Zesz. Nauk. Uniw. Łódz. Ser. 2, 44, 53–84.
- Penczak T. 1975. Ichthyofauna of the catchment area of the River Ner and perspectives of its restitution in connection with the erection of a collective sewage treatment plant for the Agglomeration of the City of Łódź. Acta Hydrobiol., 17, 1–20.

- Penczak T. 1988. Ichti fauna dorzecza Pilicy. Część I. Przed utworzeniem zbiornika. Roczn. Nauk. PZW, 1, 23–59.
- Penczak T. 1989. Ichti fauna dorzecza Pilicy. Część II. Po utworzeniu zbiornika. Roczn. Nauk. PZW, 2, 116–186.
- Penczak T. 2008. Znaczenie monitoringu w badaniach ichtiofauny rzek dla potrzeb racjonalnej gospodarki rybacko-wędkarskiej. Użytkownik Rybacki – Nowa Rzeczywistość, PZW, 53–59.
- Penczak T., Kruk A. 2000. Threatened obligatory riverine fishes in human-modified Polish rivers. Ecol. Fresh. Fish., 9, 109–117.
- Penczak T., Koszaliński H., Galicka W. 1992. Wpływ regulacji i zanieczyszczenia wody na populacje ryb w Gwdzie i jej dopływach. Roczn. Nauk. PZW, 5, 173–181.
- Penczak T., Zaczyński A., Marszał L., Koszaliński H. 1995. Monitoring ichtiofauny dorzecza Pilicy. Część I. Dopływy. Roczn. Nauk. PZW, 8, 5–52.
- Penczak T., Marszał L., Kruk A., Koszaliński H., Kostrzewa J., Zaczyński A. 1996. Monitoring ichtiofauny dorzecza Pilicy. Część II. Pilica. Roczn. Nauk. PZW, 9, 91–104.
- Penczak T., Kruk A., Koszaliński H., Marszał L., Kostrzewa J. 1998. Monitoring ichtiofauny dorzecza Gwdy. Roczn. Nauk. PZW, 11, 5–28.
- Penczak T., Koszaliński H., Kruk A. 2000a. Gatunki reofilne w Noteci i Bzurze – rzekach różniących się zdegradowaniem siedlisk. ss. 45–53 (W: Karpio wate ryby reofilne. Red. Jakucewicz H., Wojda R. II Krajowa Konferencja Hodowców i Producentów Karpio watech Ryb Reofilnych Brwinów 2–4 lutego 2000). Wydawnictwo PZW, Warszawa.
- Penczak T., Kruk A., Koszaliński H., Zięba G. 2000b. Ichti fauna rzeki Bzury. Roczn. Nauk. PZW, 13, 23–33.
- Penczak T., Kruk A., Kostrzewa J., Zięba G., Koszaliński H., Marszał L., Tybulczuk S. 2003. Ichti fauna systemu rzeki Proсны. Część I. Proсна. Roczn. Nauk. PZW, 16, 65–78.
- Penczak T., Kruk A., Marszał L., Zięba G., Kostrzewa J., Koszaliński H., Tybulczuk S. 2004. Ichti fauna systemu rzeki Proсны. Część II. Dopływy Proсны. Roczn. Nauk. PZW, 17, 55–76.
- Penczak T., Kruk A., Zięba G., Marszał L., Koszaliński H., Tybulczuk S., Galicka W. 2006. Ichti fauna dorzecza Pilicy w piątej dekadzie badań. Część 1. Pilica. Roczn. Nauk. PZW, 19, 103–122.
- Penczak T., Galicka W., Kruk A., Zięba G., Marszał L., Koszaliński H., Tybulczuk S. 2007. Ichti fauna dorzecza Pilicy w piątej dekadzie badań. Część 2. Dopływy. Roczn. Nauk. PZW, 20, 35–81.
- Penczak T., Kruk A., Marszał L., Zięba G., Galicka W., Tsydel M., Tybulczuk S., Pietraszewski D. 2008. Monitoring ichtiofauny systemu rzeki Gwdy – trzecia dekada badań. Roczn. Nauk. PZW, 21, 61–89.
- Penczak T., Kruk A., Grabowska J., Śliwińska A., Koszaliński H., Zięba G., Tybulczuk S., Galicka W., Marszał L. 2010. Wpływ stopniowej poprawy jakości wody w rzece Ner na regenerację ichtiofauny. Roczn. Nauk. PZW, 23, 97–118.
- Penczak T., Kruk A., Marszał L., Galicka W., Tybulczuk S., Tsydel M. 2012. Regeneracja ichtiofauny Bzury i Neru po ograniczeniu dopływu zanieczyszczeń przemysłowych. Roczn. Nauk. PZW, 25, 85–93.
- Przybylski M. 1994. Are the fish communities persistent and stable in European rivers? Pol. Arch. Hydrobiol., 41 (3), 365–375.

- Przybylski M. 1997. Monitoring ichtiofauny rzek. ss. 29–40 (W: Wędkarstwo w ochronie wód i rybostanów. Red. T. Backiel). Wydawnictwo PZW, Warszawa.
- Przybylski M., Frankiewicz P., Bańbura J. 1993. Ichtyofauna dorzecza górnej Warty. Rocz. Nauk. PZW, 6, 49–78.
- Przybylski M., Marszał L., Zięba G., Augustyn L. 2002. Monitoring ichtiofauny dorzecza Czarnej Orawy. Rocz. Nauk. PZW, 15, 15–39.
- Przybylski M., Zięba G., Kotusz J., Terlecki J., Kukuła K. 2004. Analiza stanu zagrożenia ichtiofauny wybranych rzek Polski. Arch. Pol. Fish., 12 (Supl. 2), 131–142.
- Rabinowitz D. 1981. Seven forms of rarity. ss. 205–217 (W: The Biological Aspects of Rare Plant Conservation. Red. H. Synge). John Wiley, Chichester.
- Rabinowitz D., Cairns S., Dillon T. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. ss. 182–204. (W: Conservation Biology: the Science Scarcity and Diversity. Red. M.J. Soule). Sinauer, Sunderland, MA.
- Rachalewska D., Grabowska J., Przybylski M., Kobak J. 2013a. Wpływ babki lysej, *Babka gymnotrachelus* (Kessler 1857) na zachowanie głowacza białopłetwego *Cottus gobio* L., 1758. ss. 35 (W: Materiały konferencyjne XX. Ogólnopolskich Warsztatów Bentologicznych, Zakopane, 9–11 maja 2013).
- Rachalewska D., Jażdżewski M., Zięba G., Przybylski M. 2013b. Monitoring ichtiofauny w systemach rzecznych i starorzeczach. ss. 39–50 (W: Stan rybactwa śródlądowego w Polsce. Materiały szkoleniowe, Red. W. Andrzejewski, J. Mazurkiewicz, M. Ferlin). Polskie Towarzystwo Rybackie, Poznań.
- Rechulicz J., Girsztowtt Z., Przybylski M. 2009. Ichtyofauna rzeki Tanew i jej dopływów. Rocz. Nauk. PZW, 22, 119–139.
- Rembiszewski J.M., Rolik M. 1975. Kraglouste i ryby. Katalog Fauny Polski. PWN, Warszawa, ss. 249.
- Rolik H. 1971. Ichtyofauna dorzecza górnego i środkowego Sanu. Fragm. Faun., 21, 559–584.
- Schiemer F., Waidbacher H. 1992. Strategies of conservation of a Danubian fish fauna. ss. 365–382 (W: River Conservation and Management. Red. P.J. Boon, P. Calow, G.E. Petts). John Wiley & Sons Ltd, London.
- Skóra S., Włodek J.M. 1989a. Ichtyofauna dorzecza rzeki Wieprzówki. Rocz. Nauk. PZW, 2, 100–115.
- Skóra S., Włodek J.M. 1989b. Ichtyofauna polskiej części dorzecza Czarnej Orawy. Stud. Ośrod. Dok. Fizjograf., 17, 345–372.
- Spellerberg I.F. 2005. Monitoring Ecological Change. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Szczerbowski J.A. 1972. Fishes in the Łyna River system. Pol. Arch. Hydrobiol., 19, 421–435.
- Terlecki J., Kozłowski J., Dostatni D., Hliwa P., Józsa V., Martyniak A., Przybylski M., Wziątek B. 2004. Ichtyofauna rzeki Łyny oraz Gubra, Dajny i Sajny. Rocz. Nauk. PZW, 17, 35–54.
- Witkowski A. 1979. Ichthyofauna of the upper Nysa Kłodzka River drainage basin. Fragm. Faun. 25, 37–72.
- Witkowski A. 1996. Introduced fish species in Poland: pros and cons. Arch. Pol. Fish., 4, 101–112.
- Witkowski A., Kotusz J. 2008. Stan ichtiofaunistycznych badań inwentaryzacyjnych rzek Polski. Rocz. Nauk. PZW, 21, 23–60.

- Witkowski A., Grabowska J. 2012. The non-indigenous freshwater fishes of Poland: Threats for native ichthyofauna and consequence for fishery: A review. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 42 (2), 77–87.
- Witkowski A., Kotusz J., Kuszniierz J., Błachuta J., Czarny Z. 2000. Monitoring ichtiofauny Kwisy. *Rocz. Nauk. PZW*, 13, 5–22.
- Witkowski A., Kotusz J., Przybylski M. 2009. Stopień zagrożenia słodkiej ichtiofauny Polski: Czerwona lista minogów i ryb – stan 2009. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 65 (I), 33–52.

Deklaracja autorów o udziale w przygotowaniu publikacji:

Wszyscy współautorzy niniejszej publikacji przyczynili się, choć w różnym stopniu, do: A – przygotowania projektu badań i programu pracy, B – zbierania danych i prowadzenia badań; C – przeprowadzenia analizy statystycznej; D – interpretacji wyników; E – opracowania manuskryptu; F – wyszukiwania literatury. Sumaryczny udział poszczególnych współautorów wynosił: MJ – 30%, DR – 30%, GZ – 10%, LM – 10%, MP – 20%. Pomędzy żadnymi współautorami nie istnieje konflikt interesów. Praca nie posiada autorów nieujawnionych.

