

LESZEK AUGUSTYN*¹, MICHAŁ NOWAK²

**DŁUGOTERMINOWE ZMIANY W ICHTIOFAUNIE
POLSKIEJ CZĘŚCI DORZECZA CZARNEJ ORAWY**

LONG-TERM CHANGES OF THE FISH FAUNA
IN THE POLISH PART OF THE CZARNA ORAWA CATCHMENT

¹ Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Nowym Sączu
ul. Inwalidów Wojennych 14, 33-300 Nowy Sącz

² Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,
Katedra Ichtiobiologii i Rybactwa
ul. Prof. T. Spiczakowa 6, 30-198 Kraków

ABSTRACT

Long-term (1962–2011) changes and tendencies in the structure of fish communities in the Czarna Orawa River catchment were determined on the basis of available literature data, and own data collected in 2010–2011. Main factors underlying these changes were identified. Six fish species have become extinct in the Czarna Orawa River catchment over the 50 years. Five of the species are protected by Polish law. The coefficient of fish fauna turnover rate for the catchment was $T = 0.2$ for the recent 50 years.

Key words: Danube basin, fish assemblages, historical data, ichthyofauna monitoring, long-term study.

* Autor do korespondencji: leszek.augustyn@pzwns.info.pl

1. WSTĘP

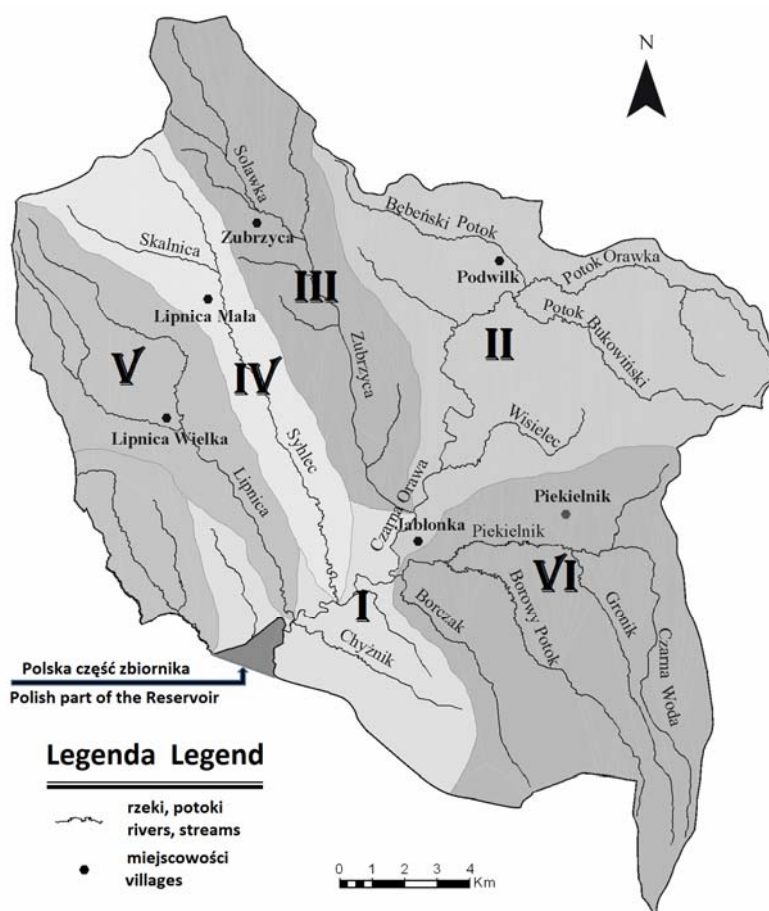
Fauna ryb w niezakłóconym naturalnym środowisku wodnym charakteryzuje się równocześnie stabilnością i lokalną zmiennością, co oznacza, że chociaż liczebność ulega pewnym zmianom, to zmienność ta zachodzi wokół określonego zrównoważonego zagęszczenia, optymalnego w danym punkcie rzeczno-kontynuuum (Matthews i inni 1988, Grant i Kramer 1990, Anderson i inni 1995). Zmiany te mogą występować regularnie, o stałych amplitudach i okresach (oscylacje) lub nieregularnie, o zmiennych przedziałach czasowych i natężeniu (fluktuacje). Oscylacje powodowane są głównie przez czynniki biotyczne (konkurencja i drapieżnictwo), natomiast fluktuacje – przez czynniki abiotyczne, powodujące fizyczne zmiany siedlisk (Grossman 1982, Grossman i Freeman 1987). Głównym mechanizmem powodującym zmiany regulacji struktury zespołu ryb jest interaktywna segregacja (Freeman i inni 1988), rozumiana jako zdolność do wzajemnego oddziaływania komunikujących się ze sobą różnogatunkowych organizmów zajmujących oddzielne, wydzielone przestrzenie w ramach danego siedliska (nisze), izolującego osobniki w tej przestrzeni (Gorman i Karr 1978, Moyle i Vondraček 1985). Mechanizm ten powodowany jest głównie przez zmiany przepływu wód i materii organicznej, jej jakości fizyko-chemicznej, granulometrii osadów i termiki (Poff i Allan 1995). Czynniki zaburzające stabilność układów biotycznych mają najczęściej podłoże antropogenne. Do najbardziej drastycznych zalicza się: przegradzanie rzek i wynikającą z nich fragmentację siedlisk przez jazy, tamy, stopnie wodne, dewastacja ekotonów poprzez regulacje i umocnienia brzegów, zaburzenia reżimu poprzez pobór wody dla rolnictwa (nawodnienia), przemysłu i do zaopatrzenia ludności, zanieczyszczenia punktowe przez ścieki i obszarowe spływy rolnicze, introdukcję gatunków obcych, w tym inwazyjnych (Penczak i inni 1998, Penczak 2001, 2004, Głowacki i Penczak 2000, Penczak i Gomes 2000, Baras i Lucas 2001, Penczak i Kruk 2000, 2005, Kruk 2006, Penczak i inni 2012).

W celu identyfikacji genezy zmian strukturalnych ichtiofauny krótkotrwały monitoring jest niewystarczający (Quinn i Kwak 2003). Konieczne są badania w długich skalach czasowych (Gido i inni 2000 – 43 lata, Hughes i Gammon 1987 – 38 lat, Kruk 2006, Kruk i Penczak 2000, Penczak i Kruk 2000, 2005 – 35 lat, Anderson i inni 1995 – 33 lata, Říha i inni 2009 – 21 lat).

Niniejsze opracowanie stanowi próbę oceny wpływu powyższych czynników na populacje i zespoły ryb dorzecza Czarnej Orawy. W tym celu wykorzystano rezultaty badań własnych oraz opracowania innych autorów będące rezultatami podobnych badań tego dorzecza, które wykonane zostały w okresie ostatnich 50 lat.

2. TEREN BADAŃ

Rzeka Czarna Orawa jest największym obszarem zlewiska Morza Czarnego na terytorium Polski. Długość polskiego odcinka rzeki wynosi 31,75 km, a powierzchnia zlewni tego odcinka 358,4 km² (Augustyn i Nowak 2014). Opracowanie ilościowych i jakościowych zmian w ichtiofaunie wykonano w granicach podziału na jednolite części wód powierzchniowych (Minister Środowiska 2008) (Rys. 1):



Rys. 1. Podział polskiej części dorzecza Czarnej Orawy na jednolite części wód: I – Rzeka Czarna Orawa (dolny bieg), II – Potok Orawka (włączając górny bieg Czarnej Orawy), III – Potok Zubrzyca, IV – Potok Syhleć, V – Potok Lipnica, VI – Potok Piekiełnik.

Fig. 1. Division of the Polish part of the Czarna Orawa catchment into uniform parts: I – Czarna Orawa River (lower course), II – Orawka Stream (including the upper course of the Czarna Orawa River), III – Zubrzyca Stream, IV – Syhleć Stream, V – Lipnica Stream, VI – Piekiełnik Stream.

– Potok Orawka (PLRW120012822219) – stanowi źródłowy odcinek rzeki Czarnej Orawy od źródeł na stokach Żeleźnicy (915 m n.p.m.) w paśmie Beskidu Orawsko-Podhalańskiego (Augustyn i Nowak 2014). Potok jest nieuregulowany, a koryto ma naturalne, wcięte w głębokim jarze. Dno jest skaliste, z niewielkimi progami przecinającymi je w poprzek. W niniejszym studium określenie „Potok Orawka” oznacza jednak nie tylko sam potok, ale również część Rzeki Czarnej Orawy do ujścia Potoku Zubrzyca; mają one razem długość 24,55 km.

– Rzeka Czarna Orawa (PLRW120014822279) – odcinek od Zubrzycy do ujścia do Zbiornika Orawskiego (Vodná Oravská Nádrž) – o długości 7,2 km i spadku $1,16 \text{ m}\cdot\text{km}^{-1}$. Koryto naturalne, brzegi przeważnie płaskie, tylko fragmentami – gdy rzeka wcina się głębiej – są wyższe, obrywane i podmywane przez wodę, a formujące się w zakolach kamieńce – porośnięte wikliną. Zbiornik Orawski, o powierzchni 3,5 tys. ha, powstał po przegrodzeniu doliny rzeki Orawy we wsi Ústie zaporą ziemną o wysokości 28 m, położoną ok. 100 m poniżej połączenia Białej i Czarnej Orawy na terytorium Republiki Słowacji. Tylko podczas maksymalnego jego napełnienia w okresie od kwietnia do maja fragment zbiornika między Potokami Krywań i Jeleśnia, o powierzchni ok. 400 ha, znajduje się na terytorium Polski. Napełnianie zbiornika Orawskiego rozpoczęto w 1953 r. W 1954 r. zbiornik został całkowicie spuszczonej i od nowa napełniony (Hnatewič 1956).

– Potok Zubrzyca (PLRW120012822229) – prawobrzeżny dopływ o długości 16,5 km i spadku $41,15 \text{ m}\cdot\text{km}^{-1}$. Źródła potoku znajdują się na południowo-wschodnim stoku Babiej Góry (o wysokości 1725 m n.p.m.). Potok jest niemal w całości uregulowany betonowymi stopniami i progami: znajduje się tam 36 przegród (stopni) o wysokości 0,8–1,2 m oraz 32 betonowe progi o wysokości 0,2–0,5 m.

– Potok Piekielnik (PLRW120012822249) – lewobrzeżny dopływ o długości 19,7 km i spadku $2,76 \text{ m}\cdot\text{km}^{-1}$, odwadniający Torfowiska Orawsko-Nowotarskie. Piekielnik płynie wśród torfowisk, koryto naturalne, niezabudowane, dno piaszczysto-muliste.

– Potok Syhleć (PLRW120012822269) – prawobrzeżny dopływ o długości 17,3 km i spadku $34,6 \text{ m}\cdot\text{km}^{-1}$. Źródła potoku znajdują się na południowym stoku Babiej Góry. W odległości 3,2 km od ujścia znajduje się betonowa zaporą o wysokości piętrzenia 2,2 m. Powyżej i poniżej zapory potok płynie naturalnym korytem.

– Potok Lipnica (PLRW1200128222729) – prawobrzeżny dopływ o długości 16,3 km i spadku $41,1 \text{ m}\cdot\text{km}^{-1}$, odwadniający południowe stoki Babiej Góry. W odległości 1,6 km od ujścia znajduje się zaporą betonowa, szczelinowa, o wysokości 3,5 m, całkowicie uniemożliwiająca migracje ryb. Koryto naturalne żwirowe z piaszczystymi wychodniami skalnymi, poniżej zapory żwirowo-piaszczyste, w części ujściowej miejscami muliste.

3. MATERIAŁ I METODY

Analiza zmian w ichtiofaunie Czarnej Orawy została oparta na danych wyjściowych dotyczących rozmieszczenia minogów i ryb pochodzących z badań przeprowadzonych w polskiej części dorzecza w latach: 1962 przez Holčika i innych (1965), w 1977–1982 przez Skórę i Włodka (1989), w 2000–2001 przez Przybylskiego i innych (2002), oraz badań przeprowadzonych w kwietniu i maju 2010 r., dodatkowo uzupełnionych w 2011 r., opisanych w poprzedniej pracy dotyczącej ichtiofauny Czarnej Orawy (Augustyn i Nowak 2014).

Dla każdego stwierdzonego gatunku wyliczono wskaźnik dominacji ($D = 100n_n \cdot n_t^{-1}$), określający procentowy udział gatunku (n_n) w stosunku do wszystkich złowionych osobników (n_t), przyjmując dla dominacji zwykłej gatunku wskaźnik: $10,0 < D < 25,0$ i dominacji przewodniej: $D > 25,0$ (Kolder i inni 1974).

Zmiany strukturalne zespołów ryb zbadano testami statystycznymi: Wilcoxon – dla porównania zmian zespołów między poszczególnymi okresami badań i McNemary – przy porównywaniu zmian dominacji poszczególnych gatunków ryb (Motulsky 2010). Zmiany w składzie ichtiofauny analizowano wyliczając indeks wymiany fauny (Diamond i May 1977), definiowany jako:

$$T = \frac{k + e}{S_1 + S_2},$$

gdzie:

k – liczba gatunków nowo stwierdzonych,

e – liczba gatunków ponownie nie stwierdzonych,

S_1, S_2 – liczby gatunków w poprzednich (1) i obecnych (2) badaniach.

W celu oceny zróżnicowania zespołów ryb w poszczególnych okresach badań zastosowano podstawowe wskaźniki biocenotyczne (Allan 1998, Krebs 2001, Lampert i Sommer 2001):

– wskaźnik różnorodności Shanonna-Wienera (H'):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i (\log_2 p_i),$$

gdzie:

p_i – oznacza udział i -tego gatunku w zespole złożonym z S gatunków.

– wskaźnik równomierności Shanonna-Wienera (E):

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}},$$

gdzie:

$$H'_{\max} = \log_2 S,$$

- wskaźnik bogactwa gatunkowego Hurlberta (PIE):

$$PIE = \frac{S}{S+1} \left[1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2 \right].$$

Porównano również wskaźnik występowania gatunków zagrożonych (I_{EN}):

$$I_{EN} = \sum_{i=1}^S \log_2 F_{EN},$$

gdzie:

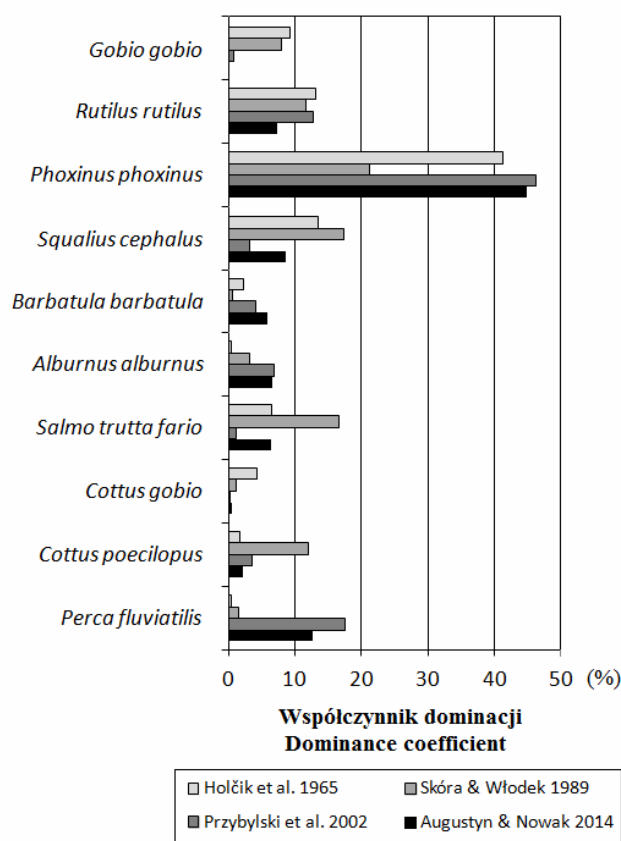
F_{EN} - współczynnik stopnia ochrony dostosowany do listy gatunków zagrożonych (Witkowski i inni 2009), przyjmując: EX - 7, EW - 6, CR - 5, EN - 4, VU - 3, NT - 2, CD - 1, LC - 0.

4. ZMIANY DOMINACJI W ZESPOŁACH RYB

W 1962 r. w badaniach zespołu Holčika (Holčik i inni 1965) dominację przewodnią wykazywała strzebla potokowa - *Phoxinus phoxinus* (w dorzeczu całej Czarnej Orawy stanowiła 41,2% ogółu odłowionych ryb) (Rys. 2). Dominacja tego gatunku uwidaczniała się szczególnie w potokach: Orawka - 45,9%, Zubrzyca - 45,3% i Lipnica - 44,0%. W rzece Czarna Orawa dominację przewodnie tworzył kiełb - *Gobio gobio* (25,6%) i płoć - *Rutilus rutilus* (25,4%). Płoć dominowała również w Potoku Piekienik (25,8%). W Potoku Zubrzyca dominację przewodnią utworzył pstrąg potokowy - *Salmo trutta* m. *fario* (36,3%), natomiast w Potokach Lipnica i Piekienik dodatkowo kleń - *Squalius cephalus* (odpowiednio: 26,2% i 25,5%), (Rys. 3).

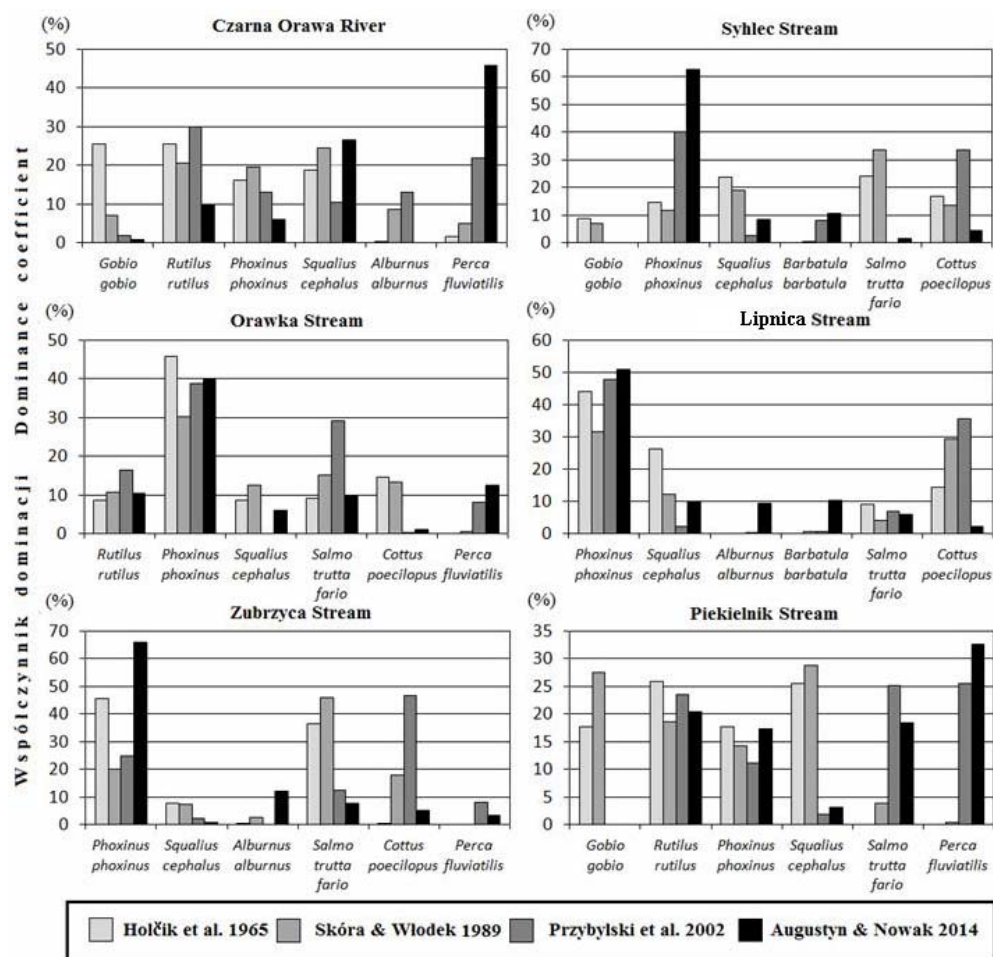
W badaniach z lat 1979-1982 (Skóra i Włodek 1989) w całym dorzeczu dominacji przewodniej nie stwierdzono, a zwykle dominację tworzyły: strzebla potokowa (21,2%), kleń (17,3%), pstrąg potokowy (16,7%), głowacz pręgopłetwy - *Cottus poecilopus* (12,1%) i płoć (11,6%) (Rys. 2). W dopływach dominację przewodnie tworzyły: strzebla potokowa w Orawce (30,2%) i Lipnicy (31,5%), pstrąg potokowy w Zubrzycy i Syhlcu (odpowiednio: 45,7% i 33,6%), głowacz pręgopłetwy w Lipnicy (30,3%) oraz kleń i kiełb w Piekieniku (odpowiednio: 28,8% i 27,4%) (Rys. 3). Zmiany w strukturze dominacji zespołów ryb w porównaniu do badań Holčika i innych (1965) były statystycznie istotne (test Wilcoxon: $P < 0,001$). Szczególnie istotne były zmiany w populacji głowacza pręgopłetwego i pstrąga potokowego (test McNemary: $P = 0,0055$), strzebli potokowej ($P = 0,0158$) i kielbia ($P = 0,0418$). W rzece Czarnej Orawie istotne zmiany objęły: ukleję - *Alburnus alburnus* ($P = 0,0009$), płoć ($P = 0,0021$), okonia - *Perca fluviatilis* ($P = 0,0046$) i klenia ($P = 0,0124$). W Potoku Orawka istotne zmiany

dominacji objęły: pstrąga potokowego ($P = 0,0021$) oraz klenia ($P = 0,0412$), w Potoku Zubrzyca – strzeblę potokową i głowacza przegopletwego ($P < 0,0001$) oraz ukleję ($P = 0,0026$), w Potoku Syhleć – głowacza przegopletwego ($P < 0,0001$), strzeblę potokową ($P = 0,0376$) i płoć ($P = 0,0412$), zaś w Potoku Lipnica – płoć ($P = 0,0269$), głowacza przegopletwego ($P = 0,0328$) i klenia ($P = 0,0350$). Szczególnie istotne zmiany zanotowano w Potoku Piekielnik, gdzie zmiany w dominacji kielbka krótkowąsego, klenia, pstrąga potokowego i okonia były wysoce istotne (wszystkie na poziomie $P < 0,0001$). Istotne zmiany stwierdzono również w dominacji uklei ($P = 0,0455$).



Rys. 2. Współczynniki dominacji najważniejszych gatunków ryb w całej zlewni Rzeki Czarnej Orawy w badaniach: Holčíka i innych (1965), Skóry i Włodek (1989), Przybylskiego i innych (2002) i obecnych autorów (2010–2011).

Fig. 2. Dominance coefficient of main fish species in the whole catchment of the Czarna Orawa River in the research of: Holčík et al. (1965), Skóra and Włodek (1989), Przybylski et al. (2002) and current authors (2010–2011).



Rys. 3. Współczynniki dominacji najważniejszych gatunków ryb dla Rzeki Czarnej Orawy i jej dopływów w badaniach Holčíka et al. (1965), Skóry i Włodka (1989), Przybylskiego et al. (2002) i obecnych autorów (2010–2011).

Fig. 3. Dominance coefficient of main fish species in the Czarna Orawa River and its tributaries in the research of: Holčík et al. (1965), Skóra and Włodek (1989), Przybylski et al. (2002) and current authors (2010–2011).

W badaniach z lat 2000–2001 prowadzonych przez zespół Przybylskiego i innych (2002) w całym dorzeczu dominację przewodnią tworzyła strzebla potokowa (46,17%) (Rys. 2), równocześnie dominując przewodnio w Orawce (38,8%), Syhlcu (40,12%) i Lipnicy (47,74%) (Rys. 3). Dominacje zwykle tworzyły: okoń (17,49%) i płoć (12,7%) (Rys. 2 i 3). W dopływach dominacje przewodnie tworzyły ponadto: głowacz pręgopłetwy – w Zubrzyicy

(46,63%), Syhlcu (33,33%) i Lipnicy (35,54%), pstrąg potokowy – w Orawce (29,18%) i Piekielniku (25,14%), płoć – w Czarnej Orawie (29,77%) oraz okoń – w Piekielniku (25,42%) (Rys. 3). Zmiany dominacji w porównaniu do badań Skóry i Włodka (1989) były również statystycznie istotne (test Wilcoxon: $P < 0,001$). Szczególnie istotne zmiany dotyczyły okonia (test McNemary: $P = 0,0004$), pstrąga potokowego i głowacza białopłetwego – *Cottus gobio* ($P = 0,0007$), kielbia krótkowąsego ($P = 0,0077$), strzebli potokowej ($P = 0,0034$), klenia ($P = 0,0037$), głowacza przegopłetwego ($P = 0,0389$), uklei ($P = 0,0412$) oraz śliza – *Barbatula barbatula* ($P = 0,0441$) (Rys. 3). W rzece Czarnej Orawie istotne zmiany dominacji objęły: okonia ($P = 0,033$) i klenia ($P = 0,0258$), a ponadto w dopływach: klenia – w Piekielniku ($P < 0,0001$), Orawce ($P = 0,0015$) i Lipnicy ($P = 0,0162$), pstrąga potokowego – w Zubrzycy i Piekielniku ($P < 0,0001$) oraz w potoku Orawka ($P = 0,0496$), głowacza przegopłetwego – w Zubrzycy ($P = 0,0004$), Syhlcu ($P = 0,0139$) i Orawce ($P = 0,0009$), okonia – w Piekielniku ($P < 0,0001$), Orawce ($P = 0,0133$), Zubrzycy ($P = 0,0233$), Syhlcu ($P < 0,0001$) i Lipnicy ($P = 0,0077$), kielbia krótkowąsego – w Piekielniku ($P < 0,0001$) i Syhlcu ($P = 0,0412$), ukleję – w Piekielniku ($P = 0,0455$), a ponadto w Syhlcu: lipienia – *Thymallus thymallus* ($P < 0,0001$), piekielnicę – *Alburnoides bipunctatus* ($P = 0,0044$), jelca – *Leuciscus leuciscus* ($P = 0,0119$) i, pochodzącego wyłącznie z zarybień, węgorza – *Anguilla anguilla* ($P = 0,0133$).

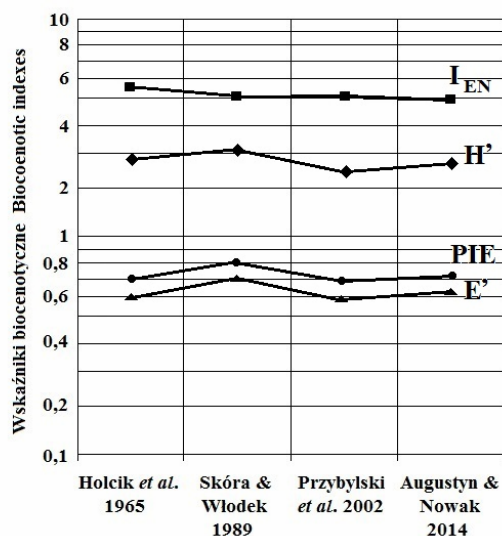
W przeprowadzonych ostatnio badaniach (2010–2011) w całym dorzeczu dominację przewodnią tworzyła strzebla potokowa (44,82%), dominująca również w Orawce (39,84%), Zubrzycy (65,85%), Syhlcu (62,69%) i Lipnicy (50,94%). Ponadto przewodnie dominacje tworzyły: okoń (45,73%) i kleń (26,63%) w Czarnej Orawie oraz okoń w Piekielniku (32,64%) (Rys. 2). Zmiany w strukturze dominacji zespołów ryb w stosunku do badań Przybylskiego i innych (2002) nie były statystycznie istotne (test Wilcoxon: $P > 0,05$). W skali dorzecza zmiany w dominacji poszczególnych gatunków badane testem McNemary także nie wykazały statystycznej istotności ($P > 0,05$).

Jednym z mierników zmian zachodzących w zespołach ryb jest wskaźnik wymiany fauny. Dla całego dorzecza w analizowanym okresie wynosi on: $T = 0,2004$, przy czym największe przyspieszenie zmian zaszło w pierwszym okresie po napełnieniu Zbiornika Orawskiego (lata 60-te i 70-te XX wieku), a także w ostatniej dekadzie badań, już w XXI wieku. Znacznie wyższe wskaźniki odnotowano w rzece Czarnej Orawie ($T = 0,3750$) i w stanowiącym jej źródłowy odcinek Potoku Orawka ($T = 0,2812$). Najistotniejsze zmiany zaszły w rejonie Podwilka, gdzie między badaniami Holčika i innych (1965) a Skóry i Włodka (1989) wskaźnik wymiany fauny wyniósł $T = 0,61$. Duże zmiany obejmują już nawet źródłowe odcinki Potoku Orawka. Na stanowiskach w Harkabuzie i Podsarniu (st. 1–3) od początku tego wieku nie odnotowuje się już pstrąga

potokowego i głowacza pręgopłetwego. Ich pozycje zajęły strzebla potokowa i śliz. Bardzo wyraźne zmiany odnotowano też w Potokach Piekielnik ($T = 0,6086$) i Syhleć ($T = 0,4285$). Zmiany te wywołane zostały przez ubożenie składu ichtiofauny. W Potoku Piekielnik w ciągu ostatnich 50 lat nie potwierdziło się występowanie aż 11, a w Potoku Syhleć – 10 gatunków ryb (Rys. 6). Wskaźnik wymiany fauny wzrósł od wartości 0,36 między badaniami Holčika i innych (1965) a Skóry i Włodka (1989) do 0,40 w badaniach Przybylskiego i innych (2002) i obniżył się dwukrotnie (do wartości 0,2) w stosunku do badań współczesnych. Zmiany w Potoku Syhleć dotyczą wyłącznie dolnego odcinka, poniżej zapory przeciwrumowiskowej. W badaniach Holčika i innych (1965) w ujściowym odcinku Potoku Syhleć stwierdzono występowanie sześciu gatunków ryb; w badaniach Skóry i Włodka (1989) – 15 gatunków; w badaniach Przybylskiego i innych (2002) ubyłoby osiem gatunków, a w porównaniu do obecnych badań w 2010 r. ubyłoby kolejne dwa gatunki (Rys. 6). Wskaźnik wymiany fauny od wartości 0,42 między badaniami Holčika i innych (1965) a Skóry i Włodka (1989), zmniejszył się tam do 0,39 w badaniach Przybylskiego i innych (2002), a następnie do wartości 0,25 w stosunku do badań współczesnych. Największe zmiany zaszły na odcinku ujściowym (st. 21), skąd w latach 70-tych XX wieku w krótkim okresie przybyło dziewięć, a następnie ubyłoby osiem gatunków ryb. W badaniach Holčika i innych (1965) w Potoku Zubrzyca stwierdzono występowanie 11, zaś w badaniach Skóry i Włodka (1989) – 12 gatunków ryb (Rys. 6). Wskaźnik wymiany fauny od wartości 0,1 między tymi badaniami wzrósł do 0,44 w stosunku do badań Przybylskiego i innych (2002) oraz do 0,47 w stosunku do badań współczesnych. Znaczne zmiany zaszły także w górnej Zubrzycy, z której w latach 70-tych XX wieku ubyłoby aż dziewięć gatunków ryb. Najmniejszą dynamikę zmian stwierdzono natomiast w Potoku Lipnica ($T = 0,2727$), zamkniętym w części ujściowej betonową zaporą szczelinową, uniemożliwiająca migracje ryb.

W Polskiej części dorzecza Czarnej Orawy w badaniach wykonanych w 1962 r. stwierdzono 26 gatunków ryb (Fig. 6), w tym 8 (30,7%) będących obecnie na liście gatunków chronionych (Minister Środowiska 2011). Najwięcej gatunków chronionych stwierdzono w Potoku Orawka (5) oraz w rzece Czarnej Orawie, a także Potokach Zubrzyca i Piekielnik (po 4), a najmniej w Syhlcu (tylko głowacz pręgopłetwy). Miarą różnorodności gatunkowej jest równanie Shannona-Wienera. Dla całej zlewni wskaźnik ten wyniósł: $H' = 2,8141$ (Rys. 4). W rzece Czarnej Orawie $H' = 2,7209$, zaś w dopływach: od $H' = 2,0508$ w Lipnicy do $H' = 2,7063$ w Syhlcu (Rys. 5). Rozkład gatunków w całym dorzeczu – poza strzeblą potokową – był względnie równomierny: $E' = 0,5987$. W Rzece Czarna Orawa wyrównanie było względnie wysokie ($E' = 0,6525$), podczas gdy w dopływach – bardziej zróżnicowane: od niskiego poziomu w Zubrzycy ($E' = 0,5272$) do najwyższego w Syhlcu ($E' = 0,7549$). Miarą różnorodności jest też wskaźnik

Hurlberta, który opisuje prawdopodobieństwo, że dwa przypadkowo spotkane osobniki należą do różnych gatunków. Dla całej zlewni wartość tego wskaźnika wyniosła $PIE = 0,7486$, ale najwyższa była w Rzece Czarnej Orawie i Potoku Syhleć (odpowiednio $PIE = 0,7648$ i $PIE = 0,7603$). Najniższe prawdopodobieństwo, a więc najmniej zróżnicowany skład ichtiofauny, stwierdzono w Zubrzycy ($PIE = 0,6079$) i Lipnicy ($PIE = 0,6236$) (Rys. 5).



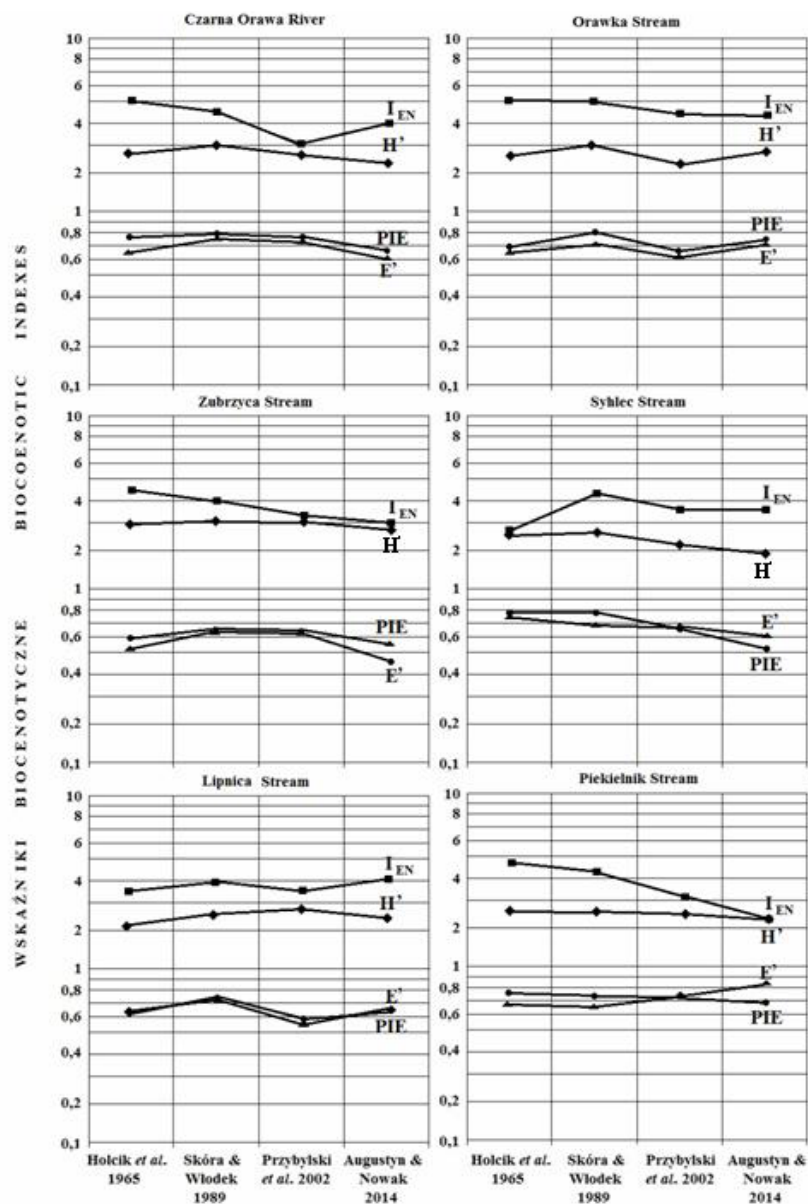
Rys. 4. Zmiany niektórych wskaźników biocenotycznych zbiorowisk ryb w zlewni Czarnej Orawy w poszczególnych okresach badań: I_{EN} – wskaźnik występowania gatunków zagrożonych, H' – współczynnik różnorodności Shannona-Wienera, PIE – wskaźnik Hurlberta, E' – wskaźnik równomierności Shannona-Wienera.

Fig. 4. Changes in several biocoenotic indexes of fish assemblages in the Czarna Orawa during the particular investigation periods: I_{EN} – index of occurrence of threatened species, H' – Shannon-Wiener index of diversity, PIE – Hurlbert's index, E' – Shannon-Wiener index of evenness.

W czasie wykonywania badań zlewni Czarnej Orawy przez Skórę i Włodka (1989) stwierdzono występowanie 23 gatunków ryb (Fig. 6), z czego sześć (26,1%) objętych jest obecnie ochroną gatunkową. Po cztery gatunki chronione stwierdzono w Czarnej Orawie i jej źródłowym odcinku, Potoku Orawka, po trzy gatunki chronione – w potokach Zubrzyca i Syhleć oraz po dwa – w Lipnicy i Piekelniku. Współczynnik różnorodności Shannona-Wienera dla całej zlewni wyniósł $H' = 3,1960$ i był znacznie wyższy w porównaniu do badań Holcika i innych (1965) (Rys. 4). W dopływach najwyższy stopień różnorodności stwierdzono w Potoku Orawka ($H' = 3,0849$) i Rzece Czarnej Orawie ($H' = 3,0314$) (Rys. 5). Najniższy stopień różnorodności gatunkowej odnotowano w Potoku Lipnica ($H' = 2,5183$). W porównaniu do badań Holcika i innych (1965), mimo

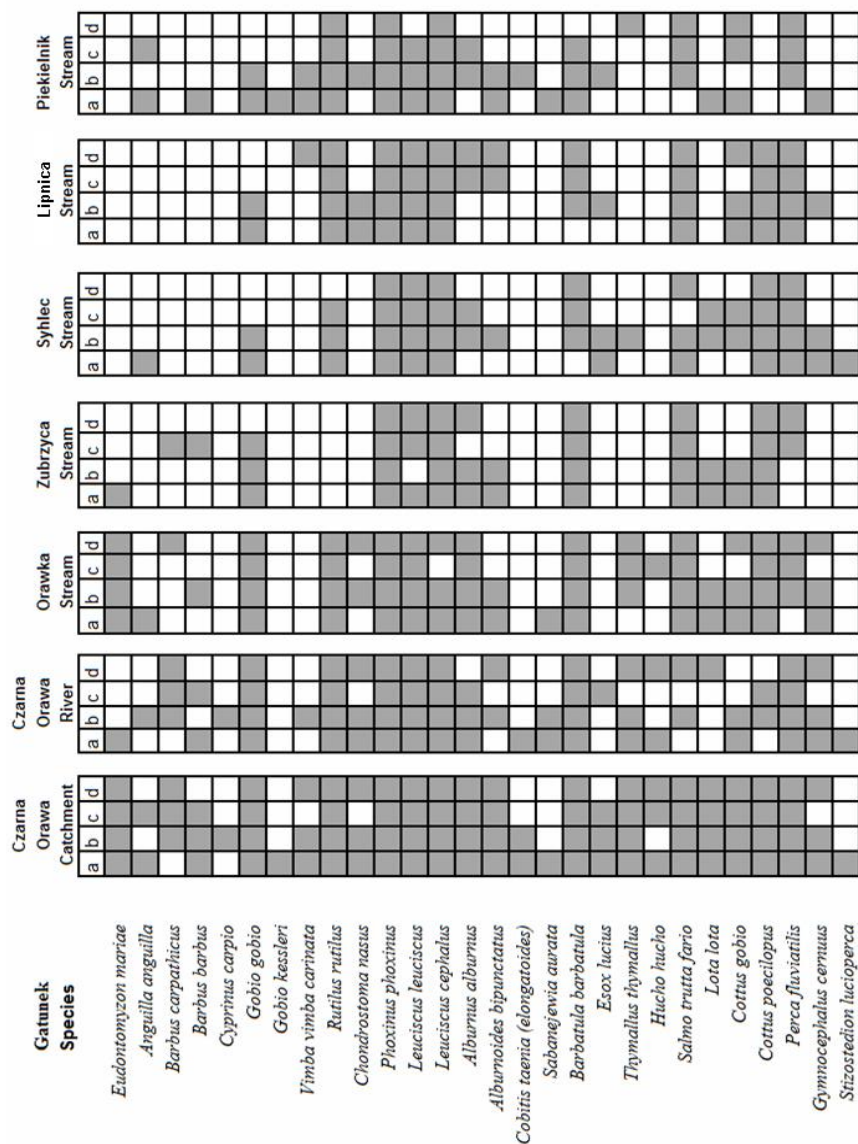
zmiany liczby gatunków ryb (Rys. 6), różnorodność gatunkowa uległa znacznemu zwiększeniu. Stało się tak z powodu zmian strukturalnych: spadku liczby gatunków tworzących dominację przewodnie do zera przy wzroście do pięciu gatunków tworzących dominację zwykłą. Również pozostałe analizowane wskaźniki biocenotyczne uległy zwiększeniu: współczynnik równomierności ($E' = 0,7065$; w zakresie od $E' = 0,6315$ w potoku Zubrzyca do $E' = 0,7416$ w Rzece Czarnej Orawie) oraz wskaźnik bogactwa gatunkowego (PIE = 0,8049, w zakresie od PIE = 0,6318 w Zubrzycy do PIE = 0,8044 w Potoku Orawka) (Rys. 5). Zmniejszyły się natomiast wskaźniki występowania gatunków zagrożonych (od $I_{EN} = 5,6724$ w badaniach Holčika i innych (1965) do $I_{EN} = 5,1293$ w analizowanych badaniach Skóry i Włodka (1989)) (Rys. 4). Tendencja ta nie objęła jednak wszystkich dopływów. Wskaźniki występowania gatunków zagrożonych zmniejszyły się w Rzece Czarnej Orawie (od $I_{EN} = 5,0724$ do 4,4293) i w Potokach Zubrzyca i Piekielnik (odpowiednio: od $I_{EN} = 4,5236$ do 4,0000 oraz od $I_{EN} = 4,8580$ do 4,2479), ale już w Potoku Orawka wskaźnik I_{EN} nie uległ zmianie, zaś w Potokach Syhleć i Lipnica nawet się zwiększył (odpowiednio: od $I_{EN} = 2,8074$ do 4,2475 oraz od $I_{EN} = 3,5850$ do 3,9069) (Rys. 5).

W badaniach Przybylskiego i innych (2002) w zlewni Czarnej Orawy stwierdzono już tylko 20 gatunków ryb (Fig. 6), z czego 5 (25,0%) stanowiły gatunki w Polsce prawnie chronione. W porównaniu do badań poprzednich ubyły trzy gatunki chronione w stosunku do lat 60-tych i jeden w stosunku do badań z przełomu lat 70-tych i 80-tych (koza – *Cobitis taenia* / *elongatoides*). W każdym z analizowanych odcinków zlewni Czarnej Orawy stwierdzono po dwa gatunki chronione. Zróżnicowanie gatunków w porównaniu do wcześniejszych okresów było znacznie mniejsze. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera wyniósł $H' = 2,5258$ w skali zlewni i zmniejszył się nie tylko w stosunku do wyników Skóry i Włodka (1989), ale również Holčika i innych (1965). Najwyższą różnorodność odnotowana w Zubrzycy ($H' = 3,067$), Czarnej Orawie ($H' = 2,7871$) i Lipnicy ($H' = 2,7085$), średnią w Piekielniku ($H' = 2,5388$), a najniższą w Orawce ($H' = 2,2685$). Jednakże w stosunku do poprzedniego okresu wzrosła ona jedynie w Lipnicy. Rozmieszczenie gatunków w skali zlewni było względnie równomierne ($E' = 0,6151$). Większe zróżnicowanie w tym względzie wystąpiło w Rzece Czarnej Orawie ($E' = 0,7320$) i w dopływach: Piekielniku ($E' = 0,7343$) i Syhlecu ($E' = 0,6738$). Najbardziej równomierną strukturę gatunkową stwierdzono w Lipnicy ($E' = 0,5625$). Wskaźnik Hurlberta osiągnął wartość PIE = 0,6975 w skali całej zlewni. W dopływach był znacznie bardziej zróżnicowany: od PIE = 0,5809 w Potoku Lipnica do PIE = 0,7242 w Potoku Piekielnik. Wskaźnik udziału gatunków zagrożonych w stosunku do badań Skóry i Włodka (1989) pozostał na bardzo podobnym poziomie, biorąc pod uwagę całą zlewnię. Zmniejszył się natomiast znacznie w Rzece Czarnej Orawie ($I_{EN} = 3,1699$) i pozostałych dopływach, przy czym najbardziej – w Potoku Piekielnik ($I_{EN} = 2,2689$) (Rys. 5).



Rys. 5. Zmiany niektórych wskaźników biocenotycznych zbiorowisk ryb w dopływach Czarnej Orawy w poszczególnych okresach badań: I_{EN} – wskaźnik występowania gatunków zagrożonych, H' – współczynnik różnorodności Shannona-Wienera, PIE – wskaźnik Hulberta, E' – wskaźnik równomierności Shannona-Wienera.

Fig. 5. Changes in several biocoenotic indexes of fish assemblages in the tributaries of the Czarna Orawa River during the particular investigation periods: I_{EN} – index of occurrence of threatened species, H' – Shannon-Wiener index of diversity, PIE – Hurlbert's index, E' – Shannon-Wiener index of evenness.



Rys. 6. Skład gatunkowy ichtiofauny zlewni Czarnej Orawy, głównej rzeki tej zlewni oraz poszczególnych badanych strumieni tej zlewni w badaniach: (a) Holcik i inni (1965), (b) Skóra i Włodek (1989), (c) Przybylski i inni (2002), (d) obecne (2010–2011).

Fig. 6. Species composition of the ichthyofauna of the Czarna Orawa catchment, of the main river of the catchment, and of given investigated streams of the catchment according to: (a) Holcik et al. (1965), (b) Skóra and Włodek (1989), (c) Przybylski et al. (2002), (d) current study (2010–2011).

Aktualnie w zlewni Czarnej Orawy stwierdzono – podobnie, jak w przypadku badań Przybylskiego i innych (2002) – 20 gatunków ryb (Rys. 6), w tym pięć (25,0%) podlegających w Polsce ochronie gatunkowej (Augustyn i Nowak 2014). Pod tym względem w stosunku do badań sprzed 10-ciu lat nie zaszły istotniejsze zmiany, chociaż w dopływach gatunki chronione nie są już tak równomiernie rozmieszczone. Najwięcej stwierdzono ich w Potoku Orawka (minóg Władkowa – *Eudontomyzon vladykovi*, brzanka – *Barbus carpathicus*, głowacz pręgopłetwy i głowacz białopłetwy), najmniej w Zubrzycy (głowacz pręgopłetwy) i Piekielniku (głowacz białopłetwy). W skali zlewni wskaźnik różnorodności gatunkowej w ostatnim dziesięcioleciu nieco się zwiększył ($H' = 2,7302$) (Rys. 4), z zastrzeżeniem, że najwyższą wartość osiągnął w potoku Orawka ($H' = 2,8448$) (Rys. 5). Najmniej zróżnicowany skład gatunkowy wystąpił w Potokach Syhlec ($H' = 1,9540$) i Zubrzyca ($H' = 1,7189$). Wskaźnik równomierności gatunkowej także nieco się zwiększył (dla zlewni: $E' = 0,6317$) (Rys. 4). Najbardziej równomiernie rozłożoną strukturę gatunkową stwierdzono w Potoku Piekielnik ($E' = 0,8467$), najmniej – w Potoku Orawka (0,5919) (Rys. 5). Wskaźnik Hurlberta w całej zlewni uległ zwiększeniu ($PIE = 0,7212$) (Rys. 4). Wskaźnik ten najwyższą wartość osiągnął w Potoku Piekielnik ($PIE = 0,6842$), zaś najniższą – w Potoku Zubrzyca ($PIE = 0,4498$) (Rys. 5). Wskaźnik występowania gatunków zagrożonych uległ dalszemu obniżeniu w skali zlewni ($I_{EN} = 4,9542$) (Rys. 4). Najwyższą wartość osiągnął on w Potoku Orawka ($I_{EN} = 4,3913$), zaś najniższą – w Potoku Piekielnik ($I_{EN} = 2,3219$) (Rys. 5).

5. Dyskusja

Pierwotnie zasadniczym czynnikiem odpowiedzialnym za zmiany ilościowe i jakościowe ichtiofauny w dorzeczu Czarnej Orawy było utworzenie i napełnienie w 1953 r. Zbiornika Orawskiego. Co prawda brak jest ilościowych danych o stanie ichtiofauny Czarnej Orawy przed napełnieniem zbiornika, ale wiadomo, że w połowach rybackich dominowała brzana (Kulmatycki 1931), a w obszarze czaszy przed napełnieniem zdecydowanie dominowała świnka (według Balona (1956) stanowiła 80% ichtiofauny). Podobną strukturę dominacji w tamtym okresie opisano z innych rzek karpackich: Raby (Starmach 1956), Soły (Skóra i Włodek 1988), Wisły (Włodek i Skóra 1988), Dunajca (Włodek i Skóra 1992), czy Popradu (Augustyn i inni 1996).

Po napełnieniu zbiornika wprowadzono szereg nowych gatunków ryb. Już na początku (1952–1964) zarybiono zbiornik 14 gatunkami ryb, w tym 11 obcymi dla tej rzeki: trocią wędrowną – *Salmo trutta* m. *trutta* (sprowadzoną z Polski), trocią jeziorową – *Salmo trutta* m. *lacustris* (sprowadzoną ze Szwajcarii), pstrągiem tęczowym – *Oncorhynchus mykiss*, sielawą – *Coregonus albula* i sieją – *Coregonus lavaretus* (obie sprowadzone

z Polski) oraz sieją ostronosą – *Coregonus oxyrinchus* (ze Szwajcarii), a ponadto: sumem – *Silurus glanis*, szczupakiem – *Esox lucius*, węgorzem, sandaczem – *Sander lucioperca* i karpem – *Cyprinus carpio* (Holčík 1966). Lokalne introdukcje powodują szybkie rozprzestrzenianie się obcych ryb, które mogą przekraczać nawet granice ekoregionów (Maret i inni 1977). Pojawienie się takiego gatunku wywiera zwykle negatywne skutki dla rodzimej ichtiofauny. Często dochodzi do eliminacji rodzimych gatunków stenotopowych, a ich miejsca zajmują taksony eurytopowe, które zwiększają swoją liczebność i zasięg występowania. W konsekwencji obserwuje się zanik gatunków rzadkich, o wyspecjalizowanych preferencjach siedliskowych, często prawnie chronionych. W dorzeczu Czarnej Orawy w ciągu ostatnich 50 lat ubyło sześć gatunków ryb, w tym pięć gatunków objętych w Polsce ochroną. Niestabilne warunki środowiskowe wywołane funkcjonowaniem zbiornika zaporowego faworyzują gatunki eurytopowe i euryfagiczne. W rzece Czarnej Orawie w początkowym okresie po napełnieniu zbiornika dominację tworzyły rodzime gatunki: płoć i reofilna certa czarnomorska – *Vimba vimba* (Holčík i inni 1965). Pod tym względem sytuacja w rzekach powyżej piętrzenia w innych pobliskich zbiornikach karpackich była nieco odmienna, chociaż i w nich dominację tworzyły zwykle gatunki reofilne. W zbiorniku Rożnowskim (Augustyn 2001) i Dobczyckim (Jelonek i Starmach 1988) dominację tworzyła świnka – *Chondrostoma nasus*, w Klimkówce (Augustyn 2001), Sromowcach Wyżnych (Augustyn i Epler 2006b) i Czorsztynie (Augustyn 2011) dominantem był kleń.

Przeurody rzeczne powodują największe zmiany w dominacji gatunków reofilnych, poszukujących do rozrodu miejsc lotycznych (Anderson i inni 1995). W Czarnej Orawie dotyczy to certy czarnomorskiej, której populacja jest obecnie w całkowitym odwrocie. Liczna w przeszłości w Czarnej Orawie certa czarnomorska tworzyła populację potamodromiczną (w odróżnieniu od bałtyckich populacji anadromicznych). W zbiorniku zaporowym znalazła początkowo doskonałe warunki siedliskowe. W rzekę wkraczała wyłącznie dla odbycia tarła (Wajdowicz 1974). Certa licznie wchodziła do Czarnej Orawy jeszcze w latach 90-tych XX wieku, po czym jej populacja załamała się i obecnie migrująca pozostała już tylko płoć. Gatunek ten jest częstym dominantem w początkowej fazie formowania się ichtiofauny zbiornika zaporowego. Dopiero później, stając się obfitą bazą pokarmową szczupaka, decyduje o jego „eksplozji” demograficznej, a jej udział w strukturze ichtiofauny się stabilizuje (Augustyn 2011). Dominacja szczupaka jest krótkotrwała i związana z doskonałymi miejscami do rozrodu (łąki) zalewanymi w fazie napełniania czaszy zbiornika (Hladík i Kubečka 2003, 2004). Eurytopowa płoć w Czarnej Orawie okazała się bardziej odporna na zanieczyszczenia ściekami bytowo-gospodarczymi, zachowując dominację. Podobne obserwacje dokonane zostały też w rzece Warcie powyżej zbiornika Jeziorsko (Głowacki i Penczak 2000, Kruk i Penczak 2000,

Penczak i Kruk 2000), w Pilicy powyżej zbiornika Sulejowskiego (Penczak i inni 2006), w Narwi powyżej zbiornika Siemianówka, a także w Bugu powyżej zbiornika Zegrzyńskiego (Wiśniewolski 2002).

Kolejnym eurytopowym gatunkiem zwiększającym zasięg występowania jest stosunkowo odporny na zanieczyszczenia okoń. Ten wszystkożerny drobny drapieжник śmiało wkracza do rzek i strumieni wpadających do zbiorników zaporowych. Jego udział w ichtiofaunie Czarnej Orawy w ostatnich 50 latach wzrósł aż 25-krotnie. Podobną sytuację odnotowano również w Warcie powyżej Jeziorska (Kruk 2006). Migracje ryb zbiornikowych z jednej strony prowadzą do wypierania rzadkich gatunków rodzimych, a równocześnie zwiększają różnorodność gatunkową nowo formującego się zespołu ryb. Stąd też bywa, że w dopływach zbiornika zaporowego jest w sumie więcej gatunków ryb niż początkowo było w nieprzegrodzonej rzece, choć z punktu widzenia ochrony przyrody są to gatunki mniej cenne (Guenther i Spacie 2006). W literaturze znaleźć też można odmienne doniesienia o sytuacjach, w których gatunki rodzime przeważają nad introdukowanymi, jako lepiej przystosowane i bardziej odporne na zaburzenia czynników abiotycznych (Gido i Brown 1999, Gehrke i inni 2002). Taką sytuację obserwuje się w Czarnej Orawie, w której trend zmniejszania się bioróżnorodności – jak się wydaje – został już wyhamowany.

Zasadniczym czynnikiem powodującym zmiany strukturalne ichtiofauny dorzecza Czarnej Orawy w ostatnim okresie są zanieczyszczenia. Gatunki stenotopowe nie wytrzymują ładunków zanieczyszczeń transportowanych przez rzekę i wypierane są przez bardziej odporne gatunki eurytopowe. To właśnie ten mechanizm doprowadził do eliminacji pstrąga potokowego i głowacza przegopletwego w źródłiskach Orawki (Harkabuz, Podsarnie) i zastąpienie ich przez śliza oraz stosunkowo odporną na zanieczyszczenia strzeblę potokową. Struktura ryb odzwierciedla zakłócenia między różnymi poziomami troficznymi i jest reakcją ichtiocenozy na działanie bodźców zewnętrznych. Brak pstrągów potokowych skraca łańcuch troficzny w tym zmodyfikowanym ekosystemie, czego konsekwencją są eksplozje populacyjne strzebli potokowej i śliza (Augustyn i inni 2005a, 2005b, Augustyn i Epler 2006a, 2006b).

6. SUMMARY

The Czarna Orawa River catchment is the largest part of the Danube drainage (the Black Sea basin, Ponto-Caspic region) belonging to the territory of Poland (Fig. 1). In 1953 the river was dammed with a ground dam (28 m high), constructed approximately 100 m downstream from the confluence of the Biała and Czarna Orawa Rivers, in the vicinity of the Ústie village (Slovakia). This resulted in the construction of the Orava Reservoir (in Slovakian: Vodná Oravská Nádrž), which has an area of

3500 ha. In 1954 the reservoir was completely emptied and then filled with water again. Till the construction of the dam the ichthyofauna of the Czarna Orawa River had been composed of species typical for other Carpathian rivers, with the predominance of nase – *Chondrostoma nasus*. However, just after the filling of the reservoir, 14 new fish species were introduced into that water body. Among them 11 fishes were not indigenous to the Czarna Orawa River catchment.

The present study compares the fish fauna surveys of the Orawa River catchment described in the early 1960s (Holčík et al. 1965), early 1980s (Skóra and Włodek 1989), late 1990s (Przybylski et al. 2002), and early 2010s (Augustyn and Nowak 2014).

According to the data of Holčík et al. (1965) in 1962 Eurasian minnow, *Phoxinus phoxinus*, was the dominant (41.2% of relative abundance) species in the whole Czarna Orawa catchment (Fig. 2) and its dominance was especially noticeable in the streams of: Orawka, Zubrzyca, and Lipnica. In the main river, the dominant species were also: common gudgeon – *Gobio gobio* (25.6%), and roach – *Rutilus rutilus* (25.4%). The latter species predominated also in the Piekienik Stream. In the Zubrzyca Stream another dominant species was brown trout – *Salmo trutta m. fario*, whereas in the Lipnica and Piekienik Streams it was accompanied by chub – *Squalius cephalus* (Fig. 3). In 1962 a total of 26 species was recorded, among which 8 (30.7%) are currently protected in Poland by national law. The overall evenness index for the whole catchment was $E' = 0.5987$. In the main river it was $E = 0.6525$, whereas in the tributaries it varied from $E = 0.5272$ (in the Zubrzyca Stream) to $E = 0.7549$ (in the Syhleć Stream). The Shannon-Wiener measure of diversity amounted to $H' = 2,8141$ (Fig. 4), while the index of evenness to $E' = 0,5987$.

In the period of 1979–1982 Skóra and Włodek (1989) did not find any predominant species (> 25% of relative abundance), whereas the most dominant species were then Eurasian minnow (21.2%), chub (17.3%), brown trout (16.7%), Alpine bullhead – *Cottus poecilopus* (12.1%), and roach (11.6%) (Fig. 2). In the tributaries, predominant species were: Eurasian minnow in the Orawka and Lipnica Streams, brown trout in the Zubrzyca and Syhleć Streams, Alpine bullhead in the Lipnica Stream, and chub and common gudgeon in the Piekienik Stream (Fig. 3). In comparison to earlier results (Holčík 1965) the change in the structure of fish assemblages was statistically significant. In the whole catchment, Skóra and Włodek (1989) recorded as many as 23 fish species, six of which (26.1%) are currently protected by law. The Shannon-Wiener measure of diversity amounted in the whole catchment to $H' = 3,1960$ and was noticeably higher than in 1962 (Fig. 4). In the tributaries that index was highest in the Zubrzyca Stream ($H' = 3.0849$) and the Orawka Stream ($H' = 3.0314$) and lowest in the Lipnica Stream ($H' = 2,5183$). The index of evenness amounted to $E' = 0.7065$ and was higher than that obtained by Holčík (1965).

In the period of 2000–2001 (Przybylski et al. 2002) Eurasian minnow was predominant throughout the whole catchment (46.17%) (Fig. 2), as well as in particular tributaries (the Orawka, Syhleć, and Lipnica Streams) (Fig. 3). The dominants were: perch – *Perca fluviatilis*, and roach. In the tributaries, among predominates were also: Alpine bullhead in the Zubrzyca, Syhleć, and Lipnica Streams, brown trout in the Orawka and Piekieleń Stream, and roach and perch in the Piekieleń Stream. The changes in the structure of fish assemblages in comparison to the results of Skóra and Włodek (1989) were also significant. Przybylski et al. (2002) recorded in the whole Czarna Orawa Catchment as few as 20 fish species, among which 5 (25.0%) are currently protected. The fish diversity in Przybylski et al. (2002) was noticeably lower than in the former studies. For the whole catchment the Shannon-Wiener index was $H' = 2.5258$ and that value was far lower than in the previous researches (Fig. 4). The highest diversity was recorded in the Zubrzyca Stream ($H' = 3.0067$), Czarna Orawa River ($H' = 2.7871$) and Lipnica Stream ($H' = 2.5388$), average one in the Piekieleń ($H' = 2.5388$) Stream, and was lowest in the Orawka ($H' = 2.2685$) Stream. However, as compared to the previous period, diversity increased only in the Lipnica Stream. The index of evenness amounted to $E' = 0.6151$.

In the current study (2010–2011) Eurasian minnow was predominating in the whole drainage (44.82%) (Fig. 2), dominating also in the Orawka, Zubrzyca, Syhleć, and Lipnica streams. Additionally, predominant species were also: perch and chub in the Czarna Orawa and perch in the Piekieleń Stream (Fig. 3). The change in the structure of fish assemblages in comparison to the results of Przybylski et al. (2002) was not significant. Currently, a total of 20 fish species was recorded in the Czarna Orawa River catchment, among which five (25.0%) are protected by national law. On the scale of the whole catchment the diversity indices were slightly higher than in the previous research (overall value $H' = 2.7302$ (Fig. 4), the highest was in the Orawka Stream ($H' = 2.8448$) (Fig. 5).

One of the indices of changes occurring in fish assemblages is the index of fauna turnover rate (T). For the whole period and catchment the T value was 0.2004, whereas the fastest changes took place in the period just after the impounding of the river by the dam of the Orava Reservoir (the 1960s and 1970s), as well as in the latest decade, in the beginning of 21st century.

The main factors underlying changes occurring in the structure of the fish assemblages in the Czarna Orawa catchment are water pollution and alteration of habitats caused by river regulation. Highly specialized species cannot resist the decreasing quality of their environment and are being replaced by eurytopic species.

7. LITERATURA

- Allan J.D. 1998. Ekologia wód płynących. PWN, Warszawa, 450 ss.
- Anderson A.A., Hubbs C., Winemiller K.O., Edwards R.J. 1995. Texas freshwater fish assemblages following three decades of environmental change. *Southwestern Naturalist*, 40, 314–321.
- Augustyn L. 2001. Gospodarka rybacka w eutroficznym Zbiorniku Rożnowskim i nowo powstałym Zbiorniku Klimkówka. *Supplementa ad Acta Hydrobiologica*, 1, 45–53.
- Augustyn L. 2011. Formowanie ichtiofauny Czorsztyńskiego Zbiornika Zaporowego (system Dunajca – Polska południowa). ss. 149–162. (W: *Gospodarowanie ichtiofauną w warunkach zróżnicowanego środowiska wodnego*. Red. M. Jankun, G. Furgała-Seleziów, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska). Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn.
- Augustyn L., Nowak M. 2014. Ichtyofauna polskiej części dorzecza Czarnej Orawy. *Rocz. Nauk. PZW*, 27, 51–78.
- Augustyn L., Skóra K., Włodek J.M. 1996. Ichtyofauna dorzecza rzeki Poprad. *Rocz. Nauk. PZW*, 9, 5–22.
- Augustyn L., Epler P., Socha M. 2005a. Porównanie ichtiofauny dwóch potoków górskich przekształconych przez działalność ludzką. *Kom. Ryb.*, 2/2005: 6–7.
- Augustyn L., Epler P., Łuszczek-Trojnar E. 2005b. Ilościowe i jakościowe zmiany w ichtiofaunie potoku Rogoźnik w okresie ostatnich 40 lat. *Kom. Ryb.* 5/2005, 17–21.
- Augustyn L., Epler P. 2006a. Ichtyofauna Białego Dunajca, ss. 15–18. (W: *Ichtyofauna dorzecza Dunajca na początku XXI wieku*. Red. L. Augustyn). Wyd. PWSZ, Nowy Sącz.
- Augustyn L., Epler P. 2006b. Ichtyofauna potoku Niedziczanka i reolimnicznego zbiornika zaporowego Sromowce Wyżne. ss. 34–38. (W: *Ichtyofauna dorzecza Dunajca na początku XXI wieku*. Red. L. Augustyn). Wyd. PWSZ, Nowy Sącz.
- Balon E.K. 1956. K ichthyofane Oravy pred napelnením údolnej nádrže. *Zool. listy*, 5, 325–337.
- 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.
- Diamond J.H., May R.M. 1977. Species turnover rate on island: dependence on census interval. *Science*, 197, 266–270.
- Freeman M.C., Crawford M.K., Barrett J.C., Facey D.E., Flood M.G., Hill J., Stouder D.J., Grossman G.D. 1988. Fish assemblage stability in a southern Appalachian stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45, 1949–1958.
- Gehrke P.C., Gilligan D.M., Barwick, M. 2002. Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowa Dam, Australia. *River Res. Applic.*, 18, 265–286.
- Gido K.B., Brown J.H. 1999. Invasion of North American drainages by alien fish species. *Freshwat. Biol.*, 42, 387–399.
- Gido K.B., Matthews W.J., Wolfenbarger W.C. 2000. Long-term changes in a reservoir fish assemblage: stability in an unpredictable environment. *Ecol. Applicat.*, 10, 1517–1529.

- Głowacki Ł., Penczak T. 2000. Impoundment impact on fish in the Warta River: species richness and sample size in the rarefaction method. *J. Fish Biol.*, 57, 99–108.
- Gorman D.T., Karr J.R. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59, 507–515.
- Grant J.W.A., Kramer D.L. 1990. Territory size as a predictor of the upper limit to population density of juvenile salmonids in streams. *Canad. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 1724–1737.
- Grossman G.D. 1982. Dynamics and organization of a rocky intertidal fish assemblage: the persistence and resilience of taxocene structure. *Am. Nat.*, 119, 611–637.
- Grossman G.D., Freeman M.C. 1987. Microhabitat use in a stream fish assemblage. *J. Zool., Lond.*, 212, 151–176.
- Guenther C.B., Spacie A. 2006. Changes in fish assemblage structure upstream of impoundments within the upper Wabash River Basin, Indiana. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 135, 570–583.
- Hladík M., Kubečka J. 2003. Fish migration between a temperate reservoir and its main tributary. *Hydrobiologia*, 504, 251–266.
- Hladík M., Kubečka J. 2004. The effect of water level fluctuation on tributary spawning migration of reservoir fish. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 4, 449–457.
- Hnatevič B. 1956. Výsledky prieskumu a hospodárenia na Oravskej údolnej nádrži v r. 1954, ss. 147–154. (W: Sborník hospodárenia na údolných nádržích). Praha.
- Holčík J., Mišík V., Bastl I., Kirka A. 1965. Ichtyologický výskum Karpatského oblúka. 3. Ichtyofauna povodia Oravskej Prehrady a jej pritokov. *Ac. Rer. Natur. Mus. Nat. Slov. Bratislava*, 11, 93–139.
- Holčík J. 1966. Vývoj a formovanie ichtyofauny v Oravskej priehrade. *Biologické práce*, XII (1), 5–75.
- Hughes R.M., Gammon J.R. 1987. Longitudinal changes in fish assemblages and water quality in the Willamette River, Oregon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 116, 196–209.
- Jelonek M., Starmach M. 1988. Environmental characteristics of affluents of the Dobczyce Reservoir (Southern Poland) in the preimpoundment period (1983–1985): 3. Ichthyofauna. *Acta Hydrobiologia (Cracow) AHBPA*, 30, 305–316.
- Kołder W., Skóra S., Włodek J.M. 1974. Ichthyofauna of the River Raba and of its tributaries. *Acta Hydrobiol.*, 16 (1), 65–99.
- Krebs C.J. 2001. *Ekologia. Eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności*. PWN, Warszawa, p.735.
- Kruk A. 2006. Self-organizing maps in revealing variation in non-obligatory riverine fish in long-term data. *Hydrobiologia*, 553, 43–57.
- Kruk A., Penczak T. 2000. Impoundment impact on populations of facultative riverine fish. *Ann. Limnol. – Int. J. Lim.* 39, (3), 197–210.
- Kulmatycki W. 1931. O rybołóstwie na Orawie. *Przegl. Ryb.*, 23/24, 467–472.
- Lampert W., Sommer U. 2001. *Ekologia wód śródlądowych*. PWN, Warszawa, 415 ss.
- Maret T.R., Robinson C.T., Minshall G.W. 1977. Fish assemblages and environmental correlates in least-disturbed streams of the Upper Snake River basin. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 126 (2), 200–216.

- Matthews W.J., Cashner R.C., Gelwick F.P. 1988. Stability and persistence of fish faunas and assemblages in three Midwestern streams, *Copeia*, 4, 945–955.
- Minister Środowiska. 2008. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikowania jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. nr 162, poz. 1008).
- Minister Środowiska. 2011. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 października 2011 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt (Dz. U. nr 237, poz. 1419).
- Motulsky H.J. 2010. *Intuitive biostatistics*. Oxford University Press, Oxford, 512 ss.
- Moyle P.B., Vondraček B. 1985. Persistence and structure of the fish assemblage in a small California stream. *Ecology*, 66, 1–13.
- Penczak T. 2001. Populations of fish in relation to riparian ecotone development in the Narew river catchment. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 1 (1–2), 163–176.
- Penczak T. 2004. Impact of impoundment (1985–2000) on fish assemblages in a large lowland river. *Ecohydrol. Hydrobiol.*, 4 (2), 129–138.
- Penczak T., Gomes L.C. 2000. Impact of engineering on fish diversity and community structure in the Gwda River basin, north Poland. *Pol. Arch. Hydrobiol.*, 47 (1), 131–141.
- Penczak T., Kruk A. 2000. Threatened obligatory riverine fishes in human-modified Polish rivers. *Ecol. Freshw. Fish.*, 9, 109–117.
- Penczak T., Kruk A. 2005. Patternizing of impoundment impact (1985–2002) on assemblages in a lowland river using the Kohonen algorithm. *J. Appl. Ichthyol.*, 21, (3), 169–177.
- Penczak T., Głowacki Ł., Galicka W., Koszaliński H. 1998. A long-term study (1985–1995) of fish populations in the impounded Warta River, Poland. *Hydrobiologia*, 368, 157–173.
- Penczak T., Kruk A., Zięba G., Marszał L., Koszaliński H., Tybulczuk S., Galicka W. 2006. Ichtiofauna dorzecza Pilicy w piątej dekadzie badań. Część I. Pilica. *Rocz. Nauk. PZW*, 19, 103–122.
- Penczak T., Kruk A., Marszał L., Galicka W., Tybulczuk S., Tsydel M. 2012. Regeneracja ichtiofauny Bzury i Neru po ograniczeniu zanieczyszczeń przemysłowych. *Rocz. Nauk. PZW*, 25, 85–93.
- Poff N.L., Allan J.D. 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability. *Ecology*, 76, 606–627.
- Przybylski M., Marszał L., Zięba G., Augustyn L. 2002. Monitoring ichtiofauny dorzecza Czarnej Orawy (Fish fauna monitoring of the Czarna Orawa River system). *Rocz. Nauk. PZW*, 15, 15–39.
- Quinn J.W., Kwak T.J. 2003. Fish assemblage changes in an Ozark River after impoundment: A long-term perspective. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 132 (1), 110–119.
- Říha M., Kubečka J., Vašek M., Seďa J., Mrkvička T., Prchalová M., Matěna J., Hladík M., Čech M., Draštit V., Frouzová J., Hohausová E., Jarolím O., Jůza T., Kratochvíl M., Peterka J., Tušer M. 2009. Long-term development of fish populations in the Řimov Reservoir. *Fisheries Management and Ecology*, 16 (2), 121–129.
- Skóra S., Włodek J.M. 1988. Ichtiofauna rzeki Soły i jej dopływów. *Rocz. Nauk. PZW*, 1, 97–121.
- Skóra S., Włodek J.M. 1989. Ichtiofauna polskiej części dorzecza Czarnej Orawy. *Stud. Ośrod. Dok. Fizjograf.*, 17, 345–372.

- Starmach K. 1956. Rybacka i biologiczna charakterystyka rzek. *Pol. Arch. Hydrobiol.* 3, 307–332.
- Wajdowicz Z. 1974. Characteristic of the *Vimba vimba n. carinata* from the Czarna Orawa, *Acta Hydrobiol.*, 16 (2), 221–238.
- Włodek J.M., Skóra S. 1988. A regulated river ecosystem in a polluted section in the Upper Vistula. 9. Ichthyofauna. *Acta Hydrobiol.*, 30, 99–111.
- Włodek J.M., Skóra S. 1992. Struktura gatunkowa ichtiofauny Dunajca w latach 1988–1992 i jej porównanie ze stanem sprzed 25 lat. ss. 27–50. (W: Stan aktualny i perspektywy ichtiofauny Dunajca. Red. L. Augustyn). Materiały Konf. Nauk., ZO PZW Nowy Sącz, 20–21 października 1992.
- Wiśniewolski W. 2002. Zmiany w składzie ichtiofauny, jej biomasa oraz odłowy w wybranych zbiornikach zaporowych Polski. *Arch. Pol. Fish.*, 10 (2), 5–73.
- Witkowski A., Kotusz J., Przybylski M. 2009. Stopień zagrożenia słodkowodnej ichtiofauny Polski: Czerwona lista minogów i ryb – stan 2009. *Chrońmy Przyr. Ojcz.*, 65 (1), 33–52.

Deklaracja autorów o udziale w przygotowaniu publikacji:

Obaj autorzy (Leszek Augustyn i Michał Nowak) w równym stopniu (czyli w 50% każdy) przyczynili się 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. Nie istnieje pomiędzy nimi żaden konflikt interesów. Praca nie posiada autorów nieujawnionych.

