

Bartłomiej Wyżga, Antoni Amirowicz, Artur Radecki-Pawlik, Joanna Zawiejska

**ZRÓŻNICOWANIE HYDROMORFOLOGICZNE
RZEKI GÓRSKIEJ A BOGACTWO GATUNKOWE
I LICZEBNOŚĆ ICHTIOFAUNY**

***REFLECTION OF THE VARIABILITY
OF HYDROMORPHOLOGICAL CONDITIONS
IN A MOUNTAIN RIVER IN THE ABUNDANCE
AND DIVERSITY OF FISH FAUNA***

Streszczenie

W ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat koryto Czarnego Dunajca uległo w wielu odcinkach znacznemu przekształceniu w wyniku jego regulacji i wcięcia się rzeki. W rezultacie współczesna rzeka cechuje się, zwłaszcza w swym środkowym biegu, dużym zróżnicowaniem morfologii oraz charakteru utrzymania koryta. Dla 12 przekrojów jedno- do czteronurtowych dokonano hydromorfologicznej oceny rzeki i ocenę tę skonfrontowano z liczbą gatunków i okazów ryb stwierdzonych w tych przekrojach metodą elektropołowu. Na podstawie pomiarów wykonanych co 1 m w korycie(tach) małej wody, dla każdego przekroju określono także zróżnicowanie głębokości i prędkości wody oraz średniej średnicy powierzchniowego materiału dennego. Ocena hydromorfologicznej jakości rzeki w badanych przekrojach wynosiła 1,08–3,96, przy czym przekroje o wielonurtowym układzie koryta z dużym udziałem kęp określono jako naturalne, a przekroje uregulowane przyporządkowano do klasy 4. Zwiększaniu się liczby koryt małej wody towarzyszył wzrost zróżnicowania głębokości i prędkości wody oraz średniej średnicy materiału dennego. W przekrojach jednonurtowych stwierdzono tylko 2 gatunki i średnio 13 okazów ryb, natomiast w przekrojach czteronurtowych 3–4 gatunki i średnio 82 okazy ryb. Analiza wyników pokazała, że liczba gatunków i okazów ryb wzrasta liniowo wraz ze zwiększaniem się liczby koryt małej wody oraz zróżnicowania głębokości w przekroju i wykładniczo w miarę wzrostu hydromorfologicznej jakości rzeki. Przedstawione badania pokazały, że uproszczenie układu koryta rzeki górskiej w wyniku antropopresji oraz spowodowane nim pogorszenie się hydromorfologicznej jakości rzeki znajduje odzwierciedlenie w zubożeniu zespołów ichtiofauny. Wskazuje to, iż uzyskanie poprawy ekologicznego stanu rzeki, którego przejawem jest liczebność i zróżnicowanie ichtiofauny,

będzie wymagało zwiększenia morfologicznego zróżnicowania jej koryta i poprawy hydromorfologicznej jakości rzeki.

Słowa kluczowe: rzeka góraska, hydromorfologiczna jakość rzeki, antropopresja, ichtiofauna

Summary

Over a few past decades, some sections of the fifth-order, mountain Czarny Dunajec River, southern Poland, have been considerably modified by channelization or channel incision induced by gravel extraction. As a result, the contemporary river represents a variety of morphologies ranging from single-thread, incised or regulated channel to unmanaged, multi-thread channel. For twelve cross-sections with 1 to 4 flow threads, hydromorphological river quality was assessed by four surveyors from the fields of fluvial geomorphology, river engineering and hydrobiology and compared with the abundance and diversity of fish fauna determined by electrofishing. Moreover, the variation in depth, velocity and bed material size was determined for each cross-section on the basis of measurements made at 1 m intervals. Average values of hydromorphological quality for the surveyed cross-sections ranged between 1.08 and 3.96, with the cross-sections with heavily island-braided morphology classified as representing high status (reference) conditions and those located in channelized river sections falling into Class 4. The increase in the number of low-flow channels within a cross-section was associated with increasing variation in depth, velocity and bed material size. Single-thread cross-sections hosted only 2 fish species and 13 specimens caught on average, whereas 3-4 species and 82 specimens on average were recorded in the cross-sections with four low-flow channels. The reduced abundance and diversity of fish fauna characterised single-thread river sections located both upstream and downstream of the multi-thread channel reach. Results from regression analysis indicated the number of both fish species and specimens to increase linearly with increasing number of low-flow channels and variation in depth within a cross-section and exponentially with improving hydromorphological quality. This study shows that the simplification of flow pattern and the resultant aggravation of hydromorphological quality in some sections of the Czarny Dunajec, caused by human disturbances, is manifested in the remarkable impoverishment of fish communities. This indicates a need for increasing morphological complexity of the flow pattern and improving hydromorphological quality of the river that would be reflected in a restored high abundance and diversity of its fish fauna.

Key words: *mountain river, hydromorphological river quality, human impact, fish fauna*

WPROWADZENIE

W XX wieku rzeki polskich Karpat w wielu swych odcinkach zostały poddane znacznej antropopresji. W wyniku prowadzonych wówczas prac regulacyjnych nastąpiło znaczne zwężenie koryt, któremu w dolnym biegu rzek towarzyszyło skracanie ich biegu, a w środkowym i górnym zastępowanie naturalnego,

wielonurtowego koryta prostym, jednonurtowym korytem o wyrównanym dnie i umocnionych brzegach [Bojarski i in. 2005; Wyźga 2008]. Od lat 40. do lat 60. w kilku rzekach karpackich na skalę przemysłową prowadzono eksploatację żwirów z koryt [Rinaldi i in. 2005], a w późniejszych dekadach koryta rzek były miejscem nielegalnego poboru żwiru przez miejscową ludność [Radecki-Pawlik 2002]. Wzrost zdolności transportowej rzek karpackich spowodowany regulacją ich koryt oraz ubytek materiału dennego dostępnego do transportu fluwialnego spowodował pojawienie się tendencji rzek do erozji wgłębnej; w drugiej połowie wieku w górskich odcinkach rzek została ona wzmocniona w wyniku zmniejszenia się dostawy rumowiska do koryt, jaki miał miejsce przy wzroście lesistości zlewni i zmniejszeniu się arealu gruntów ornych [np. Lach, Wyźga 2002]. W ciągu XX wieku rzeki karpackie wcięły się od 0,5 do 3,8 m, przy czym w wielu przekrojach tempo obniżania się dna rzek było szczególnie szybkie w drugiej połowie stulecia. Konsekwencją tego zjawiska był wzrost pojemności koryt i radykalne zmniejszenie możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w obszarach zalewowych – skutkujące wzrostem zagrożenia powodziowego w dolnych odcinkach rzek – oraz akumulacji osadów pozakorytowych w dnach dolin [Bojarski i in. 2005; Wyźga i in. 2005; Wyźga 2008]. Zapobieganiu erozji wgłębnej w potokach i rzekach karpackich służyła zabudowa ich koryt stopniami piętrzącym, które powodowały jednak utratę drożności cieków dla ryb [Bojarski i in. 2005].

Znaczna antropopresja cechowała w XX wieku również rzeki innych górskich obszarów Europy, podobnie prowadząc do utraty pionowej stabilności koryt i radykalnego zmniejszenia bioróżnorodności rzecznych i nadrzecznych ekosystemów [Habersack, Piégay 2008]. Narastające zrozumienie negatywnych konsekwencji ingerencji człowieka w koryto rzeczne umożliwiło podjęcie działań rewitalizacyjnych [Habersack, Piégay 2008] zmierzających do przywrócenia naturalnych charakterystyk cieków (morfologii koryt, reżimu przepływu, przebiegu procesów erozyjno-sedymentacyjnych, jakości wody oraz bioróżnorodności rzecznych i nadrzecznych ekosystemów [Nachlik 2005]. Dążenia te zostały wzmocnione przez Ramową Dyrektywę Wodną Unii Europejskiej nakładającą na kraje członkowskie obowiązek utrzymania lub przywrócenia dobrego stanu ekologicznego wód.

W dążeniach do przywrócenia dobrego stanu ekologicznego cieków, kluczową kwestią staje się określenie zależności struktury biocenoz rzecznych od jakości hydromorfologicznych cech cieków. Ustalenie tych zależności pozwoli określić, czy dla przywrócenia dobrej jakości ekosystemu rzecznego konieczna jest poprawa fizycznych cech cieku oraz reżimu przepływu wody i transportu rumowiska w nim (tj. hydromorfologicznej jakości cieku), czy też degradację ekosystemu spowodowało pogorszenie jakości wody i w tym kierunku muszą być skierowane działania naprawcze. Określenie gradientu zmian bogactwa gatunkowego i zagęszczenia badanych grup organizmów w powiązaniu ze skalą

odchylenia hydromorfologicznego stanu cieków od warunków referencyjnych (naturalnych) umożliwi wskazanie zakresu koniecznych działań rewitalizacyjnych. Wreszcie, wobec dużego zakresu i pracochłonności pełnego monitoringu stanu ekologicznego wód według zasad Ramowej Dyrektywy Wodnej i przy ustalonej zależności biologicznych i hydromorfologicznych elementów ekosystemu rzeczno-ekologicznego, ocena hydromorfologicznej jakości cieków pozwoli na szybkie oszacowanie jego stanu ekologicznego [Bojarski i in. 2005].

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań zmierzających do porównania liczebności i zróżnicowania gatunkowego ichtiofauny w szeregu przekrojów Czarnego Dunajca z hydromorfologiczną jakością rzeki w tych przekrojach.

CZARNY DUNAJEC JAKO PRZYKŁAD RZEKI GÓRSKIEJ O DUŻYM ZRÓŻNICOWANIU HYDROMORFOLOGICZNYM

Czarny Dunajec stanowi przykład rzeki górskiej, która w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat została poddana silnej, choć zróżnicowanej przestrzennie antropopresji. Prowadzona w latach 50. XX wieku przemysłowa eksploatacja żwirów z koryta rzeki, nakierowana głównie na pozyskiwanie największych otoczków [Dudziak 1965] oraz nielegalny pobór dużych otoczków z koryta w kolejnych dziesięcioleciach spowodowały niedobór rumowiska dostępnego do transportu fluwialnego. W rezultacie w odcinku Czarnego Dunajca na przedpolu Tatr zaznaczyło się gwałtowne obniżanie się dna rzeki (sięgające 3,5 m w Chochołowie) i transformacja aluwialnego koryta w koryto skalne. W 7-kilometrowym odcinku środkowego biegu rzeki przeprowadzono w drugiej połowie XX wieku regulację koryta połączoną z jego zabudową szeregiem betonowych stopni i ramp. Istniejące tu wcześniej szerokie, wielonurtowe koryto zostało zastąpione wąskim, niemal prostym, uregulowanym korytem, a budowle piętrzące spowodowały utratę drożności rzeki dla ryb. Natomiast w bezpośrednim niższym kilkukilometrowym odcinku rzeka pozostała nieuregulowana, zachowując układ wielonurtowego koryta z udziałem kęp. Z kolei, poniżej tego odcinka ponownie występuje wąskie, uregulowane koryto, którego spadek nie jest jednak zmniejszony poprzez zabudowę stopniami.

Współcześnie Czarny Dunajec w środkowym biegu cechuje zatem duże zróżnicowanie przestrzenne charakteru utrzymania koryta oraz morfologii rzeki [Krzemień 2003; Zawiejska, Krzemień, 2004]. Występują tu odcinki koryta uregulowanego i nieuregulowanego, jedno- i wielonurtowego, odcinki z korytem skalnym i korytem aluwialnym, korytem wciętym i pozostającym w równowadze. To zróżnicowanie warunkuje duże zróżnicowanie przestrzenne fizycznych cech rzeki, a więc jej hydromorfologicznej jakości i można przypuszczać, że jest również odzwierciedlone w zróżnicowaniu bogactwa rzecznej biocenozy. Rzeczywiście, przeprowadzona w latach 90. waloryzacja stanu ekologicznego Czar-

nego Dunajca wskazała na duże zróżnicowanie tego stanu w środkowym biegu rzeki [Kulesza 1998]. Wciąż trwające pogłębianie się koryta Czarnego Dunajca w sąsiedztwie Chochołowa powoduje, że obecnie przestrzenne zróżnicowanie hydromorfologicznej jakości rzeki może być nawet większe niż w momencie przeprowadzania wspomnianej waloryzacji.

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w 17-kilometrowym odcinku rzeki pomiędzy Chochołowem a Długopolem, w którym Czarny Dunajec nie otrzymuje żadnych większych dopływów, a powierzchnia zlewni wzrasta w niewielkim stopniu. Analizą objęto 12 przekrojów, których spektrum odpowiadało obserwowanemu tu zróżnicowaniu hydromorfologicznych cech Czarnego Dunajca. Przy stanie wody odpowiadającym pograniczu niskich i średnich przepływów, dla każdego przekroju wykonano szczegółową niwelację i w obrębie koryt(a) małej wody w 1-metrowych odstępach zmierzono głębokość i średnią prędkość wody oraz pobrano próby osadu z powierzchni dna w celu ustalenia wielkości ziarna. Średnią średnicę ziarna osadów żwirowych określono w terenie na podstawie pomiarów osi „b” otoczków pobranych wzdłuż jednej linii z powierzchni dna (tzw. metodą Wolmana), natomiast osadów piaszczystych i mułowych w laboratorium za pomocą, odpowiednio, analizy sitowej oraz analizy areometrycznej. Następnie dla każdego przekroju obliczono średnie wartości oraz współczynniki zróżnicowania trzech analizowanych parametrów.

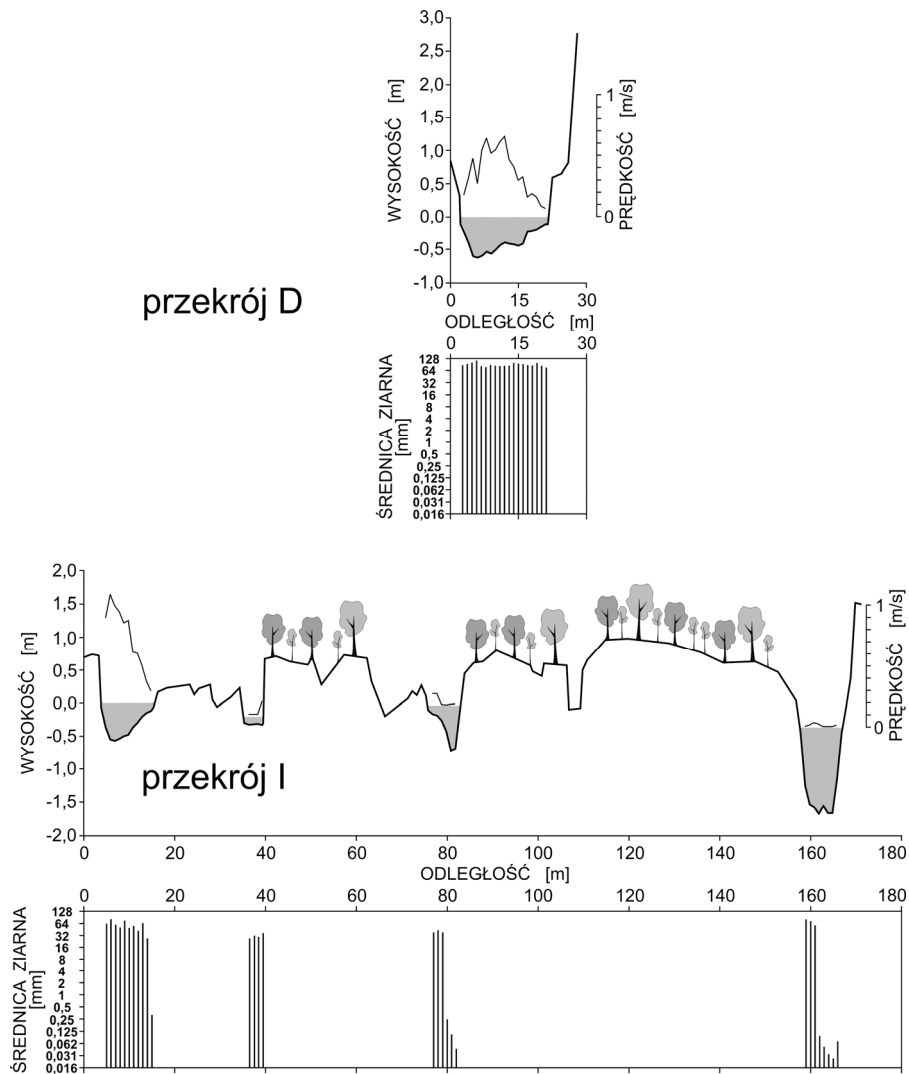
Waloryzację hydromorfologiczną rzeki w badanych przekrojach przeprowadzono, oceniając 10 kategorii cech koryta, brzegów i strefy nadbrzeżnej oraz obszaru zalewowego, zgodnie z ich wyszczególnieniem w normie PN-EN 14614 (CEN 2005; Bojarski 2005). Warunków referencyjnych nie odnoszono do historycznego stanu rzeki, lecz za jej naturalny stan uznano występowanie wielonurtowego koryta z dużym udziałem kęp. Ocena rzeki została przeprowadzona równocześnie przez czworo specjalistów z zakresu geomorfologii fluwialnej, budownictwa wodnego i hydrobiologii. Po wizji terenowej, zapoznaniu się z przebiegiem zmian koryta rzeki w ostatnich kilkudziesięciu latach oraz dokonaniu przeglądu fotografii stanowisk, poziomego usytuowania rzeki przedstawionego na ortofotomapie oraz wykresów morfologii koryta w przekroju, przeprowadzono ocenę rzeki w poszczególnych kategoriach, kolejno dla wszystkich przekrojów. Każdej ocenianej kategorii przypisano ocenę w skali od 1 (ciek naturalny) do 5 (ciek całkowicie przekształcony). Łączna ocena hydromorfologicznej jakości rzeki w danym przekroju była średnią z ocen w 10 analizowanych kategoriach, uśrednioną dla czterech specjalistów i wyrażała się liczbą z przedziału 1–5. Ocena ta pozwalała na przyporządkowanie poszczególnych przekrojów rzeki do określonej klasy jakości hydromorfologicznej (ocena 1–1,79 – klasa 1, warunki referencyjne; ocena 1,8–2,59 – klasa 2; ocena 2,6–3,39 – klasa 3; ocena 3,4–4,19 – klasa 4; ocena 4,2–5 – klasa 5).

Skład zespołów ryb określono na podstawie wyników pojedynczych elektropolowań przeprowadzonych 4 września 2006 r. Ryby łowiono za pomocą agregatu plecakowego DEKA-Lord w pasach wody o szerokości około 10 m w 12 przekrojach koryta. Notowano liczbę i przybliżoną długość całkowitą okazów złowionych w poszczególnych korytach małej wody, w rozbiu na osobniki młodociane (<1 roku życia) i starsze (wiek ≥ 1 roku). Jako orientacyjną granicę rozdzielającą te kategorie wiekowe przyjęto długość 10 cm dla pstrągów i 5 cm dla pozostałych gatunków.

WYNIKI BADAŃ

Porównanie hydromorfologicznych parametrów rzeki pomiędzy przekrojami o różnej liczbie koryt małej wody wskazało, że stopień złożoności sieci przepływu znajduje wyraźne odzwierciedlenie w kształtowaniu się fizycznych cech siedlisk ryb. Zwiększaniu się liczby koryt małej wody towarzyszył liniowy wzrost ich łącznej szerokości ($R = 0,66$; $p = 0,02$), który kompensowany był zmniejszaniem się średniej prędkości wody ($R = -0,62$; $p = 0,03$), natomiast średnia głębokość wody nie była istotnie powiązana z liczbą koryt. W miarę wzrostu liczby koryt małej wody zaznaczało się także zmniejszanie się średniej średnicy ziarna osadu wyścielającego dno rzeki ($R = -0,82$; $p = 0,002$). Najbardziej uderzającą różnicą między przekrojami jedno- i wielonurtowymi był jednak różny stopień zróżnicowania fizycznych cech siedlisk (rys. 1). W przekrojach jednonurtowych zróżnicowanie głębokości i prędkości wody oraz średniej średnicy ziarna osadów dennych było znacznie mniejsze niż w przekrojach czteronurtowych, a współczynniki zróżnicowania tych trzech parametrów wzrastały liniowo wraz ze zwiększaniem się liczby koryt małej wody (głębokość: $R = 0,84$; $p = 0,0007$; prędkość: $R = 0,79$; $p = 0,002$; średnia średnica ziarna: $R = 0,77$; $p = 0,006$). W przekrojach jednonurtowych aluwialne dno rzeki tworzyły niemal wyłącznie żwiry, natomiast w przekrojach czteronurtowych oprócz dominującego materiału żwirowego występowały także partie dna pokryte piaskiem lub mułem (rys. 1).

Przeprowadzona waloryzacja hydromorfologiczna Czarnego Dunajca wskazała na duże zróżnicowanie hydromorfologicznej jakości rzeki w badanych przekrojach, z oceną tej jakości wynoszącą od 1,08 do 3,96 (rys. 2). Dla wszystkich badanych przekrojów czteronurtowych rzekę zaliczono do 1 klasy jakości hydromorfologicznej, przy czym w odniesieniu do dwóch przekrojów o morfologii wielonurtowej z dużym udziałem kęp (I oraz J) warunki hydromorfologiczne były jedynie nieznacznie przekształcone przez człowieka, nieco większy stopień ich przekształcenia cechował natomiast rzekę w przekrojach o morfologii wielonurtowej z udziałem kęp (H oraz K). W przypadku przekrojów jednonurtowych z uregulowanym korytem rzekę zaliczono do 4 klasy jakości.



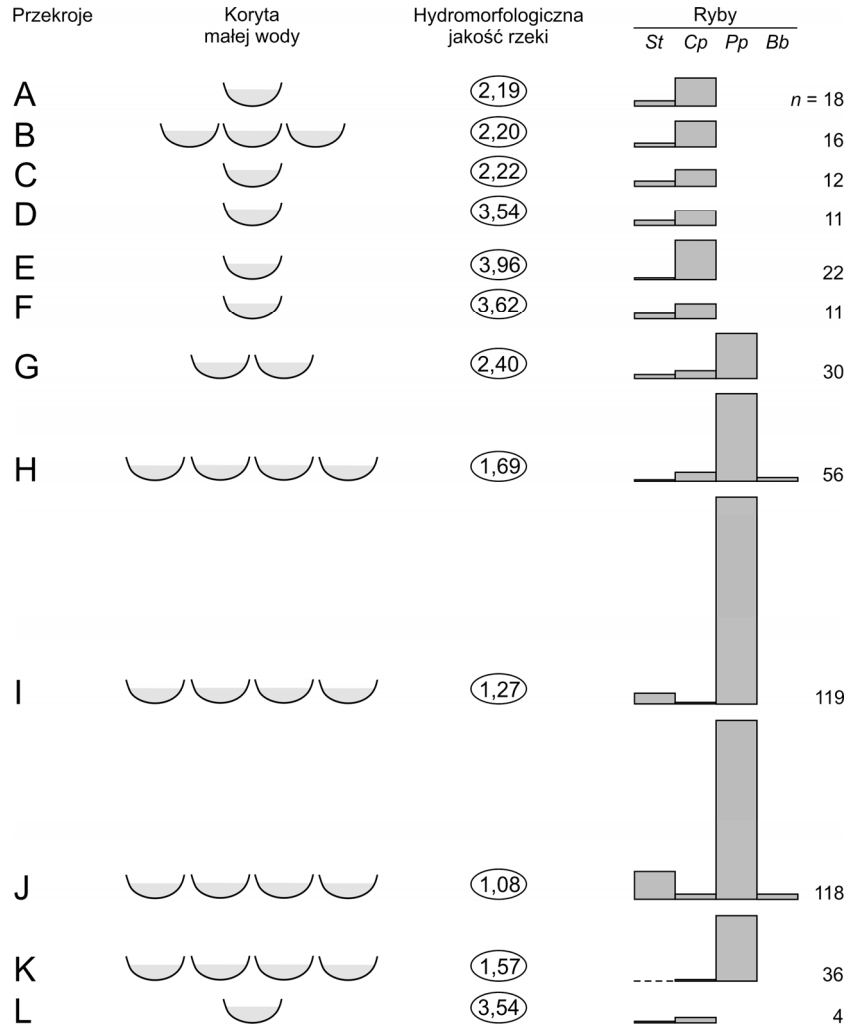
Rysunek 1. Przykładowe przekroje poprzeczne Czarnego Dunajca w odcinku uregulowanym (przekrój D) i nieuregulowanym (przekrój I). Dla koryt małej wody wskazano także średnią średnicę ziarna osadu na powierzchni dna oraz średnią prędkość wody, pomierzone w 1-metrowych odstępach. Skala dla prędkości jest ruchoma, z punktem zerowym usytuowanym na powierzchni wody w każdym z koryt małej wody

Figure 1. Examples of cross-sectional morphology of the Czarny Dunajec River in channelized reach (upper) and unmanaged reach (lower). For low-flow channels, mean size of the sediment on bed surface and mean flow velocity are indicated at 1m intervals. A scale for the velocity is movable, with its beginning located on the water surface at each low-flow channel

Na obniżenie oceny rzeki w tych przekrojach w największym stopniu wpłynęło radykalne przekształcenie geometrii koryta, brak form erozyjnych i depozycyjnych, przerwanie możliwości migracji organizmów wodnych przez budowle piętrzące, utrata hydraulicznej łączności koryta rzeki z obszarem zalewowym oraz możliwości bocznej migracji koryta. W dwóch przekrojach jednonurtowych oraz w przekroju trzynurtowym z korytem wciętym w podłoże skalne (A–C) rzekę zaliczono natomiast do 2 klasy jakości hydromorfologicznej.

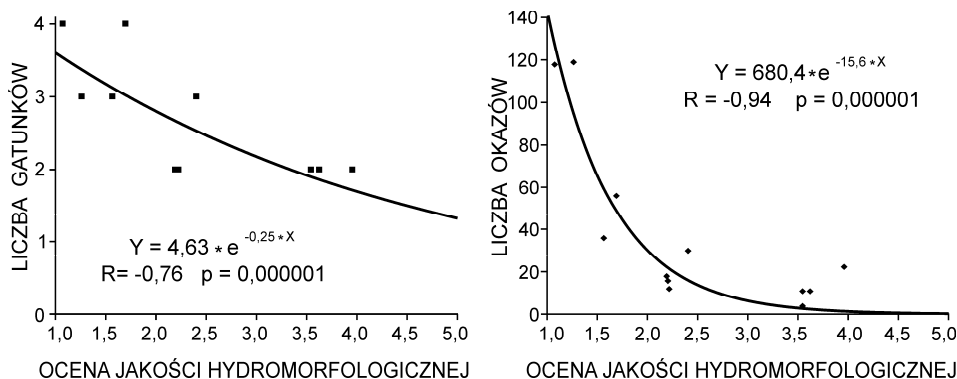
W badanych przekrojach łącznie odłowiono 1463 osobniki ryb, w tym 1010 młodocianych (<1 roku życia) i 453 starsze (w wieku ≥ 1 roku), należące do 4 gatunków: pstrąg potokowy *Salmo trutta* L. (odpowiednio: 16 i 40), głowacz przegopłety *Cottus poecilopus* Heckel (38 i 92), strzebla *Phoxinus phoxinus* (L.) (953 i 316) i śliz *Barbatula barbatula* (L.) (3 i 5). We wszystkich przekrojach były obecne tylko 2 z nich (pstrąg i głowacz), podczas gdy strzebla została stwierdzona w pięciu, a śliz tylko w dwóch przekrojach (rys. 2). Zarówno liczba starszych osobników, jak i liczba gatunków ryb były większe w przekrojach wielonurtowych (rys. 2). W korytach jednonurtowych odnotowano 2 gatunki i 4–22 osobniki (średnio: 13), w dwunurtowym: 3 gatunki i 30 osobników, w trzynurtowym: 2 gatunki i 16 osobników, a w czteronurtowym 3–4 gatunki i 36–119 osobników (średnio: 82). Różnice w liczbie gatunków i osobników pomiędzy korytami jedno- i czteronurtowymi były statystycznie istotne (test Manna-Whitneya: w obu przypadkach $p = 0,01$). Występowanie jedynie dwugatunkowych zespołów ryb o niewielkiej liczebności cechowało jednonurtowe przekroje Czarnego Dunajca usytuowane zarówno powyżej, jak i poniżej nieuregulowanego, wielonurtowego odcinka rzeki (rys. 2).

Analizując zależności pomiędzy fizycznymi cechami siedlisk a charakterystykami zespołów ryb stwierdzono, że liczba gatunków była wprost proporcjonalna do liczby koryt małej wody ($R = 0,83$; $p = 0,001$) i zróżnicowania głębokości wody w przekroju rzeki ($R = 0,75$; $p = 0,005$), natomiast liczba osobników wzrastała liniowo wraz ze zwiększaniem się liczby koryt małej wody ($R = 0,77$; $p = 0,004$) i zróżnicowania głębokości wody w przekroju rzeki ($R = 0,71$; $p = 0,009$) oraz zmniejszaniem się średniej średnicy ziarna osadów wyścielających dno rzeki ($R = 0,67$; $p = 0,02$). Ponadto, zarówno liczba gatunków, jak i osobników ryb zwiększała się wykładniczo w miarę wzrostu hydromorfologicznej jakości rzeki (gatunki: $R = -0,76$; $p = 0,000001$; osobniki: $R = -0,94$; $p = 0,000001$) (rys. 3). Szczególnie duży wzrost liczby osobników ryb zaznaczał się przy stosunkowo niewielkiej poprawie hydromorfologicznej jakości rzeki, jaka odpowiadała przejściu od wielonurtowej morfologii koryta z udziałem kęp do wielonurtowej morfologii z dużym udziałem kęp.



Rysunek 2. Zestawienie liczby koryt małej wody, oceny hydromorfologicznej jakości rzeki i wyników elektropołówów przeprowadzonych w 12 przekrojach Czarnego Dunajca: *St* – pstrąg potokowy, *Cp* – głowacz pręgopłetwy, *Pp* – strzebla, *Bb* – śliz, *n* – całkowita liczba okazów (osobniki w wieku ≥ 1 roku); linią przerywaną zaznaczono występowanie wyłącznie okazów młodocianych (< 1 roku)

Figure 2. Comparison of the number of low-flow channels, the assessment of hydro-morphological quality (figures in ellipses) and the results of electrofishing carried out at 12 cross-sections of the Czarny Dunajec River (designated A to L): *St* – *Salmo trutta* L., *Cp* – *Cottus poecilopus* Heckel, *Pp* – *Phoxinus phoxinus* (L.), *Bb* – *Barbatula barbatula* (L.), *n* – total number of subadult and adult (≥ 1 year old) individuals caught; dashed line indicates the occurrence of juveniles (YOY) only



Rysunek 3. Wykresy rozrzutu oraz linie regresji ustalone dla zależności pomiędzy hydromorfologiczną jakością rzeki w badanych przekrojach Czarnego Dunajca a liczbą gatunków i okazów ryb w wieku ≥ 1 roku stwierdzoną w tych przekrojach metodą pojedynczego elektropołowu

Figure 3. Scatter plots and estimated regression relationships between the number of fish species (left diagram) and subadult and adult fish specimens (right diagram) caught in the investigated cross-sections of the Czarny Dunajec, and the hydromorphological river quality in the cross-sections

DYSKUSJA

W badaniach przeprowadzonych w 2006 roku stwierdzono występowanie w Czarnym Dunajcu większości gatunków udokumentowanych tam w drugiej połowie XIX wieku [Nowicki 1883] i potwierdzonych w badaniach przeprowadzonych w latach 1975–1980 [Starmach 1984]. Zwraca uwagę brak lipienia *Thymallus thymallus* (L.), który według Starmacha [1984] współwystępował tu ze ślizem i sięgał w górę rzeki po Podczerwone (tj. w rejon przekroju D z niniejszych badań). Muhar i in. [2008] wskazali na znaczenie hydromorfologicznej jakości rzeki dla lipienia; w Drawie (dorzecze Dunaju, Austria) wyraźnie większe jego zagęszczenie, zwłaszcza ryb młodych, cechowało odcinki rzeki, w których usunięcie umocnień brzegów umożliwiło powstawanie płyczn i dzielenie się nurtu. Śliz, pospolity w dorzeczu górnego Dunajca, w środkowym biegu Czarnego Dunajca występuje na górnej granicy swego zasięgu [Starmach 1984], gdzie ważnym czynnikiem limitującym może być prędkość przepływu [Santoul i in. 2005]. Przewodzone w latach 70. XX wieku badania [Starmach 1984] udokumentowały także występowanie strzebli na całej długości analizowanego obecnie odcinka Czarnego Dunajca, być może z wyjątkiem najwyższego usytuowanego przekroju A. Zaistniałe w drugiej połowie wieku głębokie wcięcie się rzeki w okolicach Chochołowa (przekroje A–C) oraz przeprowadzona w ostatnich dziesięcioleciach regulacja koryta Czarnego Dunajca w odcinku pomiędzy

Podczerwonem i Wróblówką (obejmującym lokalizację przekrojów D–F) niemal całkowicie wyeliminowały tam obecność wielonurtowego koryta i występowanie pływów i spowodowały ujednoczenie warunków siedliskowych oraz znaczny wzrost prędkości przepływu i średniej średnicy ziarna osadów korytowych. Zmiany te, wraz z uniemożliwieniem migracji ryb przez budowle piętrzące powstałe w uregulowanym odcinku rzeki, mogły być przyczyną zaniku lipienia i ograniczenia zasięgu śliza oraz strzebli w badanym odcinku Czarnego Dunajca.

Większość badanych przekrojów Czarnego Dunajca cechuje się obecnie występowaniem dwugatunkowego zespołu ryb (pstrąg i głowacz) charakterystycznego dla górskich potoków o bystrym prądzie. W przekrojach wielonurtowych zespół ten wzbogacony jest o dodatkową grupę środowiskową [*ang.* environmental guild; Welcomme i in. 2006] związaną z głębozłazkami, reprezentowaną przez strzeblę [Starmach 1963]. Liczne występowanie osobników tego gatunku w przekrojach wielonurtowych uwypukliło związek pomiędzy liczbą koryt małej wody i liczbą osobników ryb w Czarnym Dunajcu. Obecność w przekrojach wielonurtowych nielicznie występującego śliza miała natomiast znaczenie dla wzmocnienia związku liczby gatunków z liczbą koryt małej wody.

Stwierdzone w Czarnym Dunajcu zależności pomiędzy liczbą gatunków i osobników ryb a charakterem koryta rzeki prawdopodobnie wynikają z wykazanych przez Smileya i Dibblego [2005] powiązań między formą koryta, warunkami siedliskowymi i zbiorowiskami organizmów (ryby oraz makrofauna denna, nieuwzględniona w niniejszych badaniach). Analizując powiązania liczby gatunków i osobników ryb w Czarnym Dunajcu z fizycznymi parametrami siedlisk, wykazano istotny związek bogactwa zespołów ryb ze stopniem zróżnicowania głębokości wody w analizowanych przekrojach, nie stwierdzono natomiast jego powiązania z łączną szerokością koryt małej wody. Wzrost liczebności i zróżnicowania gatunkowego zespołów ryb nie jest zatem efektem prostego powiększenia siedlisk, lecz odzwierciedla ich zwiększone zróżnicowanie [szczególnie tych siedlisk, które stanowią żerowiska i refugia, istotne zwłaszcza dla osobników młodocianych – Langler i Smith 2001; Dolinsek i in. 2007]. Wielonurtowe odcinki rzek cechuje większe niż w odcinkach jednonurtowych zróżnicowanie szeregu parametrów środowiskowych, w tym współwystępowanie grubo- i drobnoziarnistych osadów dennych, stref wolno i szybko płynącej wody, wypływu wód hyporeicznych i infiltracji wód rzecznych w dno rzeki, stref koryta o różnym zacienieniu i temperaturze wody oraz dostawie i retencji allochtonicznej materii organicznej, które łącznie odzwierciedlone jest w lepszej ocenie hydromorfologicznej jakości rzek w ich wielonurtowych odcinkach. Ponieważ związek pomiędzy formą koryta i warunkami siedliskowymi w korycie jest stosunkowo silny [Smiley, Dibble 2005], tłumaczy on obserwowany w Czarnym Dunajcu wzrost liczby gatunków, a zwłaszcza osobników ryb wraz z poprawą hydromorfologicznej jakości rzeki.

W wyniku nasilonej antropopresji w ostatnich kilkudziesięciu latach na znacznej części środkowego biegu Czarnego Dunajca nastąpiło przekształcenie wielonurtowego koryta w koryto jednonurtowe. Konsekwencją tego procesu było znaczne pogorszenie się hydromorfologicznej jakości rzeki w jej przekształconych odcinkach i współcześnie odcinki te cechuje wyraźnie mniejsze zróżnicowanie warunków siedliskowych dla ryb. Obecnie stwierdzono tam występowanie dwugatunkowego zespołu ryb, typowego dla rzek o bystrym prądzie, choć jeszcze trzydzieści lat temu na znacznej części analizowanego biegu rzeki notowano występowanie także innych gatunków ryb. Bogatsze gatunkowo i znacznie liczniejsze zespoły ryb stwierdzono natomiast w krótkim odcinku środkowego biegu rzeki, w którym brak znacznej ingerencji człowieka umożliwił zachowanie naturalnej dynamiki rzeki i wielonurtowego koryta. Odcinek ten cechuje duże zróżnicowanie warunków siedliskowych, odzwierciedlone w wysokiej ocenie hydromorfologicznej jakości rzeki w badanych przekrojach wielonurtowych. Zachowanie naturalnej dynamiki rzeki i dużego zróżnicowania morfologicznego jej koryta w tym odcinku będzie mieć kluczowe znaczenie dla zachowania gatunkowego zróżnicowania zespołów ryb w Czarnym Dunajcu i przywrócenia w przyszłości tego zróżnicowania w przekształconych odcinkach rzeki. Wykazane w niniejszych badaniach wyraźne powiązanie liczebności i różnorodności zespołów ryb ze stopniem morfologicznego zróżnicowania koryta i hydromorfologiczną jakością rzeki wskazuje, iż uzyskanie w przyszłości poprawy ekologicznego stanu tej i innych rzek górskich – którego przejawem jest bogactwo zespołów ichtiofauny – będzie wymagało zwiększenia morfologicznej złożoności ich koryt i poprawy hydromorfologicznego stanu rzek.

BIBLIOGRAFIA

- CEN. *Water quality – Guidance standard for assessing the hydromorphological features of rivers*. 2003, EN-14614.
- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyżga B., Zalewski J. *Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2005.
- Dolinsek I. J., Grant W. A., Biron P. M. *The effect of habitat heterogeneity on the population density of juvenile Atlantic salmon Salmo salar L.* Journal of Fish Biology, vol. 70, 2007, s. 206–214.
- Dudziak J. *Dzika eksploatacja kamienia w powiecie nowotarskim*. Ochrona Przyrody, t. 31, 1965, s. 161–187.
- Habersack H., Piégay H. *River restoration in the Alps and their surrounding: past experience and future challenges*. [w:] *Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration* (red. Habersack H., Piégay H., Rinaldi M.) Elsevier, 2008, s. 703–737.
- Krzemień K. *The Czarny Dunajec River, Poland, as an example of human-induced development tendencies in a mountain river channel*. Landform Analysis, vol. 4, 2003, s. 57–64.
- Kulesza K. *Ocena ekologicznego stanu rzek i potoków na przykładzie górskiej rzeki Czarny Dunajec*. [w:] Konferencja „Bliskie naturze kształtowanie rzek i potoków”, Zakopane, 5-7 października 1998, 1998, s. 105–119.

- Lach J., Wyżga B. *Channel incision and flow increase of the upper Wisłoka River, southern Poland, subsequent to the reafforestation of its catchment*. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 27, 2002, s. 445–462.
- Langler G. J., Smith C. *Effects of habitat enhancement on 0-group fishes in a lowland river*. *Regulated Rivers: Research and Management*, vol. 17, 2001, s. 677–686.
- Muhar S., Jungwirth M., Unfer G., Wiesner C., Poppe M., Schmutz S., Hohensinner S., Habersack H. *Restoring riverine landscapes at the Drau River: successes and deficits in the context of ecological integrity*. W: *Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration* (red. Habersack H., Piégay H., Rinaldi M.) Elsevier, 2008, s. 779–807.
- Nachlik E. *Współczesne uwarunkowania w utrzymaniu rzek i potoków*. *Gospodarka Wodna*, z. 9, 2005, s. 354–357.
- Nowicki M. *Przegląd rozszedlenia ryb w wodach Galicji według dorzeczy i krain rybnych*. E. Hözl (Wiedeń), 1883, mapa.
- Radecki-Pawlik A. *Pobór żwiru i otoczków z dna potoków górskich*. *Gospodarka Wodna*, z. 2, 2002, s. 17–19.
- Rinaldi M., Wyżga B., Surian N. *Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives*. *River Research and Applications*, vol. 21, 2005, s. 805–828.
- Santoul F., Mengin N., Céréghino R., Figuerola J., Mastroiello S. *Environmental factors influencing the regional distribution and local density of a small benthic fish: the stone loach (Barbatula barbatula)*. *Hydrobiologia*, vol. 544, 2005, s. 347–355.
- Smiley P. C., Dibble E. D. *Implications of a hierarchical relationship among channel form, instream habitat, and stream communities for restoration of channelized streams*. *Hydrobiologia*, vol. 548, 2005, s. 279–292.
- Starmach J. *Występowanie i charakterystyka strzebli (Phoxinus phoxinus L.) w dorzeczu potoku Mszanka*. *Acta Hydrobiologica*, z. 4, 1963, s. 367–381.
- Starmach J. *Fish zones of the River Dunajec upper catchment basin*. *Acta Hydrobiologica*, vol. 25/26, 1984, s. 415–427.
- Welcomme R. L., Winemiller K. O., Cowx I. G. *Fish environmental guilds as a tool for assessment of ecological condition of rivers*. *River Research and Applications*, vol. 22, 2006, s. 377–396.
- Wyżga B. *A review on channel incision in the Polish Carpathian rivers during the 20th century*. W: *Gravel-Bed Rivers VI: From Process Understanding to River Restoration* (red. Habersack H., Piégay H., Rinaldi M.) Elsevier 2008, s. 525–555.
- Wyżga B., Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Zalewski J. *Ocena stanu istniejącego cieków z karpackiej części dorzecza górnej Wisły i możliwości jego poprawy w świetle "Zasad dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich"*. [w:] *Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej* (red. Tomiałojć L., Drabiński A.), 2008, s. 191–208.
- Zawiejska J., Krzemień K. *Human impact on the dynamics of the upper Dunajec River channel: a case study*. *Geografický Časopis*, vol. 56, 2004, s. 111–124.

Dr Bartłomiej Wyżga, Dr Antoni Amirowicz
Instytut Ochrony Przyrody PAN, al. Mickiewicza 33, 31-120 Kraków

Prof. dr hab. Artur Radecki-Pawlik
Katedra Budownictwa Wodnego, Uniwersytet Rolniczy, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

Dr Joanna Zawiejska
Instytut Geografii, Akademia Pedagogiczna, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

Recenzent: Prof. dr hab. Wojciech Fiałkowski