

# 7

## ZAGROŻENIA DLA ZRÓWNOWAŻONEGO STANU ŚRODOWISKA CIEKÓW KARPACKICH I PROPONOWANE DZIAŁANIA ZARADCZE

**Bartłomiej Wyżga, Antoni Bojarski, Józef Jeleński, Jacek Zalewski**

**Abstrakt:** Znaczne wcięcie się rzek i potoków karpackich w ciągu XX wieku, zmniejszenie możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w dnach dolin oraz pogorszenie się hydromorfologicznych warunków bytowania organizmów wodnych spowodowały, że stan środowiska większości cieków karpackich znacząco odbiega od stanu zrównoważonego. Przywracaniu zrównoważonego stanu środowiska potoków i rzek górskich będzie sprzyjać dopuszczenie do formowania się naturalnych tam z powalonych drzew, swobodna migracja cieków w obrębie wyznaczonych korytarzy w dnach dolin oraz sztuczne podwyższanie bystrzy we wciętych ciekach. Wskazano także niezbędne zmiany dotychczasowych praktyk projektowania, wymiarowania i wykonawstwa koryt regulacyjnych w ciekach żwirowodnych.

**Słowa kluczowe:** ciek górski, zrównoważony stan środowiska cieków, utrzymanie koryta, regulacja cieków

### 1. Wprowadzenie

Cieki stanowią szlaki odprowadzania wód i rumowiska z obszarów zlewni oraz ekosystemy, w których jakość warunków hydromorfologicznych znajduje odzwierciedlenie w bogactwie biocenoz. Zrównoważony stan środowiska cieków cechuje się:

- pozostawianiem cieków w stanie dynamicznej równowagi, w której odprowadza on w dół swego biegu taką samą ilość rumowiska, jaka jest dostarczana do danego przekroju doliny, zaś dno cieków w dłuższym terminie utrzymuje się na jednakowej wysokości,

- równowagą pomiędzy funkcją odprowadzania wód wezbraniowych w dół biegu cieków oraz funkcją ich retencjonowania w obszarach zalewowych, oraz
- statusem ekologicznym cieków i jego korytarza na co najmniej dobrym poziomie.

Zaistniałe w XX wieku zmiany potoków i rzek z karpackiej części dorzecza górnej Wisły spowodowały, że tak zdefiniowany stan środowiska tych cieków w wielu ich odcinkach znacząco odbiega od stanu zrównoważonego. Poniżej omówiono zasadnicze przyczyny takiej sytuacji.

## 2. Zagrożenia dla zrównoważonego stanu środowiska potoków i rzek karpackich

W XX wieku karpackie dopływy Wisły oraz ich górskie dopływy cechowała wyraźna tendencja do obniżania się dna ich koryt [Wyźga, 2003, 2008 – w tym tomie]. Wskazuje na to obniżanie się minimalnych rocznych stanów rzek, które w dolnym i środkowym biegu karpackich dopływów Wisły wyniosło w minionym stuleciu 1,3-3,8 m. W drugiej połowie stulecia obniżanie się dna rzek zaznaczyło się także w górnym biegu karpackich dopływów Wisły oraz w ich beskidzkich i podhalańskich dopływach. Na wielu górskich odcinkach cieków doprowadziło ono do całkowitego wyprątnięcia aluwów z koryt, a niekiedy także do rozcięcia podłoża skalnego o mniejszej odporności.

Szybkie wcinanie się potoków i rzek karpackich było wynikiem [zob. Wyźga, 2008 – w tym tomie]:

- zwiększenia zdolności transportowej cieków w toku robót regulacyjnych,
- ograniczenia dostawy rumowiska ze zlewni i wyższych odcinków rzek w wyniku zmian zagospodarowania zlewni i koryt cieków,
- bezpośredniego ubytku rumowiska dennego z cieków spowodowanego eksploatacją żwirów z koryt, oraz
- wzrostu podatności materiału dennego na uruchomienie wskutek niszczenia wewnętrznej struktury osadów oraz obrukowania dna rzek w trakcie prac regulacyjnych i eksploatacji żwirów.

Wraz z wcięciem się rzek nastąpił wzrost koncentracji przepływów wezbraniowych w pogłębionych korytach i znaczące zmniejszenie się udziału wód wezbraniowych przenoszonych w obszarach zalewowych [Wyźga, 2001a]. W rezultacie drastycznego zmniejszenia się możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w obszarach zalewowych rzek karpackich znacząco zwiększyły się kulminacyjne przepływy wezbraniowe notowane w dolnym końcu pogłębionych odcinków rzek przy wystąpieniu określonego przepływu w górnym końcu tych odcinków [Wyźga, 1996]. Wcięcie się rzek nie spowodowało zatem zmniejszenia zagrożenia powodziowego w dorzeczu górnej Wisły, lecz jedynie jego odsunięcie w dół biegu rzek. W górnych częściach wciętych odcinków rzek obniżenie się dna koryt umożliwiło zmniejszenie maksymalnych stanów, choć równoczesny wzrost jednostkowej energii przepływów wezbraniowych skoncentrowanych w pogłębionych korytach zwiększył ryzyko erozji dna i brzegów tych koryt. Szyb-

kie zwiększanie się kulminacyjnych przepływów fal wezbraniowych przemieszczających się w pogłębionych korytach spowodowało natomiast znaczny wzrost zagrożenia powodziowego w dolnych odcinkach karpackich dopływów Wisły i, w rezultacie, także w dolinie górnej Wisły.

Stosowanym dotychczas środkiem zapobiegawczym dla erozji wgłębnej w ciekach górskich było wznoszenie stopni i progów piętrzących [Bednarczyk i in., 2003]. W niektórych lokalizacjach rozwiązanie takie było konieczne, jednak stosowanie go w odcinkach cieków oddalonych od zabudowy i obiektów infrastruktury niepotrzebnie stwarzało dalsze zagrożenia. Wiązało się bowiem z formowaniem wyprostowanych



Ryc. 7.1. Szybki, skoncentrowany odpływ wód wezbraniowych wyprostowanym i zwężonym korytem regulacyjnym rzeki górskiej.

Fig. 7.1. Fast, concentrated flow of flood water in a straightened and narrowed, artificial channel of a mountain river.

i zwężonych koryt regulacyjnych, którymi następował przyspieszony odpływ wód wezbraniowych (ryc. 7.1).

Szereg zmian warunków hydromorfologicznych w ciekach karpackich przyczyniło się także do pogorszenia ich statusu ekologicznego. Te niekorzystne oddziaływania obejmowały:

- zmniejszenie morfologicznego i hydraulicznego zróżnicowania cieków w wyniku regulacji ich koryt,
- przekształcenie koryt aluwialnych w koryta skalne w wielu odcinkach cieków, jakie nastąpiło w wyniku nasilonej erozji wgłębnej,
- przegradzanie cieków budowlami piętrzącymi, utrudniające lub uniemożliwiające migracje ryb wzdłuż cieków (ryc. 7.2),



Ryc. 7.2. Przerwanie możliwości migracji ryb w rzece górskiej wskutek przegrodzenia jej koryta betonowym stopniem. Pomimo obecności przepławki w betonowej obudowie przeciwnego brzegu, jej boczne usytuowanie i brak prądu wabiącego stwarzają znikome szanse znalezienia wejścia do niej przez ryby.

Fig. 7.2. Disruption of the longitudinal continuity of a mountain river for fish by a concrete weir. Although a fish pass has been constructed in the weir, its marginal location and a lack of attracting current make it very difficult to find an inlet to the pass by fish.

– towarzyszące wcięciu się rzek i zabudowie brzegów koryt ograniczenie wymiany pomiędzy wodami rzecznyymi i wodami krążącymi w aluwiach oraz wycinanie nadrzecznych drzew, prowadzące do wzrostu temperatury wód rzecznych w okresach upałów, szkodliwego dla ryb łososiowatych, oraz

– wysychanie starorzeczy i ubożenie roślinnych i zwierzęcych zbiorowisk nadrzecznych ekosystemów, spowodowane obniżeniem się wód gruntowych w dnach dolin w ślad za pogłębieniem się koryt.

Pogorszenie się warunków hydromorfologicznych w ciekach znajduje wyraźne odzwierciedlenie w spadku i liczebności zasiedlających je organizmów wodnych [Wyżga i in., 2008], prowadzi zatem do rzeczywistego pogorszenia się statusu ekologicznego cieków.

### 3. Proponowane działania wspomagające powrót cieków do stanu zrównowżonego

Ramowa Dyrektywa Wodna Unii Europejskiej nakłada na kraje członkowskie obowiązek osiągnięcia do 2015 r. co najmniej dobrego statusu ekologicznego wód powierzchniowych [Dyrektywa 2000/60/WE]. W ramach dążenia do osiągnięcia tego celu, z inicjatywy Ministerstwa Środowiska powstało opracowanie „Zasady dobrej



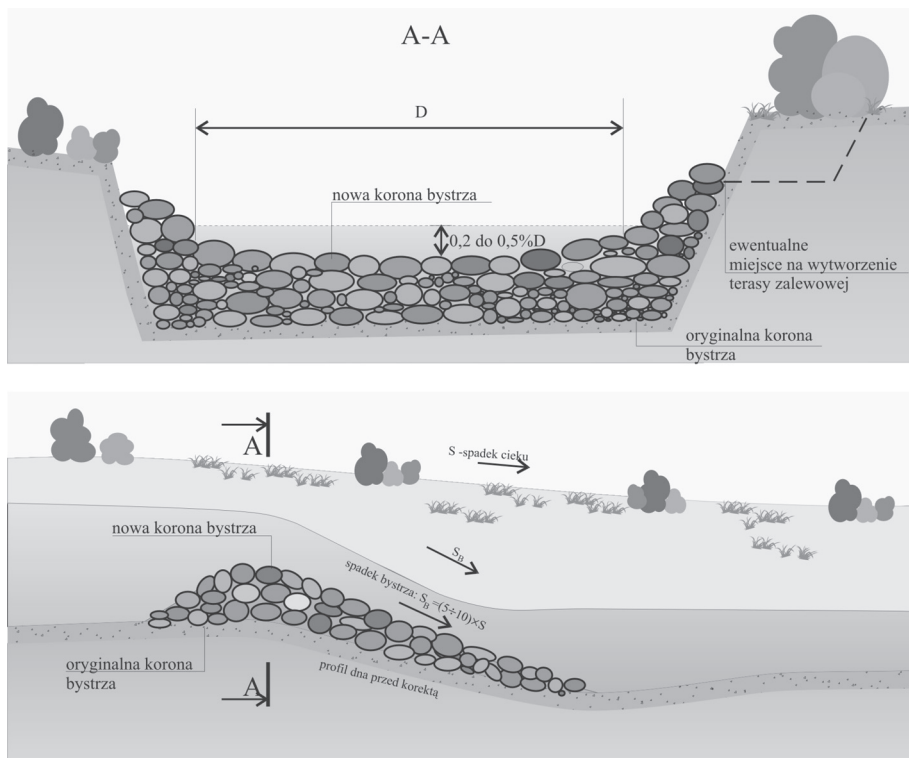
*praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*” [Bojarski i in., 2005]. Przedstawiono w nim ramy koncepcyjne nowego podejścia do utrzymania cieków górskich w południowej Polsce, proponując rozwiązania zmierzające do zahamowania i odwrócenia dotychczasowego trendu obniżania się dna cieków, odtworzenia możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w obszarach zalewowych i przywrócenia lub utrzymania wysokiego statusu ekologicznego cieków przy zachowaniu dotychczasowego poziomu przeciwpowodziowej i przeciwerozryjnej ochrony obszarów zabudowanych i obiektów infrastruktury. Autorzy opracowania wykorzystali współczesny stan wiedzy na temat przyjaznych środowisku przyrodniczemu metod utrzymania i kształtowania koryt cieków [Brookes, Shields, 1996; Petts, Calow, 1996; Thorne i in., 1997], proponując także rozwiązania własne.

Dobre efekty w rewitalizacji potoków górskich, zwłaszcza dociętych do podłoża skalnego, może przynieść dopuszczenie do samorzutnego formowania się naturalnych tam z powalonych drzew (ryc. 7.3) lub sztuczne formowanie niskich tam z jednej lub kilku kłód [Reich, 1999; Bojarski i in., 2005; Wyżga, 2007]. Ich obecność w korycie potoku będzie sprzyjać zmniejszeniu jego pojemności, akumulacji rumowiska powyżej tam i rozpraszaniu energii wód wezbraniowych u ich podnóża oraz różnicowaniu głębokości wody i prędkości przepływu w obrębie koryta, sprzyjającemu zróżnicowaniu siedlisk organizmów wodnych. Naturalne tamy drzewne, tworząc się w różnych miejscach wzdłuż biegu potoku i ulegając z czasem rozkładowi, umożliwiają utrzymywanie aluwialnego dna cieków [Montgomery i in., 1996], nie powodując jego trwałego wypłycenia w określonym przekroju, tak jak ma to miejsce w przypadku progów betonowych. Tamy takie



Ryc. 7.3. Naturalna tama drzewna utworzona przez kłodę świerkową łączącą brzozi potoku.

Fig. 7.3. Natural wood dam formed of a spruce log spanning the banks of a mountain stream.



Ryc. 7.4. Korekta przepustowości koryta za pomocą sztucznego bystrza z głazów.

Fig. 7.4. Sketch showing the reduction of channel conveyance by an artificial riffle made of boulders.

stanowią naturalny element w krajobrazie leśnym, a ich wysokość jest możliwa do pokonania przez ryby łososiowate, dzięki czemu nie zaburzają one możliwości przemieszczania się ryb wzdłuż biegu potoku.

W przypadku wciętych potoków i rzek o aluwialnym korycie, płynących w oddaleniu od obszarów zabudowanych, wskazane jest zastąpienie przeciwozyjnej zabudowy brzegów koryta przeciwozyjną zabudową granic obszaru zalewowego, z dopuszczeniem do swobodnej migracji ciek w obrębie tak wyznaczonego korytarza [Bojarski i in., 2005, zobacz także: Nieznański i in., 2008 – w tym tomie]. Efektem bocznej migracji ciek będzie wzrost krętości i szerokości koryta, zmniejszający zdolność transportową ciek, oraz zwiększenie dostawy rumowiska z erodowanych brzegów ułatwiające powrót do stanu równowagi w danym oraz niższym odcinku ciek.

Koncentrowanie się przepływów wezbraniowych w pogłębionych korytach skutkuje wywieraniem zbyt dużych naprężeń ścinających na dno ciek, prowadząc do jego dalszego obniżania. W celu przywrócenia równowagi cieków o nadmiernie pogłębionych korytach regulacyjnych, których przebieg w obrębie dna doliny musi zostać zachowany, zaproponowano sztuczne podwyższanie koron bystrzy za pomocą ramp



Ryc. 7.5. Sztuczne bystrze z głazów zmniejszające przepustowość koryta i ułatwiające rozpraszanie energii wód wezbraniowych.

Fig. 7.5. Artificially elevated riffle made of boulders, constructed to reduce conveyance of the channel and disperse the energy of flood water.

o parabolicznym przekroju poprzecznym, wykonanych z co najmniej dwóch warstw głazów zamulonych żwirem, które zostaną ułożone w spadku 5-10-krotnie większym od średniego spadku ciek (ryc. 7.4) [Bojarski i in., 2005]. Obniży to zdolność transportową cieków poprzez: (i) zmniejszenie przepływów przenoszonych w obrębie koryta, (ii) zmniejszenie spadku cieków pomiędzy bystrzami, oraz (iii) zwiększenie szorstkości dna w obrębie sztucznych bystrzy [Ślizowski i in., 2008]. Korygując profil podłużny cieków i przepustowość koryta bystrza takie, w przeciwieństwie do formowanych dotychczas progów lub ramp betonowych, nie będą stanowić przeszkody dla komunikacji organizmów wodnych wzdłuż biegu cieków (ryc. 7.5).

Wskazane rozwiązania będą sprzyjać przywróceniu równowagi dynamicznej cieków karpaccich poprzez zmniejszenie ich zdolności transportowej (tamy drzewne, korytarz swobodnej migracji cieków, sztuczne bystrza) lub zwiększenie dostawy rumowiska do cieków (korytarz swobodnej migracji cieków).

Wobec dominującej tendencji cieków karpaccich do wcinania się konieczne jest wyeliminowanie ubytku rumowiska dennego spowodowanego eksploatacją żwirów z koryt [Rinaldi i in., 2005]. Wymaga to przeciwdziałania niekontrolowanemu poborowi kruszywa z cieków oraz zaniechania praktyki usuwania łańcuchów żwirowych usytuowanych naprzeciw brzegów zagrożonych erozją, prowadzonej w celu utrzymania rzek w obrębie wytyczonych tras regulacyjnych. Ochrona takich brzegów powinna polegać na wzmocnieniu lub odbudowie umocnień zagrożonych erozją.

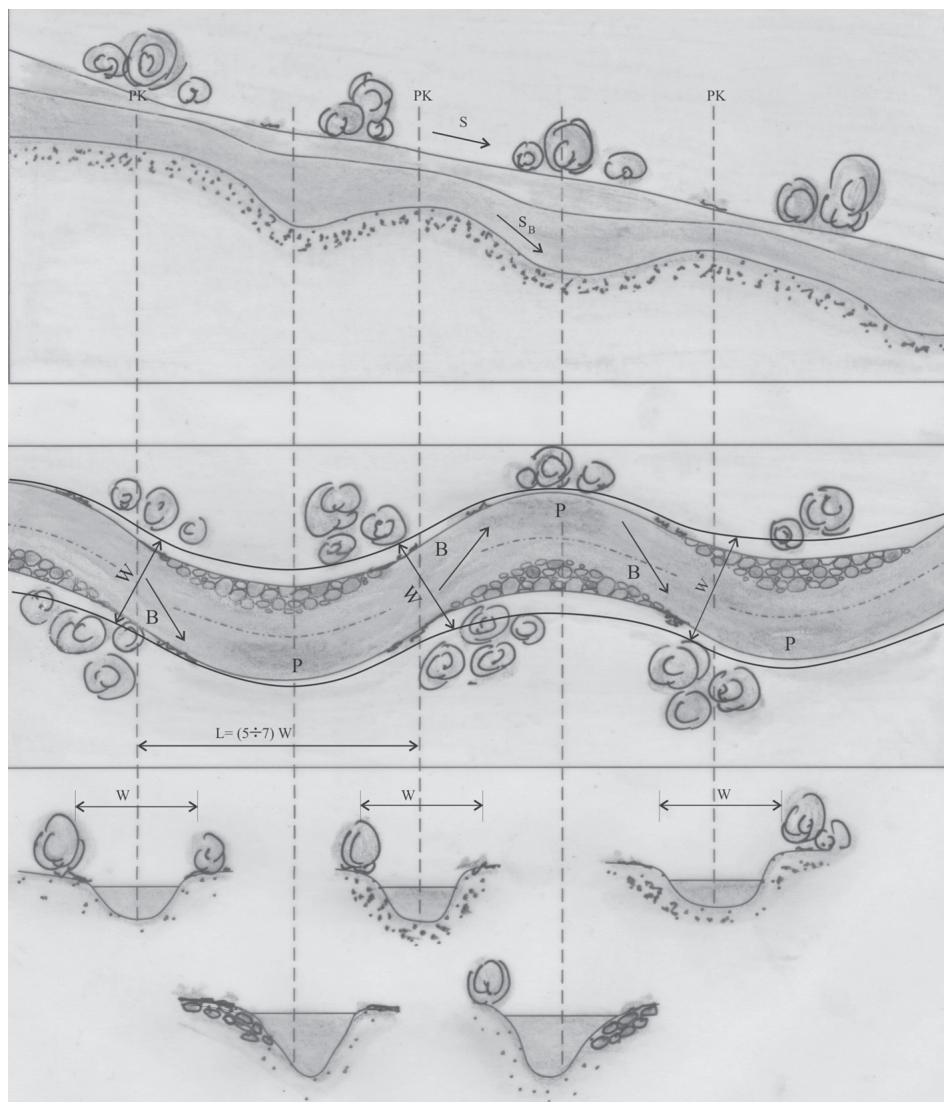
#### 4. Kształtowanie zabudowy regulacyjnej cieków

W „Zasadach...” [Bojarski i in., 2005] poruszono także kilka aspektów projektowania zabudowy regulacyjnej cieków. Wskazano, że utrata zdolności retencyjnych obszarów nadrzecznych, będąca skutkiem kształtowania koryt regulacyjnych o dużej pojemności w odcinkach cieków biegnących przez tereny o intensywnym zagospodarowaniu, powinna być kompensowana zwiększeniem możliwości retencji wód wezbraniowych w odcinkach dolin biegnących przez tereny leśne lub użytki zielone. Obowiązujące dotychczas wytyczne projektowe nakazywały formowanie tu koryt o zbyt dużej pojemności (mieszczących wody 2-letniego wezbrania) i powinny zostać zmienione, tak aby możliwe było odtworzenie zdolności retencyjnych w odcinkach dolin o niskim zagospodarowaniu.

Pozostające w równowadze lub wcinające się naturalne ciekі żwirowe formują koryta kręte lub meandrowe z na przemian występującymi bystrzami i przegłębieniami. Koryta te cechują rytmiczne zmiany ich geometrii wzdłuż podłużnego profilu dna, w planie oraz w przekroju poprzecznym, z podłużnym rozstawem kolejnych bystrzy odpowiadającym średnio 5-7 wielokrotnościom pełnokorytowej szerokości ciekі (ryc. 7.6). Zróżnicowaniu spadku dna na bystrzach i w przegłębieniach odpowiada zróżnicowanie uziarnienia osadów dennych, z grubszym materiałem budującym bystrza, a drobniejszym wyścielającym dno ciekі w przegłębieniach. Przy projektowaniu i wykonaniu koryt regulacyjnych konieczne jest jak najpełniejsze zachowanie lub ewentualnie odtworzenie zróżnicowania geometrii i uziarnienia dna, cechujących naturalne koryta żwirowe, z wykluczeniem formowania trapezowego przekroju typowego powtarzanego we wszystkich kolejnych przekrojach wzdłuż trasy regulacyjnej. Przy obecnym reżimie zasilania rzek karpackich rumowiskiem koryta o trapezowym przekroju są nietrwałe, ulegając szybkiemu przekształceniu w koryta o przekroju trójkątnym [Wyżga, 2001b], jednakże towarzyszy temu uruchomienie i odprowadzenie w dół ciekі znacznych ilości materiału dennego, prowadząc do obniżenia dna, zawieszenia umocnień brzegów i znacznego zwiększenia pojemności koryta w stosunku do pojemności projektowanej.

Dotychczas stosowane metody obliczeniowe koryt regulacyjnych oparte były o przekrój trapezowy, dla którego obliczano parametry równowagi podłoża przy przepływie w całości wypełniającym koryto regulacyjne. Takie podejście skutkowało koniecznością zamiany naturalnych koryt żwirowych w założone w procesie projektowania kanały o powtarzalnym wzdłuż ich biegu przekroju typowym, co pozwalało założyć, że w warunkach ruchomego dna przez każdy kolejny przekrój koryta przemieszcza się jednakowa ilość rumowiska i nie ulega ono depozycji w formie odsypów brzegowych. Konieczność formowania koryt regulacyjnych, jak najpełniej zachowujących geometrię naturalnych koryt żwirowych meandrujących w płaszczyźnie poziomej i pionowej, wymaga analizy równowagi ciekі bez potrzeby uprzedniej zamiany jego przekroju na przekrój trapezowy. W „Zasadach...” [Bojarski i in., 2005]





Ryc. 7.6. Schemat zróżnicowania geometrii krętych i meandrowych koryt żwirowych w profilu podłużnym, w planie oraz w przekroju poprzecznym. B – bystrze; P – przegłębienie; W – szerokość koryta; L – długość fali meandra; S – spadek koryta; SB – spadek bystrza; PK – przekrój kontrolny.

Fig. 7.6. Sketch showing the variability in longitudinal, planform and cross-sectional channel geometry of meandering, gravel-bed watercourses. B – riffle; P – pool; W – bankfull channel width; L – meander wavelength; S – channel slope; SB – riffle bed slope; PK – control cross-section.

zaproponowano taką analizę, która:

– rozpatruje warunki równowagi cieków w przekrojach kontrolnych umiejscowionych na koronach kolejnych bystrzy (ryc. 7.6), których usytuowanie decyduje o pojemności koryta,

– porównuje wartości jednostkowej mocy strumienia przy określonym przepływie (np. pełnokorytowym) w analizowanym odcinku cieką i w jego stabilnych odcinkach, lub w danym odcinku cieką przed i po zamierzonej regulacji koryta.

Cieki pozostające w równowadze z osadami wyścielającymi dno doliny mają koryta o pojemności zbliżonej do przepływu o częstotliwości wystąpienia raz na półtora roku [Williams, 1978]. Koryta regulacyjne o projektowanej pojemności większej od przepływu półtorarocznego będą zatem wykazywać tendencję do wcinania się, gdyż moc strumienia w takich korytach będzie większa od występującej w ciekach naturalnych pozostających w równowadze. Wcinaniu się takich koryt może zapobiec:

– zmniejszenie jednostkowej mocy strumienia osiągnięte za pomocą:

- poszerzenia koryta,
- przeniesienia części objętości przepływu wezbraniowego w obręb sztucznie utworzonej terasy zalewowej (uformowanie tzw. koryta dwudzielnego) lub kanału ulgi [por. Hey, 1996],
- zmniejszenia spadku pomiędzy koronami bystrzy osiągniętego albo wskutek wydłużenia płos (w trakcie zwiększania krętości cieką), albo za pomocą progów lub ramp kamiennych

– zasadnicze zwiększenie średnicy ziarna w opancerzeniu bystrzy (doziarnienie dna).

Niezbędne są także zmiany w prowadzeniu prac utrzymaniowych w ciekach, które pozwoliłyby na wyeliminowanie działań zwiększających podatność rumowiska dennego na uruchomienie. Spowodowane takimi działaniami ułatwione uruchamianie osadów korytowych prowadzi bowiem do nasilonego odprowadzania rumowiska w dół cieką, a w konsekwencji do obniżenia dna i zwiększenia pojemności koryta w stosunku do założonego przepływu miarodajnego. Remonty umocnień brzegowych należy zatem wykonywać bez wjeżdżania maszyn do koryta i przemieszczania mas ziemnych w poprzek cieką. Należy zaprzestać formowania w trakcie robót grodzki ziemnych z przepychanego materiału korytowego, zastępując je grodzami modułowymi lub grodzami z materiału ziarnistego dowiezionego spoza rzeki.

## 5. Uwagi końcowe

W minionym stuleciu działania hydrotechniczne w rzekach górskich były nakierowane na formowanie „kanałów” służących jak najszybszemu odprowadzeniu wód opadowych lub roztopowych w czasie wezbrań do niższych odcinków ich biegu. Takie postępowanie nie przyniosło zmniejszenia zagrożenia powodziowego, lecz jedynie jego odsunięcie w dół biegu rzek, a jednocześnie spowodowało ono utratę pionowej stabilności koryt i pogorszenie statusu ekologicznego cieków górskich. Wobec licznych niekorzystnych efektów takich działań, konieczna jest zmiana dotychczasowej strategii postępowania wobec rzek na taką, która przywróci rzekom przestrzeń w dnach dolin niezbędną dla ich właściwego funkcjonowania oraz po-

zwoli zarządom wodnym i projektantom na uwzględnianie hydromorfologicznych i ekologicznych elementów środowiska cieków w co najmniej równej mierze z technicznymi zasadami kształtowania i zabudowy koryt. Przedstawione w „Zasadach...” [Bojarski i in., 2005] kierunki działania – począwszy od wykorzystania grubego rumoszu drzewnego a skończywszy na modyfikowaniu koryt regulacyjnych – rozszerzają wachlarz rozwiązań, jakie administratorzy cieków i projektanci mogą wykorzystać w celu utrzymania lub przywrócenia zrównoważonego stanu środowiska potoków i rzek górskich.

### Piśmiennictwo

- Bednarczyk T., Radecki-Pawlik A., Słowik-Opoka E., 2003: Wpływ regulacji technicznej rzeki Łososiny na zmianę warunków transportu rumowiska wlezonego dopływającego do zbiornika „Czchów”. *Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus*, **2(2)**, 13-24.
- Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyźga B., Zalewski J., 2005: *Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- Brookes A., Shields F. D., 1996: *River channel restoration. Guiding principles for sustainable projects*. Wiley, Chichester.
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w zakresie polityki wodnej. [w:] L. Tomiałojć, A. Drabiński (red.), 2005, *Środowiskowe aspekty gospodarki wodnej*. Komitet Ochrony Przyrody PAN, Wrocław, 355-485.
- Hey R. D., 1996: Environmentally sensitive river engineering. [w:] G. Petts, P. Calow (red.), *River Restoration*. Blackwell, 80-105.
- Montgomery D. R., Abbe T. B., Buffington J. M., Peterson N. P., Schmidt K. M., Stock J. D., 1996: Distribution of bedrock and alluvial channels in forested mountain drainage basins. *Nature*, **381**, 587-589.
- Nieznański P., Wyźga B., Obrdlik P., 2008: Korytarz swobodnej migracji rzeki – koncepcja i jej wdrażanie w czesko-polskim, granicznym odcinku Odry. [w:] B. Wyźga (red.), *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 135-144.
- Petts G., Calow P., 1996: *River Restoration*, Blackwell, Oxford.
- Reich M., 1999: Ecological, technical and economical aspects of stream restoration with large wood, *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, **8**, 251-253.
- Rinaldi M., Wyźga B., Surian N., 2005: Sediment mining in alluvial channels: physical effects and management perspectives. *River Research and Applications*, **21**, 805-828.
- Ślizowski R., Radecki-Pawlik A., Huta K., 2008. Analiza wybranych parametrów hydrodynamicznych na bystrzu o zwiększonej szorstkości na przykładzie eksploatacji bystrza potoku Sanoczek, Bieszczady, Karpaty Polskie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, **2**, 47-58.
- Thorne C. R., Hey R. D., Newson M. D., 1997: *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Wiley, Chichester.

- Williams G. P., 1978: Bank-full discharge of rivers. *Water Resources Research*, **14**, 1141-1154.
- Wyźga B., 1996: Metody oceny wpływu zmian morfologii koryta na przepływy wezbraniowe. *Wiadomości IMGW*, **19**, 49-70.
- Wyźga B., 2001a: Wpływ pogłębiania się koryt karpackich dopływów Wisły na zmiany warunków sedimentacji pozakorytowej. [w:] W. Chełmicki (red.), *Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim. Część I: Procesy, gospodarka, monitoring*, Wyd. Instytutu Geografii UJ, Kraków, 83-104.
- Wyźga B., 2001b: Regulacja koryt karpackich dopływów Wisły – ocena działań inżynierskich w świetle wiedzy geomorfologicznej i sedimentologicznej. *Czasopismo Geograficzne*, **72**, 23-52.
- Wyźga B., 2003: Współczesne wcinanie się rzek polskich Karpat – przyczyny, przebieg i skutki. [w:] J. Lach (red.), *Dynamika zmian środowiska geograficznego pod wpływem antropopresji*, Wyd. Akademii Pedagogicznej w Krakowie, Kraków, 161-167.
- Wyźga B., 2007: *Gruby rumosz drzewny: depozycja w rzece górskiej, postrzeganie i wykorzystanie do rewitalizacji cieków górskich*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- Wyźga B., 2008: Wcinanie się rzek polskich Karpat w ciągu XX wieku. [w:] B. Wyźga (red.), *Stan środowiska rzek południowej Polski i możliwości jego poprawy – wybrane aspekty*. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, 7-39.
- Wyźga B., Amirowicz A., Radecki-Pawlik A., Zawiejska J., 2008: Zróżnicowanie hydromorfologiczne rzeki górskiej a bogactwo gatunkowe i liczebność ichtiofauny. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, **2**, 273-285.



## **Threats to the balanced hydromorphological conditions in mountain watercourses of the upper Vistula River drainage basin and proposed remedial measures**

### **Summary**

Deep incision of streams and rivers in the Carpathian part of the upper Vistula River drainage basin during the 20th-century and the resultant loss of the potential for water retention on the floodplains, transformation of the former alluvial channels to bedrock ones in many river sections as well as the disruption of watercourse continuity for fish by constructed dams and weirs have been the major harms to the ecological status of the watercourses as well as major problems in water management. Reintroduction of large woody debris in mountain streams, allowing free channel migration within erodible corridors and construction of artificially elevated riffles to reduce excessive flow capacity of river channels are indicated as measures to improve the hydromorphological conditions in the Carpathian watercourses. Necessary changes to the hitherto existing practices of the design, dimensioning and performance of regulated channels of gravel-bed rivers are also formulated.

Bartłomiej Wyzga – Instytut Ochrony Przyrody PAN, al. Mickiewicza 33,  
31-120 Kraków, [wyzga@iop.krakow.pl](mailto:wyzga@iop.krakow.pl)

Antoni Bojarski – Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Politechnika Krakowska,  
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, [antoni.bojarski@iigw.pl](mailto:antoni.bojarski@iigw.pl)

Józef Jeleński – Ove Arup & Partners, Oddział w Polsce, ul. Św. Tomasza 34,  
31-027 Kraków, [jot.myslenice@interia.pl](mailto:jot.myslenice@interia.pl)

Jacek Zalewski – Ove Arup & Partners, Oddział w Polsce, ul. Św. Tomasza 34,  
31-027 Kraków, [Jacek.zalewski@arup.com](mailto:Jacek.zalewski@arup.com)