MINISTERSTWO ŚRODOWISKA
Departament Zasobów Wodnych

Antoni Bojarski
Józef Jeleński
Marek Jelonek
Tadeusz Litewka
Bartłomiej Wyżga
Jacek Zalewski

Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich

Warszawa 2005

Wydawca: Ministerstwo Środowiska
Departament Zasobów Wodnych
ul. Wawelska 54/52
00-922 Warszawa

Recenzenci: prof. dr hab. Piotr Epler
prof. dr hab. inż. Elżbieta Nachlik
mgr inż. Zbigniew Olszamowski

Fotografie wykorzystane w publikacji są wykonane przez autorów.
Projekt okładki: Piotr Kutryba
DTP, realizacja: artProm Agencja Reklamowa

ISBN 83-920309-2-3

Warszawa, dnia 9 maja 2005 r.

MINISTER ŚRODOWISKA

Stanowisko

w sprawie opracowania pn.:

„Zasady dobrych praktyk w utrzymaniu rzek i potoków górskich"

Zaprezentowane na Konferencji, która odbyła się w Ministerstwie Środowiska w dniu 9 maja 2005 r. „Zasady dobrych praktyk w utrzymaniu rzek i potoków górskich" jest opracowaniem ukierunkowanym na wzmocnienie ochrony ekosystemów wodnych i wodno–lądowych. Prezentuje nowatorskie podejście do spraw przyrody oraz wskazuje możliwości zachowania jej dobrego stanu pomimo konieczności prowadzenia robót hydrotechnicznych na rzekach.

Uczestnicy Konferencji przyjęli je z uznaniem. Spotyka się ono również z moją akceptacją w związku z czym zalecam je do stosowania.

w z. MINISTRA
SEKRETARZ STANU
Tomasz Podgajniak

Elżbieta Nachlik

WSPÓŁCZESNE UWARUNKOWANIA W UTRZYMANIU RZEK I POTOKÓW

Wprowadzenie

Kluczem do gospodarowania wodami, zgodnie ze współczesną polityka wodną, jest integracja:

- Celów środowiskowych, obejmująca jakość fizyko-chemiczną i biologiczną oraz ilość i reżim hydrologiczny wód;
- Rodzajów (typów) zasobów wodnych; zgodnie z ich naturalnymi – wzajemnymi uwarunkowaniami;
- Kierunków społeczno – gospodarczego wykorzystania wód;
- Wielodyscyplinarnych badań, analiz, ekspertyz oraz zaleceń, dla zapewnienia realizacji działań efektywnych;
- Ustawodawstwa związanego z zasobami wodnymi;
- Znaczących aspektów gospodarczych i ekologicznych w odpowiedniej – większej skali, obejmująca działania dla równoważenia rozwoju;
- Mechanizmów, działań i instrumentów ekonomicznych i finansowych;
- Społeczeństwa oraz grup interesu różnych rodzajów i poziomów zarządzania;

Znalazło to wyraz w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej (RDW), ale jest podstawą realizacji zrównoważonego rozwoju w świecie. Strategie sektorowe głównych komponentów gospodarki wodnej w najbardziej rozwiniętych krajach świata regulują według powyższych zasad gospodarowanie zasobami wodnymi, na przykład w odniesieniu do:

- Zasad gospodarowania wodami w obszarach zurbanizowanych – rozumianych jako zabudowa zwarta i rozproszona (zintegrowana gospodarka wodami opadowymi i zużytymi oraz utrzymanie i ochrona wód powierzchniowych);
- Ochrony wód powierzchniowych oraz zasad ich utrzymania, także w rozumieniu przywracania lub odbudowy wartości ekosystemów wodnych, dla zapewnienia odpowiedniej ich jakości w rozumieniu jakie określa RDW;
- Zasad alokacji zasobów wodnych (w tym uwarunkowań retencjonowania wód w zbiornikach), dla zapewnienia odpowiedniej jakości hydromorfologicznej wód powierzchniowych.

Wprowadzając takie „sektorowe" strategie i zasady (a w rezultacie także oczywiście wytyczne ich realizacji) uzyskuje się wstępny – poważny efekt synergiczny, który znacznie ułatwia realizację zintegrowanego podejścia. Wprowadza on bowiem uporządkowane przestrzennie i ilościowo (w rozumieniu wartości przepływu w rzece) zróżnicowane rygory zachowania odpowiedniej liczby i rodzajów cech naturalnych ekosystemu wodnego. Łącznie, dają one efekt ułatwiający integrację celów i działań, a także wprowadzania w życie ograniczeń wynikających z bezwzględnie obowiązującej tak zwanej celowej

ochrony (np. obszarów źródliskowych wody pitnej, ochrony życia ryb, ...). Należy bowiem pamiętać, że zintegrowane podejście musi zostać zrealizowane w niezmiernie złożonej rzeczywistości, której immanentną cechą jest konflikt interesów: społecznych, gospodarczych i środowiskowych, a w rezultacie identyfikacja i negocjacje obszarów problemowych.

Jest zatem całkowicie uzasadnione podjęcie takich działań w naszym kraju i systematyczne porządkowanie podejścia do kluczowych zagadnień w tym zakresie. Działania te polegają na określaniu zasad postępowania oraz wprowadzeniu standaryzacji rozwiązań, obejmujących także staranne zdefiniowanie wymagań dla realizacji prac planistycznych. Jednym z podstawowych komponentów w tym obszarze zagadnień jest utrzymanie rzek, w rozumieniu polskiego i europejskiego prawa a także wartościowych doświadczeń pozaeuropejskich.

Uwarunkowania prawne

Ustawa Prawo wodne „konsumuje" wymagania europejskiej polityki wodnej w zakresie utrzymania wód, poprzez swoje artykuły:

Art. 22/1: Utrzymywanie śródlądowych wód powierzchniowych polega na zachowaniu lub odtworzeniu stanu ich dna lub brzegów oraz na konserwacji lub remoncie istniejących budowli regulacyjnych w celu zapewnienia swobodnego spływu wód oraz lodów, a także właściwych warunków korzystania z wód

Art. 24: Utrzymanie śródlądowych wód powierzchniowych oraz morskich nie może naruszać istniejącego dobrego stanu ekologicznego tych wód oraz warunków wynikających z ochrony wód.

Art. 26: Do obowiązków właściciela śródlądowych wód powierzchniowych należy:

1) zapewnienie utrzymania w należytym stanie technicznym koryt cieków naturalnych oraz kanałów
2) dbałość o utrzymanie dobrego stanu ekologicznego wód

....

5) współudział w odbudowywaniu ekosystemów zdegradowanych przez niewłaściwą eksploatację zasobów wodnych.

Na te uwarunkowania nałożyć należy wymagania, jakie narzuca RDW w zakresie kryteriów oceny stanu ekosystemu wodnego oraz osiągnięcia i utrzymania dobrego stanu wód. Wymagania te wraz z innymi dyrektywami celowymi a także, „zamykanymi" obecnie w przepisy wiążące, wytycznymi w zakresie ochrony przed powodzią, wprowadzają:

- kryteria „dobroci" w jakości wód oraz ich ilości i reżimie hydrologicznym,

- ogólne zalecenia w doborze środków, które z jednej strony pozwalają na realizację funkcji społeczno-gospodarczych, a z drugiej w minimalny sposób degradują ekosystem wodny w jego funkcjonalności biologicznej (np. współczesne środki ochrony przed powodzią)
- ogólne procedury planowania (formalna strona postępowania, etapy, terminarz realizacji).

Składając powyższe uwarunkowania i wymagania a także inne krajowe uwarunkowania, określające głównie:

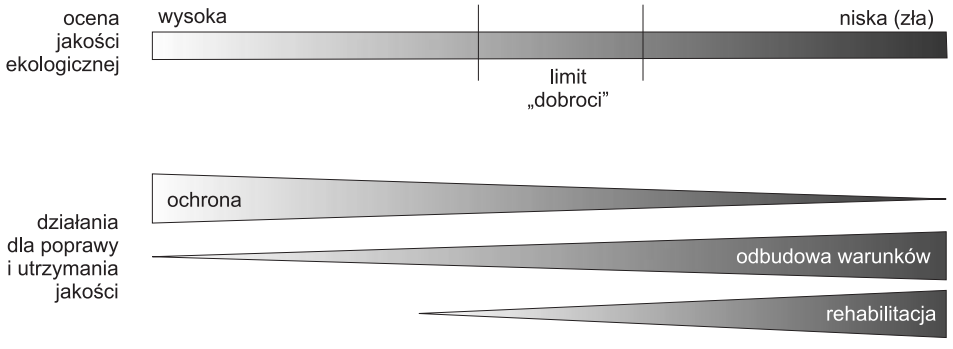
- kompetencje prawne, instytucjonalne i branżowe
- ograniczenia prawne wynikające z innych ustaw,
- mechanizmy finansowe,
- tryb planowania rozwoju,

można stwierdzić, że jednak brakuje jasno określonych metod, sposobów oraz procedur technicznych (w tym powiązań międzysektorowych), koniecznych dla spełnienia wymagań europejskiej polityki wodnej w odniesieniu do utrzymania wód i ich ochrony.

Podejście do działań dla przywrócenia i utrzymania dobrego stanu wód

W pierwszej kolejności należy określić, co jest przedmiotem utrzymania rzek w powyżej przytoczonym rozumieniu.

Na rysunku A pokazano jako pierwszy ideogram obrazujący stan rzek i potoków z limitem „dobroci", mierzonym określonym zakresem oddziaływania stanu dobrego i umiarkowanego według RDW. Poniżej – typy działań dla utrzymania lub poprawy stanu wraz z ich przybliżonym zasięgiem.



Rys. A. Ideogram typów i zasięgu działań dla ochrony i utrzymania rzek na tle ich jakości (*za „Principles and Tools for Protecting Australian Rivers", Land & Water, Australia 2001*)

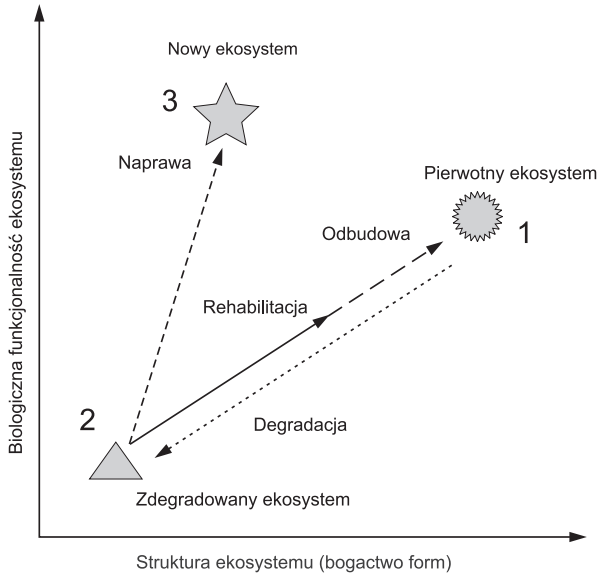
Jak widać, **ochrona** rzek i potoków (*ang*. stream protection) ma sens jedynie w przypadku bardzo dobrej, dobrej i umiarkowanej jakości ekosystemu wodnego, z naciskiem na bardzo dobrą i dobrą jakość, dla ich utrzymania.

Odbudowa warunków – rewitalizacja (*ang*. restoration) oznacza przywrócenie cech oraz wartości naturalnych (pierwotnych) z okresu przyjętego za punkt odniesienia. Oznacza to przywrócenie:

- naturalnego zakresu jakości wody
- naturalnej sedymentacji i reżimu przepływu (włączając sezonowe fluktuacje – w ciągu roku oraz sezonów wieloletnich według wzorca powodzi)
- naturalnej geometrii koryta i jego stabilności – określonej poziomem równowagi – z tego okresu
- naturalnej nadbrzeżnej roślinności
- przywrócenia rodzimej wodnej flory i fauny.

Rehabilitacja (*ang*. rehabilitation) jest stosowana w przypadku poważniejszej degradacji naturalnego ekosystemu i/lub w przypadku, gdy nie można (także ze względów technicznych i ekonomicznych) dokonać odbudowy w pełni naturalnych jej własności. W ramach rehabilitacji dokonuje się ulepszenia – poprawy najważniejszych cech środowiskowych strumienia tak, aby wykreować cenne - decydujące o jakości ekologicznej - charakterystyki strumienia.

Na rysunku B przedstawiono schematycznie to postępowanie wraz z przedstawionym na osiach skutkiem w postaci przywracanych cech ekosystemu: funkcjonalności biologicznej i różnorodności form strukturalnych (morfologia).



Rys. B. Ideogram działań dla przywrócenia właściwych cech ekosystemu wodnego (*za „River Rehabilitation Manual", Land & Water, Australia 2001*)

Na rysunku tym pojawia się trzeci rodzaj działań: naprawa (*ang*. remediation), która nie prowadzi do odbudowy pierwotnego ekosystemu, ale do budowy nowego ekosystemu. Jest ważne, aby zauważyć ten problem, który znajduje i znajdować będzie w przyszłości rozwiązanie w obszarach silnie zurbanizowanych - miejskich. Zagadnienie to dotyczy dwóch kategorii strumieni:

- naturalnych, w przeszłości zdegradowanych i obecnie „przywracanych do życia"
- rowów w przeszłości pełniących funkcję odpływów burzowych i częściowo ściekowych, a obecnie traktowanych często jako naturalne, po wprowadzeniu nowych - zamkniętych systemów kanalizacji miejskiej.

Problem ten wymaga odrębnego potraktowania i nie jest przedmiotem niniejszego opracowania.

W naszym kraju, ustawiając hierarchicznie te typy działań ze względu na zasięg obszarowy prac, należy je uszeregować w następującej kolejności:

1) rehabilitacja rzek i potoków,
2) ochrona wód
3) odbudowa warunków strumieni.

Są one przedmiotem działań w obrębie komponentu utrzymanie rzek i potoków. Jak wspomniano wyżej, poprawna realizacja tych działań wymaga jasno określonych metod, sposobów oraz procedur technicznych. Aby do nich doprowadzić należy w pierwszej kolejności zbudować ramy koncepcyjne, które sformułują zasady postępowania w dwóch zasadniczych grupach:

a) oceny aktualnego stanu, dostosowanej do wymagań RDW oraz do polskich uwarunkowań i ograniczeń wynikających zarówno z dostępności danych, jak i kontekstu historycznego i kulturowego;
b) zasad postępowania dla uzyskania odbudowy tych cech ekosystemu, które decydują o jego zdolności do zachowania ciągłości oraz o jego głównych charakterystykach składających się na wartość jakości ekologicznej.

Dopiero po sformułowaniu tej koncepcji i zasad należy opracować standardy szczegółowe, które pozwolą metodycznie, technicznie i technologicznie zapewnić realizacje odpowiednich rozwiązań.

Rola „Zasad dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków" w procesie dochodzenia do docelowych rozwiązań

Opracowanie pt. „Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków" (zwane dalej w skrócie ZASADAMI), autorstwa A. Bojarskiego, J. Jeleńskiego, M. Jelonka, T. Litewki, B. Wyżgi i J. Zalewskiego, jest zgodne z europejskimi i światowymi wymaganiami w zakresie polityki wodnej, ukierunkowanej na zintegrowane działanie w realizacji podstawowych celów gospodarki wodnej, czyli:

- ochrony wód w rozumieniu ochrony ekosystemów wodnych i ekosystemów lądowych z nimi związanych,
- wykorzystania wód dla zaspokojenia potrzeb społecznych, przemysłowych oraz rolniczych,
- ochrony przed powodzią i suszą.

Na bazie obecnych zapisów Prawa wodnego formułuje ono ramy wspólnego rozumienia i postępowania w obecnym i przyszłym utrzymaniu rzek i potoków górskich, zgodnie z wymaganiami RDW. Określono w nim kryteria hydromorfologiczne decydujące o stanie ekologicznym rzek i potoków, dostosowując je do obecnych możliwości ich praktycznego zastosowania i zostawiając możliwość ich rozwinięcia i poszerzenia w miarę pozyskiwania nowych informacji. W odniesieniu do rzek i potoków, obciążonych zabudową hydrotechniczną, określono grupę wymagań i zaleceń, które stanowią racjonalne minimum dla uzyskania poprawy ich stanu, włączając w te działania także ewentualną przebudowę lub modernizację istniejącej zabudowy.

Generalnie, opracowanie pt. „Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków":

- formułuje wstępną listę kryteriów i zasad oceny hydromorfologicznej w powiązaniu z oceną stanu ichtiofauny zakładając, że determinują one stan jakości biologicznej w szerszym rozumieniu. Jest to zgodne zarówno z intencją RDW, jak i podejściem do tego zagadnienia w innych krajach;
- próbuje odnieść powyższe kryteria do lokalnych polskich warunków, dobrze sytuując je zarówno w kontekście historycznym, jak i obecnego stanu koryt rzecznych (wysokiego stopnia ich degradacji w stosunku do wymagań tzw. bardzo dobrej i dobrej jakości ekologicznej);
- poprawnie odnosi powyższe ustalenia do potrzeb człowieka, czyli do wykorzystania rzek w rozwoju społeczno-gospodarczym, zwłaszcza w zakresie zabezpieczenia w wodę pitną i dla rolnictwa oraz ochrony przed powodzią;
- stanowi ramy – koncepcję wspólnego rozumienia i opisu przedmiotowych kryteriów i ocen, a także podejścia do realizacji niezbędnych działań interwencyjnych w obszarze rzek i potoków, związanych z powyższymi potrzebami człowieka;
- nie zastępuje poradników i wytycznych do analiz szczegółowych, metodyki realizacji zadań, a także do zastosowania odpowiednich technik i technologii w zakresie tak rozumianego utrzymania rzek i potoków górskich.

Ma ono zatem charakter oczekiwanej koncepcji i formułuje jej ramy. Ma ono także zasadnicze znaczenie dla szybkiego zatrzymania realizacji prac hydrotechnicznych oraz modernizacji istniejących obiektów – tych, które mają negatywny wpływ na ekologiczną jakość rzek i potoków.

Opracowanie to otwiera drogę do dalszych prac szczegółowych nad jego prawidłowym wdrożeniem. Prace, które moim zdaniem powinny być w dalszej kolejności podjęte, obejmują następujące pozycje:

I. Wytyczne i poradniki oraz zalecenia i wskazania techniczne dla projektantów, zawierające zasady i standaryzowane narzędzia metodyczne w zakresie:
   - Regionalnych uwarunkowań w formie opisowej, dla potrzeb wspólnego - jednoznacznego rozumienia procesów rzecznych, w odniesieniu do:
     - Cech hydrologicznych w układzie zlewnia – rzeka
     - Geomorfologii rzecznej
     - Przeglądu form korytowych i obszarów zalewowych rzek
     - Cech oraz intensywności erozji i akumulacji rumowiska
     - Ekologii rzecznej w zakresie charakterystycznym dla regionu
   - Standaryzowane, metodyczne poradniki narzędziowe dla opisu i oceny procesów rzecznych w odniesieniu do:
     - Hydrologii zlewni i rzeki
     - Hydrauliki rzecznej
     - Geomorfologii rzecznej
     - Kształtowania form korytowych i obszarów zalewowych rzek
     - Kontroli erozji i akumulacji rumowiska
     - Zastosowania zasad ekologii rzecznej
   - Poradniki i wytyczne do zastosowania technik i technologii integrujących inżynierię i ekologię rzeczną, w odniesieniu do:
     - Stabilizacji łożyska rzeki w obszarze dna, w odniesieniu do poziomego układu cieku, a także ochrony brzegów i restytucji habitatu,
     - Konserwacji lub przywrócenia lub częściowej odbudowy – według kryteriów ekologicznych - wegetacji roślin w strefie przybrzeżnej

II. Wytyczne i poradniki w zakresie planowania z uwzględnieniem szczegółowych ocen stanu środowiska rzecznego i jego uwarunkowań, obejmujące:
   - Regionalne wytyczne obejmujące:
     - Regionalną strategię gospodarowania zasobami naturalnymi, a w tym zasobami wodnymi na tle strategii rozwoju regionu
     - Program gospodarki wodnej w układzie zlewniowym
     - Identyfikację, przy użyciu kryteriów biofizycznych, niezbędnej przestrzeni rzecznej dla zapewnienia oczekiwanej jakości i struktury różnorodności biologicznej poszczególnych ekosystemów rzecznych
   - Poradniki dla realizacji szczegółowych ocen i wypracowywania programów, w zakresie:
     - Oceny stanu warunków środowiska rzecznego w podziale na obszary zurbanizowane, częściowo zurbanizowane oraz rolnicze

- Zasad i procedury realizacji niezbędnych analiz szczegółowych (konieczne dane, analiza hydromorfologiczna, analizy reżimu przepływu, ...)
- Kryteriów i zasad oceny stanu ekologicznego rzek w powiązaniu z kryteriami społeczno-gospodarczymi
- Opracowywania programów działań dla danej rzeki (w tym przykładowe studia przypadków).

Część prac w powyższym zakresie już jest zaawansowana, wymagają one jednak włączenia we wspólną, ogólną koncepcję docelowych rozwiązań.

Elżbieta Nachlik

Antoni Bojarski
Józef Jeleński
Marek Jelonek
Tadeusz Litewka
Bartłomiej Wyżga
Jacek Zalewski

Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie 19
2. Kluczowe definicje 23
3. Podstawa prawna utrzymania rzek w sposób zgodny z zasadą zrównoważonego stanu środowiska 28
4. Identyfikacja zagrożeń dla zrównoważonego stanu środowiska cieków górskich i podgórskich w dorzeczu górnej Wisły 30
   4.1. Tło historyczne 30
   4.2. Obniżanie się poziomu dna rzek i jego skutki 30
   4.3. Przyczyny utraty pionowej stabilności koryt 32
   4.4. Dotychczasowe metody przeciwdziałania wcinaniu się cieków 35
   4.5. Warunki zapewnienia bioróżnorodności 36
   4.6. Wnioski wynikające z analizy zagrożeń 37
5. Uwarunkowania kształtowania cieków 39
6. Ocena stanu wód powierzchniowych według Ramowej Dyrektywy Wodnej .. 42
   6.1. Cel oceny 42
   6.2. Założenia do bieżącej oceny wód 42
   6.3. Europejski Indeks Rybny (EFI) 45
7. Inżynierska ocena stanu istniejącego cieków 47
   7.1. Cele 47
   7.2. Kryteria 48
   7.3. Sposób przeprowadzania oceny inżynierskiej i wdrożenia jej wyników .. 53
   7.4. Przykładowa ocena - potok Trzebuńka 54
8. Zasady kształtowania koryt cieków 57
   8.1. Parametry naturalnych koryt żwirowych 57
   8.2. Kształtowanie przepustowości koryta 62
   8.3. Miarodajna średnica rumowiska 63
9. Analiza równowagi koryt żwirowych w oparciu o kryterium jednostkowej mocy strumienia i wynikające z niej wnioski dla projektowania 65
10. Zastąpienie przeciwerozyjnej zabudowy brzegów koryta zabudową granic obszaru zalewowego - wyznaczenie korytarza swobodnej migracji cieku ... 74
11. Wędrówki i zdolność ryb do pokonywania przeszkód 78
    11.1. Wędrówki ryb 78
    11.2. Kierunki migracji ryb 80
    11.3. Zdolność ryb do pokonywania przeszkód 80
12. Zaburzenia reżimu przepływu i utrudnienia komunikacji wzdłuż cieków 82
13. Urządzenia służące do migracji ryb 88
    13.1. Przepływ i prędkość wody w urządzeniach służących do migracji ryb .. 88
    13.2. Rodzaje urządzeń służących do migracji ryb 89

13.3. Urządzenia bliskie naturze oraz urządzenia hydrotechniczne służące do migracji ryb 91
13.4. Urządzenia techniczne służące do migracji ryb 93
13.5. Urządzenia służące do migracji ryb w dół rzeki (przelewy) 96
13.6. Lokalizacja urządzeń służących do migracji ryb i wykorzystanie wabiącego prądu wody 97
13.7. Ochrona ryb przed turbinami elektrowni wodnych 100
13.8. Ocena funkcjonowania urządzeń służących do migracji ryb 100
13.9. Typowe przyczyny wadliwego działania urządzeń służących do migracji ryb 101
13.10. Projektowanie urządzeń służących do migracji ryb 102
14. Kryteria oceny istniejących i projektowanych budowli hydrotechnicznych w kontekście wymagań środowiskowych 103
15. Zasady kształtowania budowli hydrotechnicznych 106
15.1. Usuwanie uciążliwości stopni regulacyjnych 106
15.2. Usuwanie uciążliwości zapór przeciwrumowiskowych 107
15.3. Usuwanie uciążliwości budowli piętrzących funkcjonujących jako zabezpieczenie poziomu poboru wody 108
15.4. Usuwanie uciążliwości zabudowy żłobowej 108
15.5. Kształtowanie przelewów nowych budowli 111
16. Korekty przebiegu profilu podłużnego i brzegów koryta 113
16.1. Remonty umocnień brzegowych plos 113
16.2. Projektowanie korekty profilu cieku 115
16.3. Kształtowanie zróżnicowania głębokości plosa 118
17. Zasady przedmiarowania i wykonawstwa robót ziemnych 119
18. Ochrona i rekultywacja roślinności wodnej i nadbrzeżnej 121
18.1. Dno cieku i roślinność zanurzona 122
18.2. Roślinność ziemnowodna strefy przejściowej 124
18.3. Roślinność nadbrzeżna i terasy zalewowej 126
19. Wykorzystanie grubego rumoszu drzewnego do rewitalizacji cieków górskich 128
20. Podstawowa literatura 132
21. Spis podstawowych rozporządzeń i ustaw zwiazanych z tematyką „Zasad” 135
22. Good-practice manual of sustainable maintenance of mountain streams and rivers in southern Poland - Summary..... 137

1 WPROWADZENIE

Istniejący w kraju i za granicą stan wiedzy kształtujący nowe wymagania w utrzymaniu i regulacji rzek i potoków górskich jest na tyle udokumentowany merytorycznie i formalnie, że wymaga wdrożenia w naszym kraju na etapie projektowym i wykonawczym. Nowe wymagania powstały głównie na bazie wiedzy przyrodniczej, geomorfologicznej, hydrotechnicznej, oceny roli zagospodarowania przestrzennego i wykonanych dotychczas regulacji rzek oraz wzajemnych oddziaływań elementów ekosystemu lądowego i wodnego. Obowiązują nas również regulacje prawne (Ramowa Dyrektywa Wodna, Prawo Wodne, Ustawa o Ochronie Środowiska i inne), które wymuszają stosowanie nowego podejścia w praktyce utrzymania rzek i potoków.

Brak podstawowego materiału informacyjnego dotyczącego nowego podejścia do utrzymania rzek opóźnia wdrożenie tej wiedzy.

Wynikiem obecnego stanu rzeczy są zróżnicowane oceny w zakresie opracowywania projektów i realizowania robót związanych z utrzymaniem rzek i potoków. Zebrane doświadczenia krajowe i zagraniczne oraz istniejąca potrzeba rozwiązania tego problemu stały się podstawą do sformułowania, wzorem innych branż, „Zasad dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich".

Tematyka przedstawiona w „Zasadach dobrej praktyki..." zasadniczo nie obejmuje zagadnień związanych z regulacją wód. Przyjęto, zgodnie z Ustawą Prawo Wodne, że przedsięwzięcia te wykraczają poza działania związane z utrzymaniem wód, co należy rozumieć tak, że zabudowę regulacyjną możemy wprowadzać po przedstawieniu celów i uzasadnienia konieczności jej realizacji. Zasady dotyczące regulacji są dobrze opisane w literaturze, a w niniejszym opracowaniu ustosunkowano się szerzej przede wszystkim do zagadnień, które warunkują swobodne przemieszczanie się ryb i powstawanie zróżnicowanych siedlisk. „Zasady..." są praktycznymi wskazaniami wspierającymi wdrożenie wytycznych dotyczących utrzymania wód powierzchniowych w kształcie, jaki został przewidziany w obowiązującej nas Ramowej Dyrektywie Wodnej UE. „Zasady..." nie są końcowym ogniwem strategii jej wdrażania.

Dla przypomnienia warto przytoczyć cele środowiskowe dla wód powierzchniowych sformułowane w RDW:

- państwa członkowskie będą chronić, poprawiać stan i przywracać do stanu pierwotnego wszystkie zbiorniki wód powierzchniowych lub cieki, ma-

jąc na celu osiągnięcie dobrego stanu wód powierzchniowych w okresie nie późniejszym niż 15 lat od daty wejścia w życie dyrektywy, (do roku 2015);

- państwa członkowskie będą chronić i polepszać stan wszystkich sztucznych i silnie zmienionych zbiorników wód powierzchniowych lub cieków w celu osiągnięcia dobrego potencjału ekologicznego i dobrego stanu chemicznego wód powierzchniowych w okresie nie późniejszym niż 15 lat od daty wejścia w życie dyrektywy;
- państwa członkowskie podejmą konieczne działania w celu stopniowego zmniejszenia zanieczyszczenia substancjami priorytetowymi i zaprzestania lub stopniowej eliminacji emisji, zrzutów i ubytków niebezpiecznych substancji priorytetowych.

W przypadku, kiedy przywrócenie do dobrego stanu jest niewykonalne lub nieracjonalnie kosztowne, można ustanowić mniej rygorystyczne cele środowiskowe na podstawie jasnych i przejrzystych kryteriów, jak też należy podjąć wszelkie możliwe działania dla uniknięcia dalszego pogarszania się stanu wód.

Niniejsze „Zasady...” mają stanowić ramy koncepcyjne, wskazywać kluczowe elementy nowego podejścia oraz służyć wypracowaniu wspólnego sposobu rozumienia zagadnień i problemów związanych z utrzymaniem rzek i potoków. Nie są przeglądem metod obliczeniowych i katalogiem gotowych rozwiązań.

Szczegółowych wskazań, uwzględniających także praktyczne doświadczenia, w jaki sposób najefektywniej rozwiązać problemy utrzymania rzek powinny dostarczyć sukcesywnie przygotowywane poradniki.

„Zasady...” nie koncentrują się na szczegółowych metodykach. Wskazują cel działania, jakim jest dobry stan rzek i potoków. Wskazują równocześnie, że działania zmierzające do osiągnięcia planowanego rezultatu są procesem zachodzącym w określonej przestrzeni. Proces ten będzie spójny i efektywny, jeżeli oparty zostanie na wspólnym sposobie rozumienia złożonych problemów utrzymania rzek i potoków górskich. Uporządkowane myślenie jest niezbędne do kształtowania właściwego podejścia w poszukiwaniu odpowiedniego rozwiązania. Idąc tą drogą, wyboru rozwiązania dokonuje się na podstawie właściwej informacji i pełnego przeglądu opcji.

„Zasady...” mają także ukształtować i rozpowszechnić wśród gospodarujących w dolinach rzek użytkowników poglądy i zrozumienie, że przestrzeń rzek nie może być ciągle ograniczana bez żadnych konsekwencji oraz, że w planowaniu przestrzennym należy brać pod uwagę uwarunkowania związane z oddaniem niezbędnej przestrzeni rzekom i potokom.

Wskazują też jednoznacznie, że dobre rozwiązania kształtowane będą poprzez prace studialne, w których uczestniczyć będą specjaliści różnych branż oraz, że dla opracowania tych studiów przeznaczona będzie odpowiednia ilość czasu. Opracowanie to oddaje projektantom szersze pole do sugerowania rozwiązań,

które wynikają z oceny: w jakich miejscach ciek pozostawić bez ingerencji, jakie miejsca wymagają ograniczonej ingerencji i gdzie konieczna jest regulacja.

Interdyscyplinarne zespoły naukowe i projektowe z udziałem administratorów rzek powinny, z uwzględnieniem standardów stosowanych w Unii Europejskiej i niniejszych zasad, budować metodyki i szczegółowe rozwiązania studialne i projektowe. Bardzo ważnym zagadnieniem związanym z efektywnym wdrożeniem „Zasad...” będą odpowiednio przygotowane bazy danych. Jeżeli nie są dostępne odpowiednie dane, narzędzia takie jak GIS, modele numeryczne itd. nie są użyteczne do analiz.

Należy liczyć się z tym, że zaprezentowane w „Zasadach...” podejście wymagać będzie przygotowania do nowych wymagań specjalistów, w szczególności odpowiadających za dane podstawowe, m.in.: geodetów, hydrologów i geomorfologów. Sposób i zakres przygotowania wymaganych danych może być poprawnie określony tylko przez zespół specjalistów z różnych dziedzin, w tym reprezentujących hydrologię, geomorfologię fluwialną, hydraulikę, ekologię, gleboznawstwo, inżynierię i ekonomię, najlepiej w formie wcześniej już wymienionych poradników lub wytycznych.

Należy liczyć się również z tym, że po wprowadzeniu „Zasad...” wzrosną koszty prac projektowych. Jednakże oszczędności (wymierne i niewymierne), jakie powstaną po wprowadzeniu „Zasad...” w fazie wykonawstwa, znacznie te koszty przewyższą.

Ogólny układ opracowania obejmuje trzy podstawowe części:

- pierwszą formalną, obejmującą rozdziały 1-3;
- drugą, formułującą wspólne rozumienie oraz zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków, ukierunkowane na zapewnienie ich dobrego stanu - są to rozdziały 4-9;
- trzecią, zawierającą podejście do działań interwencyjnych w korycie cieku i w strefie przybrzeżnej (budowle i urządzenia wodne, korekty układu pionowego i poziomego strumienia, ...), dla jednoczesnego zapewnienia wymagań funkcjonalnych tych działań oraz utrzymania poprawnego stanu ekologicznego rzeki lub potoku.

„Zasady...” odnoszą się do rzek o dnie żwirowym i kamienistym o spadku mniejszym niż 5%. Po przeanalizowaniu uwarunkowań i uwzględnieniu celów i kryteriów inżynierskiej oceny cieków pozwalają określić:

- warunki równowagi koryt naturalnych,
- potrzeby i sposób przekształcenia koryt regulowanych.

Podano ponadto zasady kształtowania budowli piętrzących oraz zabezpieczeń dna i brzegów koryt umożliwiające swobodne przemieszczanie się ryb i powstanie zróżnicowanych siedlisk, a także zasady przedmiarowania takich robót ziemnych, które są mało uciążliwe dla cieków. Przedstawiono podejście do rekultywacji terenów nadbrzeżnych i podwodnych polegające na kształtowaniu odpowiedniego podłoża i zabezpieczeniu rozwoju odpowiednich gatunków.

Przytoczone w „Zasadach...” opisy niektórych zjawisk i problemów przedstawiono przede wszystkim na tle cieków karpackich, co nie oznacza ograniczenia stosowania zasad do tego regionu.

Nie należy także interpretować zapisów w niniejszych „Zasadach...” w taki sposób, że omawiane działania prowadzone będą kosztem obniżenia poziomu bezpieczeństwa przeciwpowodziowego obszarów zagospodarowanych. Także przeprowadzenie oceny i uzyskanie negatywnych wyników tej oceny niekoniecznie musi oznaczać podejmowanie natychmiastowych działań w kierunku korygowania stanu istniejącego. Niejednokrotnie trzeba pogodzić się z niedostatecznym stanem ekologicznym rzek, który jest w zasadzie miarą skutków, jakie zostały w wodach wywołane działalnością człowieka, gdy spełniony jest np. cel zabezpieczenia przeciwpowodziowego.

„Zasady...” biorą pod uwagę wyniki dyskusji, jaka toczyła się po przedstawieniu ich pierwotnej wersji na sympozjum w styczniu 2005 roku w Krakowie i w maju 2005 roku w Ministerstwie Środowiska w Warszawie oraz uwzględniają późniejsze opinie do poprawionej wersji „Zasad...” przedstawione przez recenzentów.

Autorzy serdecznie dziękują za wszystkie uwagi i propozycje, szczególnie za wnikliwe recenzje oraz te uwagi, które zostały przekazane przez uczestników dyskusji w formie pisemnej. Niestety, niektóre z nich, ze względu na wysoki stopień ogólności lub z uwagi na wyrażony w nich pogląd zasadniczo inny od wymagań obowiązującego prawa, nie mogły zostać uwzględnione w niniejszej wersji opracowania.

Pewne różnice zdań, jakie miały miejsce, były pozorne, stąd niektóre zapisy sformułowano w innym ujęciu w prezentowanej, aktualnej wersji „Zasad...”. Zrezygnowano także z niektórych szczegółowych wskazań.

Podkreślić należy jednoznacznie, że przedstawiciele wszystkich branż akceptują potrzebę wdrożenia nowego podejścia prezentowanego w „Zasadach...” i można oczekiwać, że będzie ono rozwijane i wdrażane.

2 KLUCZOWE DEFINICJE

Budowla hydrotechniczna – obiekt budowlany gospodarki wodnej wraz z urządzeniami i instalacjami technicznymi z nim związanymi, służący gospodarce wodnej oraz kształtowaniu zasobów wodnych i korzystaniu z nich, wymieniony w „Rozporządzeniu MOŚZNiL w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie" z dnia 20 grudnia 1996 r. W rozumieniu powyższego rozporządzenia i niniejszego opracowania „umocnienia koryta rzeki" nie podlegają tej definicji. Są natomiast rodzajem „urządzenia wodnego" według ustawy Prawo Wodne.

Budowla regulacyjna – urządzenie wodne zdefiniowane w pkt 19 podpunkt a Art. 9.1 ustawy Prawo Wodne.

Bystrze – odcinek cieku charakteryzujący się dużym spadkiem dna i zwierciadła wody oraz szybkim i płytkim przepływem, w naturalnych ciekach występujący w miejscu przerzutu nurtu z jednej strony koryta na drugą, tzw. przemiału.

Ciek o dnie żwirowym, ciek żwirodenny – (*ang*. gravel-bed stream/river) ciek o dnie utworzonym z materiału żwirowego, o medianie rozkładu uziarnienia, d_{50}, mieszczącej się w przedziale 10-100 mm. Cieki takie mają spadek 0,05-0,5%. Charakterystyczną cechą cieków żwirodennych jest możliwość uruchamiania materiału dennego jedynie przy stanach wezbraniowych.

Gruby rumosz drzewny – (*ang*. large woody debris – LWD) – powalone do koryt cieków drzewa, krzewy i ich fragmenty większe niż 1 m długości lub 0,1 m średnicy. Gruby rumosz drzewny wywiera korzystny wpływ na szereg biotycznych i fizycznych cech cieków.

Imbrykacja otoczaków – dachówkowe ułożenie otoczaków, z płaszczyznami ich największego przekroju zapadającymi pod prąd. Zimbrykowane ziarna znajdują się w najbardziej stabilnym położeniu względem sił działających na nie przy jednokierunkowym przepływie wody.

Jednostkowa moc strumienia – (*ang*. unit stream power) parametr określający tempo wydatkowania energii cieku na jednostkowej powierzchni dna przy określonym przepływie [W/m^2]. Jednostkowa moc strumienia

stanowi iloczyn średniej prędkości przepływu i średniego naprężenia ścinającego wywieranego na dno cieku w danym przekroju.

Kanał ulgi – specjalnie ukształtowany kanał służący do przeprowadzenia nadmiaru wód przez dany odcinek doliny rzecznej.

Korona bystrza (*ang*. riffle crest) – linia przełamania pomiędzy przegłębieniem a bystrzem.

Koryto małej wody – część koryta rzeki wypełniona wodą przy niskich stanach. Krętość koryta małej wody jest zazwyczaj większa niż krętość pełnego koryta.

Krętość cieku – iloraz długości koryta cieku mierzonej wzdłuż linii nurtu do długości osi doliny w danym odcinku biegu cieku.

Linia brzegu – linię brzegu cieku stanowi krawędź brzegu lub linia stałego porostu traw.

Linia nurtu (*niem*. thalweg) – linia największej głębokości w korycie.

Linia stałego porostu traw – linia, do której porost traw wzdłuż cieku ma charakter stały, wieloletni. Wysokościowy zasięg porostu traw jest różny. Dla strefy akumulacyjnej (brzeg wypukły) jest ona wyżej położona niż dla strefy erodowanej (brzeg wklęsły).

Łożysko cieku – koryto cieku wraz z terasą zalewową.

Meandrowanie cieku – formowanie przez ciek naprzemiennie występujących bystrzy i przegłębień (*ang*. pool and riffle pattern) połączone z przerzucaniem nurtu z jednej strony koryta na drugą. Długość cyklu (dwa przejścia) wynosi około 10-14 szerokości koryta, czyli odległość w linii prostej pomiędzy koronami bystrzy wynosi 5-7 szerokości koryta.

Obszar wielkiej wody – część dna doliny objęta zasięgiem wielkich wód, np. wody stuletniej, obejmuje koryto, terasy zalewowe i nadzalewowe, czasem aż do wyznaczonej rzędnej na zboczu doliny.

Opancerzenie dna (bruk korytowy, obrukowanie dna) – gruboziarnista powierzchniowa warstwa żwirowych osadów korytowych powstała w wyniku wypłukania drobnych frakcji w trakcie opadania wód wezbraniowych. Średnia średnica ziarna w warstwie bruku korytowego jest kilkakrotnie większa niż w podpowierzchniowym materiale dennym. Opancerzenie dna formuje się w warunkach przewagi zdolności transportowej rzeki nad jej zasilaniem rumowiskiem; jego rozwój ogranicza mobilność ziarn materiału dennego.

Próba powierzchniowa materiału dennego – próba ziarn z powierzchniowej warstwy materiału dennego w cieku żwirodennym pobrana w celu ustalenia charakterystyk uziarnienia tej warstwy. Metody oraz miejsca poboru prób powierzchniowych w korycie cieku, sposób określania wielkości prób oraz obliczania charakterystyk uziarnienia osadu podaje norma ISO 9195. Wielkość i rozkład uziarnienia powierzchniowej warstwy wpływają na warunki zapoczątkowania ruchu materiału den-

nego w cieku żwirodennym oraz określają tę część oporów przepływu, która jest wynikiem ziarnowej budowy dna.

Próba objętościowa materiału dennego – próba ziarn materiału dennego uzyskana w wyniku poboru pewnej objętości osadu, służąca do ustalenia charakterystyk jego uziarnienia. Metody oraz miejsca poboru prób objętościowych w korycie cieku, sposób określania wielkości prób oraz obliczania charakterystyk uziarnienia osadu podaje norma ISO 9195. Wielkość i rozkład uziarnienia materiału dennego ustalone na podstawie prób objętościowych są szczególnie przydatne do prognozowania natężenia transportu dennego w cieku w warunkach ruchomego dna.

Przekrój kontrolny – wybrany do obliczeń przekrój poprzeczny koryta na koronie bystrza, przyjmowany w niniejszym opracowaniu za punkt węzłowy fali meandra.

Ploso (przegłębienie) – odcinek cieku charakteryzujący się głęboką wodą. W krętych i meandrowych ciekach występuje na zakolu.

Przepływ miarodajny – wielkość przepływu stanowiąca podstawę projektowania przekroi kontrolnych. Jest to przepływ – w założeniu – wypełniający w całości projektowany przekrój kontrolny koryta.

Przepływ nienaruszalny (w danym przekroju cieku i dla danego okresu roku) – umowny, właściwy dla założonego stanu cieku, przepływ, którego wielkość i jakość, ze względu na instytucję powszechnego korzystania z wód, nie powinny być, z wyjątkiem okresów zagrożeń nadzwyczajnych, obniżane poprzez działalność człowieka. Dla części przepływu nienaruszalnego związanej z koniecznością zachowania założonego ekologicznego stanu cieku przyjęto nazwę przepływ nienaruszalny hydrobiologiczny (przepływ hydrobiologiczny).

Przepływ pełnokorytowy (woda brzegowa) – przepływ całkowicie wypełniający koryto cieku.

Regulacja wód – na podstawie Ustawy Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 r. polega na podejmowaniu przedsięwzięć, których zakres wykracza poza działania związane z utrzymaniem wód, a w szczególności na kształtowaniu profilu podłużnego i przekroju poprzecznego oraz układu poziomego koryta cieku. Regulacja wód powinna zapewnić dynamiczną równowagę koryta cieku.

Roboty utrzymaniowe – działania mające na celu zapewnienie wymaganego stanu koryta i brzegów cieku oraz zachowanie i rozwój korzystnego oddziaływania wód na zasoby przyrody i na krajobraz nadrzeczny (na podst. Żbikowski, Żelazo 1993).

Roboty zabezpieczające – roboty utrzymaniowe służące zabezpieczeniu konkretnej zabudowy cywilizacyjnej.

Rząd cieku – wyrażone liczbą całkowitą usytuowanie cieku lub jego odcinka w hierarchicznej strukturze sieci rzecznej. W niniejszym opracowaniu

przyjęto klasyfikację hierarchii cieków według Strahlera, zgodnie z którą źródliskowe odcinki cieków nie mające dopływów to cieki 1-go rzędu, zaś ciek wyższego rzędu powstaje w wyniku połączenia dwóch cieków bezpośrednio niższego rzędu (np. ciek 3-go rzędu powstaje z połączenia dwóch cieków 2-go rzędu, a nie z połączenia cieku 2-go rzędu i cieku 1-go rzędu).

Rzeka roztokowa (*ang*. braided river) – rzeka wielonurtowa, w której przepływ odbywa się wieloma odnogami (roztokami) oddzielonymi łachami lub kępami, które są zalewane przy przepływie pełnokorytowym.

Rzeka wielokorytowa (*ang*. anastomosing river) – rzeka, w której przepływ odbywa się wieloma oddzielnymi korytami.

Spadek rzeki – spadek linii łamanej łączącej kolejne korony bystrzy, w przybliżeniu równoległy do spadku linii brzegowej (profil dna rzeki nie jest i nie powinien być równoległy do spadku rzeki, a spadek lustra wody w rzece zależy od wielkości występującego przepływu).

Stan ekologiczny wód – miara jakości struktury i funkcjonowania ekosystemu wodnego wyrażona poprzez porównanie istniejących warunków z warunkami wzorcowymi.

Terasa zalewowa – równia zalewowa (*ang*. floodplain), przylegający do koryta cieku obszar dna doliny, który jest zatapiany przez wody wezbraniowe nie rzadziej niż raz na 1-5 lat.

Terasa nadzalewowa – (ang. terrace) wyżej położona powierzchnia w dnie doliny, która może być zatapiana przez wody wezbraniowe rzadziej niż raz na 5 lat.

Utrzymanie śródlądowych wód powierzchniowych – na podstawie Ustawy Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 r. polega na zachowaniu lub odtworzeniu stanu dna lub brzegów cieku oraz na konserwacji lub remoncie istniejących budowli regulacyjnych w celu zapewnienia swobodnego spływu wód oraz lodów, a także właściwych warunków korzystania z wody. Utrzymywanie urządzeń wodnych polega na ich eksploatacji, konserwacji oraz remontach w celu zachowania ich funkcji. Ustawa podaje, że do obowiązków właściciela śródlądowych wód powierzchniowych należy dbałość o utrzymanie dobrego stanu ekologicznego wód oraz współudział w odbudowywaniu ekosystemów zdegradowanych przez niewłaściwą eksploatację zasobów wodnych.

Użytkownik rybacki – uprawniony do rybactwa w rozumieniu Ustawy o rybactwie śródlądowym z dnia 18 kwietnia 1985 r.

Zrównoważony rozwój – rozwój, który zaspokaja obecne potrzeby i nie pozbawia możliwości zaspokojenia tych potrzeb przez kolejne pokolenia (raport komisji Brundlandt'a „Our common future", 1987). Zgodnie z Ustawą Prawo Ochrony Środowiska jest to rozwój społeczno-gospodarczy, w którym, w celu zrównoważenia szans dostępu do środo-

wiska poszczególnych społeczeństw i ich obywateli - zarówno współczesnych, jak i przyszłych pokoleń, następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych, społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych.

Zrównoważony stan środowiska rzeki – stan, w którym środowisko rzeki, pozostając w równowadze dynamicznej, spełnia swe funkcje w określonym korytarzu jej przebiegu. Definicja ta dotyczy zarządzania ekosystemem o zasięgu zlewni i zastępuje termin „integralność ekosystemu rzeki" (patrz Proceedings... 2002, a w nich Link 2002). Użycie terminu „zrównoważony rozwój" w stosunku do rzek może być mylące, gdyż ogólne zastosowanie zasady zrównoważonego rozwoju oznacza zazwyczaj zachowanie lub odtworzenie określonego stanu rzeki, a nie jej zabudowę czy rozwój. Zrównoważony stan środowiska rzeki to synonim jej „statusu ekologicznego" na poziomie pożądanym, a jednocześnie stan równowagi dynamicznej w sensie geomorfologicznym.

3 PODSTAWA PRAWNA UTRZYMANIA RZEK W SPOSÓB ZGODNY Z ZASADĄ ZRÓWNOWAŻONEGO STANU ŚRODOWISKA

Podstawą dla przygotowania „Zasad...” są następujące akty prawne:

a. Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/EC z dnia 23 października 2000, której celem określonym w Art 1 jest *„ustanowienie ram dla ochrony wód śródlądowych, przejściowych, przybrzeżnych oraz wód gruntowych, które:*
   (a) zapobiegną przyszłemu pogarszaniu, chronią i polepszają stan ekosystemów wodnych, i ekosystemów lądowych oraz terenów podmokłych bezpośrednio zależnych od ekosystemów wodnych /.../
   (b) promują zrównoważone zużycie wody oparte o długofalową ochronę dostępnych zasobów wodnych
   (c) prowadzą do wzmocnienia ochrony i polepszenia środowiska wodnego /.../
   (d) /.../
   (e) przyczyniają się do łagodzenia skutków powodzi i susz, a przez to przyczynią się do
   – *zapewnienia wystarczającej podaży dobrej jakości wód powierzchniowych i podziemnych koniecznych do zrównoważonego, zbilansowanego i sprawiedliwego ich użytkowania”*

b. Konstytucja Rzeczpospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 (Dz.U. 1997, NR 78 poz. 483).

   Zgodnie z Art 5 *„Rzeczpospolita Polska strzeże... dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju.”*

c. Ustawa z dnia 6 lipca 2001 o zachowaniu narodowego charakteru strategicznych zasobów naturalnych kraju.

   Zgodnie z Art 1 *„Do strategicznych zasobów naturalnych kraju zalicza się: 1) wody podziemne oraz wody powierzchniowe w ciekach naturalnych i źródłach /.../.”*

   Natomiast w Art 3 stwierdza się, że *„Gospodarowanie strategicznymi zasobami naturalnymi jest prowadzone zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju w interesie dobra ogólnego /.../”*

d. Ustawa Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 (Dz. U. 01.115.1229 z dnia 11 października 2001) z późniejszymi zmianami.

   Zgodnie z art. 1.1. *„Ustawa reguluje gospodarowanie wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, a w szczególności kształtowanie i ochronę zasobów wodnych /.../”*
   Zgodnie z art. 63.1. *„Przy projektowaniu, wykonywaniu oraz utrzymywaniu urządzeń wodnych należy kierować się zasadą zrównoważonego rozwoju, a w szczególności zachowaniem dobrego stanu ekologicznego wód i charakterystycznych dla nich biocenoz, potrzebą zachowania istniejącej rzeźby terenu oraz biologicznych stosunków w środowisku wodnym i na terenach podmokłych.*

   2. Budowle piętrzące powinny umożliwiać migrację ryb, o ile jest to uzasadnione lokalnymi warunkami środowiska /.../.”

   Art. 24 mówi natomiast, że *„Utrzymywanie śródlądowych wód powierzchniowych /.../ nie może naruszać z zastrzeżeniem art. 38 ust. 5, istniejącego dobrego stanu ekologicznego tych wód oraz warunków wynikających z ochrony wód.”*

e. Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U.2001.62.627 z dnia 20 czerwca 2001 r.)

f. Ustawa o Ochronie Przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. Nr 92 z roku 2004, poz. 880)

4 IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ DLA ZRÓWNOWAŻONEGO STANU ŚRODOWISKA CIEKÓW GÓRSKICH I PODGÓRSKICH W DORZECZU GÓRNEJ WISŁY

4.1. Tło historyczne

Na przełomie XIX i XX wieku rzeki i potoki karpackie wykazywały wyraźną tendencję do wypłycania swych koryt, wzrostu ich szerokości oraz dzielenia się nurtu na wiele odnóg. Gwałtownie wzbierające po opadach i transportujące duże ilości żwirowego rumowiska rzeki karpackie stwarzały poważne zagrożenie dla nadrzecznych miast i osiedli oraz terenów rolnych, których ochrona – w warunkach niedoborów żywności oraz powszechnej biedy ludności wiejskiej – stanowiła problem o kluczowym znaczeniu. W celu zmniejszenia zagrożenia powodziowego w dolinach rzek karpackich, po 1904 roku podjęto intensywne prace regulacyjne, które kontynuowano do lat 30. Regulacje objęły wówczas dolne i środkowe odcinki głównych rzek karpackich i polegały na prostowaniu koryt przekopami przecinającymi niektóre zakola, zastępowaniu odcinków wielonurtowego koryta sztucznym pojedynczym korytem, zwężaniu koryt i umacnianiu brzegów wklęsłych przed erozją kamiennymi umocnieniami. Prace regulacyjne wznowiono z końcem lat 50., obejmując nimi w tym czasie przede wszystkim środkowe i górne odcinki karpackich dopływów Wisły oraz ich beskidzkie i podhalańskie dopływy.

Efektem regulacji prowadzonych w podgórskich odcinkach rzek było skrócenie ich biegu i przede wszystkim znaczne zwężenie koryt (nawet do 40% szerokości sprzed regulacji). Natomiast w górskich biegach rzek regulacje polegały przede wszystkim na zwężaniu koryt i zastępowaniu ich wielokorytowych i wielonurtowych odcinków sztucznym jednonurtowym korytem.

4.2. Obniżanie się poziomu dna rzek i jego skutki

Okazało się jednak, że poziomej stabilizacji biegu rzek karpackich towarzyszyło obniżanie się dna rzek, którego rozmiary oraz tempo w wielu odcinkach przybrały ogromną skalę. W posterunkach wodowskazowych zlokalizowanych w dolnych i środkowych biegach karpackich dopływów Wisły minimalne roczne stany wody obniżyły się w ciągu XX wieku o 1,3-3,8 m, przy czym w wielu

przekrojach tempo pogłębiania się koryt było wyraźnie większe w drugiej połowie XX wieku. W drugiej połowie stulecia intensywne obniżanie się dna rzek zaznaczyło się także w górnym biegu niektórych karpackich dopływów Wisły i w ich beskidzkich dopływach. Rozmiary obniżenia się dna rzek sięgnęły tu nawet 2-2,5 m, doprowadzając w wielu miejscach do rozcięcia aluwialnych den dolin i całkowitego wyprzątnięcia aluwiów z koryt, a w konsekwencji do zmiany koryt aluwialnych w koryta skalne.

To gwałtowne wcięcie się rzek karpackich w XX wieku spowodowało ujawnienie się w ich korytach i w dnach dolin szeregu zjawisk niekorzystnych dla gospodarki i środowiska przyrodniczego, takich jak:

- odsłonięcie i podmywanie budowli regulacyjnych i filarów mostów, w ślad za czym podejmowane są kosztowne naprawy, a często całkowita przebudowa tych obiektów technicznych;
- wynurzenie brzegowych ujęć wody ponad zasięg niskich stanów, co powoduje konieczność wznoszenia kosztownych stopni piętrzących w celu zachowania działania ujęć wody;
- obniżanie się zwierciadła wód gruntowych w dnach dolin powodujące: (i) drenowanie do koryt wód retencjonowanych dotychczas w żwirach i radykalne obniżenie zasobności aluwialnych zbiorników wód podziemnych, (ii) przesuszanie gruntów uprawnych i spadek plonów upraw prowadzonych w dnach dolin, (iii) wysychanie starorzeczy i ubożenie roślinnych i zwierzęcych zbiorowisk nadrzecznych ekosystemów;
- obniżenie się stanów wezbraniowych w rzekach poniżej gęstej strefy korzeniowej roślinności nadrzecznej ułatwiające podmywanie brzegów i szybkie ich cofanie.

Jednak najbardziej istotne jest to, że wraz z wcięciem się rzek karpackich drastycznie zmniejszyły się możliwości retencji wód wezbraniowych i akumulacji osadów pozakorytowych w ich obszarach zalewowych. Obniżaniu się dna rzek towarzyszył bowiem wzrost koncentracji przepływów wezbraniowych w pogłębionych korytach i znaczące zmniejszenie się udziału wód wezbraniowych przenoszonych w obszarach zalewowych. Wcięcie się rzek karpackich nie spowodowało jednak 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. W rezultacie drastycznego zmniejszenia się możliwości retencjonowania wód wezbraniowych w obszarach zalewowych rzek karpackich znacząco zwiększyły się jednak kulminacyjne przepływy wezbraniowe notowane w dolnym końcu pogłębionych odcinków rzek przy wystąpieniu określonego przepływu w górnym końcu tych odcinków. Trwająca w latach 1975-1995 susza hydrologiczna w polskich Karpatach, zwłaszcza w ich zachodniej części, utrudniała przez dłuższy czas dostrzeżenie tego wzrostu zagrożenia powodziowego w dolnych odcinkach karpackich

dopływów Wisły i w dolinie górnej Wisły. Wzrost przepływów wezbraniowych wynikający z utraty retencji w obszarach zalewowych rzek karpackich był zamaskowany przez czynnik klimatyczny, to jest występowanie niskich opadów. Wraz z wysokimi opadami w lipcu 1997 doszło do gwałtownego ujawnienia się tego zwiększonego zagrożenia powodziowego. O ile na karpackich dopływach Wisły zanotowano wówczas przepływy o okresie powtarzalności 10-30 lat, to na odcinku Wisły od ujścia Dunajca do Sandomierza zostały przekroczone maksymalne stany zanotowane w ciągu 120 lat prowadzenia obserwacji hydrometrycznych. Istniejącą sytuację trudno uznać za zadowalającą - powoduje ona bowiem, że obecnie chronione przed zatopieniem w czasie wezbrań są przede wszystkim dna dolin rzek karpackich, gdzie słabe gleby i stosunkowo surowe warunki klimatyczne nie sprzyjają rolniczemu wykorzystaniu terenów, zwiększyło się natomiast zagrożenie powodziowe w dolnych odcinkach tych rzek w obrębie Kotlin Oświęcimskiej i Sandomierskiej oraz w dolinie górnej Wisły, gdzie zagrożona jest intensywna zabudowa miejska (Kraków), przemysł i wydajne rolnictwo.

Wraz z postępującą koncentracją przepływów wezbraniowych w pogłębionych korytach nastąpił wzrost prędkości przy danym natężeniu przepływu. Zmniejszenie częstotliwości zatapiania brzegów rzek oraz udziału wód wezbraniowych przenoszonych w obszarach zalewowych, a także wzrost prędkości przy danym natężeniu przepływu znacząco ograniczyły możliwości akumulacji osadów pozakorytowych w dolinach rzek karpackich. Spowodowało to, że zdecydowana większość ładunku zawiesinowego rzek karpackich jest obecnie przenoszona poprzez wcięte odcinki rzek bezpośrednio do Wisły. Nadmierna dostawa materiału piaszczystego (który poprzez wcięte odcinki rzek karpackich jest transportowany w zawiesinie) przyczynia się z kolei do szybkiego wypłycania koryta środkowej Wisły.

4.3. Przyczyny utraty pionowej stabilności koryt

Wobec licznych niekorzystnych skutków gwałtownego wcinania się rzek karpackich konieczne staje się określenie przyczyn utraty pionowej stabilności ich koryt. Wśród przyczyn tego zjawiska należy wskazać:

1. wzrost zdolności transportowej cieków spowodowany pracami regulacyjnymi
2. zmniejszenie dostawy rumowiska ze zlewni i wyższych odcinków rzek spowodowane zmianami charakteru zagospodarowania zlewni i koryt cieków
3. bezpośredni ubytek rumowiska dennego z cieków spowodowany eksploatacją żwirów z koryt
4. wzrost podatności materiału dennego na uruchomienie wskutek niszczenia

wewnętrznej struktury osadów oraz opancerzenia dna rzek w trakcie prac regulacyjnych.

Ad 1) Zarówno prostowanie rzek i potoków karpackich, zwiększające ich spadek, jak i zwężanie koryt w trakcie prac regulacyjnych powodowały wzrost energii cieków przypadającej na jednostkę szerokości ich koryt. Skala tego wzrostu była niekiedy bardzo znaczna. Na przykład, skrócenie biegu środkowej Raby pomiędzy Dobczycami a Gdowem o 15% i zwężenie koryta ze 140 do 60 m, dokonane w latach 1955-1987, musiało zwiększyć jednostkową energię rzeki w tym odcinku o około 170%. Koncentracja przepływu w korytach jednonurtowych, uprzednio w wielu odcinkach cieków karpackich dzielonego pomiędzy kilka roztok lub odrębnych koryt, musiała zmniejszyć opory przepływu wynikające z kształtu koryta, zwiększając tym samym część energii cieków dostępną do transportu rumowiska. Łącznym efektem wymienionych zmian cieków był wzrost prędkości przy danym natężeniu przepływu, prowadzący do wzrostu zdolności transportowej cieków.

Ad 2) W ciągu XX wieku znacznie zmalała dostawa rumowiska do koryt rzek i potoków karpackich. Było to wynikiem zmian charakteru zagospodarowania zlewni i koryt cieków. Obejmowały one:

- stopniowe zaniechanie orki zgodnie z nachyleniem stoków i terasowanie stoków
- zaniechanie wypasu w lasach (w XIX wieku powszechnie wypasano w lasach bydło, owce i kozy), a w końcowych dekadach wieku także istotne zmniejszenie wypasu na górskich pastwiskach
- przeciwerozyjną zabudowę brzegów koryt i wytyczanie tras regulacyjnych rzek tak, aby uniemożliwić podcinanie zboczy dolin, stożków napływowych dopływów i progów wyższych teras
- wznoszenie zapór przeciwrumowiskowych na potokach górskich i obudowę ich brzegów, a niekiedy całych koryt (żłoby kamienne)
- przegradzanie rzek głębokimi zbiornikami zaporowymi przechwytującymi całość rumowiska dennego dostarczanego z ich wyższych odcinków
- radykalne zmiany struktury użytkowania gruntów (wzrost powierzchni lasów oraz łąk i pastwisk przy znacznym zmniejszeniu powierzchni gruntów ornych) oraz zaniechanie użytkowania wielu dróg polnych w górskich partiach zlewni Białej Dunajcowej, Wisłoki, Wisłoka i Sanu, jakie miały miejsce po II wojnie światowej w wyniku wysiedlenia ludności łemkowskiej z tych terenów.

Rozległy, regionalny zasięg trendu obniżania się dna rzek wskazuje, że ich istotną przyczyną przypuszczalnie była także zmiana reżimu pluwialnego, jaka zaznaczyła się po zakończeniu tzw. małej epoki lodowej. Analiza danych

meteorologicznych z ostatnich 120 lat wykazała, że w okresie tym znacznie zmalała liczba dni z NW cyrkulacją atmosferyczną (zazwyczaj generującą w polskiej części Karpat wysokie opady wskutek tzw. efektu orograficznego), przy równoczesnym zwiększeniu się częstotliwości napływu mas powietrza z południa i południowego-zachodu. Te zmiany w regionalnej cyrkulacji atmosferycznej musiały prowadzić do zmniejszenia się częstotliwości występowania wysokich opadów w Karpatach i łącznie ze wzrostem lesistości zlewni powodowały obniżenie i wydłużenie się fal wezbraniowych, w tym zwłaszcza zwiększenie czasu trwania niskich przepływów wezbraniowych. Wraz z obniżeniem się kulminacji wezbrań rodzących się w górskich częściach zlewni dostawa rumowiska do koryt musiała ulec zmniejszeniu, a dłuższe utrzymywanie się niskich przepływów wezbraniowych sprzyjało rozmywaniu dna koryt i odprowadzaniu materiału dennego w dół rzek.

Ad 3) Do deficytu rumowiska mogącego podlegać transportowi dennemu w rzekach karpackich przyczyniała się eksploatacja żwirów z ich koryt. W latach 50. i 60. XX wieku w niektórych rzekach (zwłaszcza w Wisłoce, Ropie i Czarnym Dunajcu) była ona prowadzona na skalę przemysłową, powodując ubytek materiału dennego rzędu od kilkuset tysięcy do ponad 2 milionów m^3 z poszczególnych rzek. Od lat 70. na mniejszą skalę prowadzi się eksploatację żwiru w miejscach, w których dochodzi do formowania się łach żwirowych zacieśniających koryto i zagrażających zniszczeniem umocnień przeciwległego brzegu rzeki. Ta prowadzona za wiedzą władz wodnych eksploatacja prowadzi do usuwania objętości całych łach żwirowych i jest ponawiana po odbudowaniu się łachy w czasie kolejnego wezbrania. Znacznie mniejsze ilości żwiru są usuwane z koryt w wyniku nielegalnej eksploatacji prowadzonej przez ludność miejscową.

Ad 4) Istotnym czynnikiem ułatwiającym uruchamianie materiału dennego w korytach i odprowadzanie go w dół biegu rzek było samo prowadzenie prac regulacyjnych. Współczesne cieki karpackie cechuje występowanie opancerzenia ich dna oraz ciasnego upakowania osadów korytowych. Te cechy osadów zmniejszają podatność ziarn na uruchomienie i ich niezakłócone występowanie w korytach jest kluczowe dla zapobiegania erozji rumowiska dennego. Przemieszczanie materiału dennego spycharkami oraz wielokrotny przejazd pojazdów transportowych w obrębie koryt, towarzyszące budowie umocnień brzegów i formowaniu sztucznych, płaskodennych koryt, prowadziły do zniszczenia struktury osadów dennych (imbrykacji otoczaków, opancerzenia dna materiałem o grubszym uziarnieniu niż w niżejległej warstwie osadów, oraz skupień otoczaków [struktur typu „pebble clusters"]). W rezultacie, osady o zniszczonej strukturze mogły być uruchamiane przy niższych, częściej powtarzających się przepływach niż miałoby to miejsce w przypadku osadów nienaruszonych.

Mogąc swobodnie kształtować swój bieg rzeki dostosowują się do zmniejszonego obciążenia transportowanym rumowiskiem dennym poprzez wzrost krętości i zmniejszanie spadku, powodujące zmniejszenie się ich zdolności transportowej. Taką właśnie tendencję ewolucyjną koryt można było obserwować w czasie przerwy w pracach regulacyjnych, obejmującej II wojnę światową i początkowe lata powojenne, w tych odcinkach rzek karpackich, gdzie doszło wówczas do zniszczenia zabudowy regulacyjnej. Przy malejącej dostawie rumowiska do rzek karpackich w XX wieku, a zwłaszcza w jego drugiej połowie, naturalna tendencja ewolucyjna tych rzek byłaby zatem przeciwna do zmian w geometrii koryt spowodowanych przez regulacje. Zarówno prostowanie biegu rzek zwiększające ich spadek, zwężanie koryt, jak i zastępowanie koryt wielonurtowych sztucznym korytem jednonurtowym, prowadziły bowiem do zwiększenia zdolności transportowej rzek karpackich. Ponieważ wzrost zdolności transportowej rzek zachodził w czasie, gdy malała dostawa rumowiska do ich koryt, doprowadziło to w efekcie do drastycznego zaburzenia pionowej stabilności koryt i gwałtownego obniżania się dna rzek. Eksploatacja żwirów z koryt dodatkowo zwiększała nierównowagę pomiędzy zdolnością transportową rzek karpackich oraz ilością rumowiska mogącego podlegać transportowi dennemu w ich korytach.

4.4. Dotychczasowe metody przeciwdziałania wcinaniu się cieków

Próbę rozwiązania problemów wynikających ze zwiększenia zdolności transportowej rzek i potoków wskutek prostowania ich biegu i zwężania koryt stanowiło wznoszenie progów lub stopni piętrzących, powodujące lokalne zmniejszenie spadku koryta. To rozwiązanie, zadowalające z punktu widzenia stabilności dna koryta w danym miejscu rzeki, miało jednak istotne wady:

- nie likwidowało przyspieszonego odpływu wód wezbraniowych wyprostowanym korytem
- zwiększona akumulacja materiału dennego za budowlami piętrzącymi przyczyniała się do jego niedoboru w niższym odcinku rzeki
- w przypadku stopni i progów o znacznej wysokości ich obecność powodowała przerwanie możliwości komunikacji organizmów wodnych wzdłuż biegu cieku.

Według wspólnego opracowania IIiGW Politechniki Krakowskiej, ODGW i RZGW w Krakowie z roku 1995 pt. „Gospodarka wodna w dorzeczu górnej Wisły" średni poziom zabudowy rzek górskich wynosił w 1995 r. około 28% (wahając się w przedziale 8-60%), a Wisły ponad 19%. Należy jednak zaznaczyć, że objęcie zabudową progową małego fragmentu cieku (np. dopływu u ujścia

do cieku głównego) powoduje najczęściej jego całkowite odcięcie od całego systemu i uniemożliwienie dla organizmów zachowania komunikacji wzdłuż cieków (patrz rozdział 11-13).

Przeciętne koszty utrzymania struktury zabudowy według tego samego opracowania wynoszą około 4% jej wartości rocznie. Prawie połowa długości zabudowy regulacyjnej w dorzeczu górnej Wisły była w 1995 roku kwalifikowana jako przeznaczona do remontu lub odbudowy.

Dane te świadczą z jednej strony o relatywnie niewysokim stopniu zabudowy rzek (który jednak w ostatnich latach, po katastrofalnych powodziach w roku 1997, ulega wyraźnemu wzrostowi), z drugiej jednak strony wskazują na wysoki koszt utrzymania zabudowy regulacyjnej i niską jej trwałość. W oczywisty sposób sugeruje to konieczność rozważenia dotychczasowego podejścia i ponownego ustalenia priorytetów działań.

Należy także zwrócić uwagę na fakt, że w ostatnich latach coraz większego znaczenia nabierają walory turystyczno-krajobrazowe dolin rzek i potoków, a ich wartość może często znacznie przeważać nad kryteriami wyłącznie gospodarczo-przemysłowymi. Jest to konsekwencją zmian warunków gospodarczych, zmiany podejścia społeczeństwa do rekreacji i finansowych korzyści czerpanych lokalnie z rozwoju turystyki.

4.5. Warunki zapewnienia bioróżnorodności

Głębokie wcięcie się rzek i potoków karpackich w XX wieku oraz szereg praktyk inżynierskich na tych ciekach stanowi także istotne zagrożenie dla świata organicznego cieków i terenów nadrzecznych.

Doliny rzeczne stanowią swoiste naturalne liniowe struktury przyrodnicze i są łącznikiem między ekosystemami rozciągającymi się poprzecznie do nich. Z tego punktu widzenia stanowią najbogatszą i najbardziej uniwersalną formę korytarza ekologicznego. Dla wszelkich organizmów zwierzęcych zachowanie możliwości komunikacji wzdłuż cieku jest niezwykle istotne. Wymagają one podczas wzrostu różnych warunków w różnych stadiach rozwoju. Zapewnienie możliwości aktywnego poszukiwania przez te organizmy najkorzystniejszego środowiska warunkuje możliwość ich przeżycia.

Brak odpowiednich miejsc dla którejkolwiek fazy wzrostu zwierząt, spowodowany chociażby przez pozbawienie organizmów szansy dotarcia do nich, eliminuje możliwość ich efektywnego rozwoju w danej czasoprzestrzeni.

Dla zespołu zwierząt charakterystycznych dla rzek żwirowych istotne jest też, aby okresowo wykorzystywać przestrzenie między ziarnami żwiru. Zamulenie tych przestrzeni, wybetonowanie dna lub wcięcie się koryta do podłoża skalnego wyklucza możliwość ich przetrwania. Obecność niezamulonego żwiru jest konieczna m.in. dla: przemieszczania się bezkręgowców wodnych,

ustabilizowania wahań temperatury wody w zimie i w lecie, odbycia tarła ryb prądolubnych oraz skutecznego przezimowania ryb pod lodem.

Wymiana wód gruntowych i powierzchniowych pomiędzy terasą zalewową a płynącą wodą w korycie jest uznawana za podstawowy czynnik wymiany biogenów w dolinie. Fala wezbraniowa (flood pulse) jako zjawisko działające w poprzek koryta rzeki sprawia, że zmiany poziomu wód w rzece pozwalają wykorzystywać tereny zalane przez organizmy wodne, a tereny odsłonięte w korycie przez organizmy lądowe. Brak fali wezbraniowej rozlewającej się poza koryto niskiej wody prowadzi do drastycznego ograniczenia składu gatunkowego i różnorodności zespołów roślin i zwierząt. Obudowa koryt szczelnymi żłobami kamienno-betonowymi oraz uformowanie się przegłębionych koryt, których brzegi mogą być zatapiane przez wody wezbraniowe jedynie przy bardzo dużych, bardzo rzadko występujących przepływach, wywierają zatem zdecydowanie niekorzystny wpływ na ekosystemy rzek i den dolin.

Ważnym elementem zapewnienia bioróżnorodności w dolinie rzecznej jest umożliwienie dostępu zwierząt do rzeki. Stosowane często skarpowanie brzegów o nachyleniu większym niż 1:2, wraz z ich obrukowaniem, praktycznie uniemożliwia korzystanie z wodopoju lub przekraczanie rzeki przez większe zwierzęta.

4.6. Wnioski wynikające z analizy zagrożeń.

Powyższa dyskusja pokazała, że konieczne jest dokonanie korekt w gospodarce wodnej prowadzonej dotychczas na rzekach i potokach karpackich, które pozwoliłyby na ich powrót do stanu zrównoważonego. Przywrócenie zrównoważonego stanu rzek karpackich jest istotne nie tylko z przyrodniczego punktu widzenia, lecz przede wszystkim w celu przezwyciężenia niekorzystnych trendów w procesach hydrologicznych.

Koniecznie należy przywrócić możliwość retencjonowania wód wezbraniowych i akumulacji osadów pozakorytowych w obszarach zalewowych tam, gdzie rzeki i potoki płyną w obszarze lasów łęgowych i terenów rolniczych, zachowując jednocześnie przegłębione koryta cieków w obrębie zwartej zabudowy, zwłaszcza typu miejskiego. Powstrzymanie dotychczasowego trendu obniżania się dna cieków karpackich i pożądane w wielu ich odcinkach odwrócenie tego trendu będzie wymagać zmniejszenia ich zdolności transportowej, które jest możliwe do osiągnięcia w wyniku kształtowania bardziej krętych lub szerszych koryt.

Konieczne są zmiany w technikach prowadzenia robót tak, aby nie powodowały one niszczenia struktur osadów korytowych zwiększającego ich podatność na uruchomienie. Nowo wznoszone budowle piętrzące – tam, gdzie są

one rzeczywiście niezbędne – muszą zapewniać drożność cieków dla organizmów wodnych, a już istniejące budowle powinny zostać udrożnione.

Wreszcie, konieczne jest zintegrowane kształtowanie koryt cieków i terenów nadrzecznych (przynajmniej w obrębie działek będących własnością zarządów gospodarki wodnej), mające na celu odtworzenie korytarzy rzecznych o wysokim zróżnicowaniu siedlisk roślinnych i zwierzęcych oraz dużym zróżnicowaniu krajobrazowym.

5 UWARUNKOWANIA KSZTAŁTOWANIA CIEKÓW

Szereg czynników ogranicza kształtowanie cieków i terenów przyległych w sposób zgodny z ideą zrównoważonego stanu środowiska. Do ważniejszych uwarunkowań należą:

a) Bliskość zabudowy cywilizacyjnej (budynki, budowle, infrastruktura), która musi podlegać ochronie i nie może zostać tak przebudowana, by jej zabezpieczanie poprzez regulowanie koryta rzeki było niepotrzebne. Istotnym czynnikiem dla rzetelnej oceny tego ograniczenia jest analiza kosztów budowy umocnień w porównaniu do kosztów przebudowy – np. mostu lub przejścia rurociągu przez rzekę, lub wykupienia danego obiektu – np. zabudowań gospodarczych. Wszelkie działania muszą uwzględniać warunki przeprowadzenia wód powodziowych oraz opierać się na ocenie potencjalnych strat spowodowanych przez rozlanie się wód, zarówno w miejscu podlegającym ochronie, jak i w dalszym biegu rzeki (przyspieszenie odpływu może spowodować zalanie dotychczas bezpiecznych miejsc położonych poniżej regulowanego odcinka).
b) Granica własności działki właściciela wody lub potencjalnego terenu zalewowego. Ograniczenie możliwości swobodnego kształtowania swego koryta przez ciek, szczególnie w zakresie jego krętości, ma decydujące znaczenie dla stabilności pionowej koryta. Dlatego też podejmowane działania powinny mieć, tak samo jak dla zabezpieczeń budowli, możliwie lokalny charakter (bezpośrednie zabezpieczenie danego terenu) i być najbardziej, jak to możliwe oddalone od koryta cieku. Zarówno punkt (a) jak i (b) wymaga powiązania gospodarki wodnej z planowaniem przestrzennym.
c) Istniejące ujęcia wody i zbiorniki retencyjne. Są one najczęściej bardzo poważnym elementem wpływającym na kondycję środowiska poniżej i powyżej. Priorytetowego znaczenia w kontekście projektowania zrównoważonego nabiera tutaj zapewnienie komunikacji organizmów wzdłuż cieku, jak również odpowiedniego eksploatowania tych obiektów dla zapewnienia przepływu biologicznego.
d) Inne czynniki bezpośrednio wpływające na jakość środowiska. Do czynników takich należy np. niekontrolowany zrzut ścieków. Brak równoczesnych

działań podejmowanych w tym zakresie może spowodować, że warunki w cieku ulegają pogorszeniu/nie poprawiają się mimo właściwego zaprojektowania i prowadzenia robót utrzymaniowych i zabezpieczających.

Pozostawienie możliwie swobodnego przepływu cieku wymaga, by w miejscach, gdzie działalność człowieka wymusza jego ograniczenie, kierować się zasadą patrzenia na budowle niejako „od strony rzeki". Rzeka sama w sobie nie jest zagrożeniem dla budowli – to raczej budowla jest przeszkodą dla rzeki. Każda próba nieumiejętnego i nienaturalnego kształtowania koryta cieku musi z czasem spowodować reakcję rzeki albo poprzez sprzyjanie powstawaniu powodzi w innych lokalizacjach, albo poprzez niszczenie błędnie zaprojektowanych struktur. Z sytuacją taką spotykać się można chociażby na wielu przepustach pod drogami lub mostach. Dlatego też podejście zrównoważone musi być również stosowane przy uzgadnianiu projektów zewnętrznych, realizowanych przez inne niż RZGW jednostki.

Wszelkie działania podejmowane w ramach projektowania zrównoważonego prowadzą do zachowania lub stworzenia odpowiednich warunków powodujących, że właściwy stan środowiska utrzymuje się lub odradza samoczynnie i swobodnie, przy ewentualnych ograniczonych pracach utrzymaniowych. Wymaga to odpowiedniej interdyscyplinarnej oceny stanu istniejącego i zachodzących zjawisk. Zmusza również do odejścia od projektowania „typowych rozwiązań" i może być powodem zwiększenia nakładów na projektowanie. W niektórych przypadkach także koszt prac utrzymaniowych (właściwa ocena stanu, precyzyjne, selektywne oraz dostosowane do lokalnych warunków działanie, prowadzone pod ścisłym nadzorem w terenie) może być wyższy niż w przypadku metod stosowanych dotychczas. Może to być jednak kompensowane mniejszymi nakładami inwestycyjnymi i brakiem konieczności podejmowania robót zakrojonych na szeroką skalę.

Niniejsze „Zasady..." odnoszą się do rzek o korytach żwirowych i kamienistych, o spadku od 5% do 0,05% (tabela 1), gdyż cieki o spadku powyżej 5% najczęściej posiadają koryta w znacznej części skalne i nie ma uznanych adekwatnych metod obliczania ich parametrów.

Tabela 1. Charakterystyczne wartości dla różnych typów koryt naturalnych cieków i związanych z nimi współczynników (Thorne, Hey, Newson 1997 na podstawie Barthurst 1993)

Typ koryta	**Średni zakres parametrów**			
	Spadek [%]	**Materiał dna** D_{50} [mm]	**Współczynnik Darcy-Weisbacha** f	**Współczynnik Manninga** n
Piaszczysty	≤ 0,1	≤ 2	0,01-0,25	0,01-0,04
Żwirowy (*ang.* gravel –bed)	**0,05-0,5**	**10-100**	**0,01-1**	**0,02-0,07**
Kamienisty (*ang.* boulder –bed)	**0,5-5**	**≥ 100**	**0,05-5**	**0,03-0,2**
Wodospadowy (*ang.* steep pool and fall)	≥ 5	zmienne	0,1-100	0,1-5

6 OCENA STANU WÓD POWIERZCHNIOWYCH WEDŁUG RAMOWEJ DYREKTYWY WODNEJ

6.1. Cel oceny

Celem oceny stanu wód powierzchniowych prowadzonej według Ramowej Dyrektywy Wodnej UE jest ustalenie objętości i poziomu przepływu w zakresie stosownym do stanu ekologicznego, stanu chemicznego i potencjału ekologicznego wód oraz określenie stanu ekologicznego, stanu chemicznego oraz potencjału ekologicznego wód. Ocena stanu ekologicznego i chemicznego naturalnych wód powierzchniowych jest pięciostopniowa; wyróżnia się w niej: stan bardzo dobry, dobry, umiarkowany, słaby oraz zły. Dla silnie zmienionych części wód powierzchniowych nie ocenia się stanu ekologicznego, lecz potencjał ekologiczny według czterostopniowej skali, w której wyróżnia się: potencjał maksymalny (dobry i powyżej dobrego), umiarkowany, słaby oraz zły. Oceny stanu wód powierzchniowych dokonuje się na podstawie elementów biologicznych, elementów hydromorfologicznych wspierających elementy biologiczne oraz elementów chemicznych i fizyko-chemicznych wspierających elementy biologiczne. Programy oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych zgodne z zasadami Ramowej Dyrektywy Wodnej są tworzone i testowane w krajach Unii Europejskiej od 2000 roku. Są one elementem polityki wodnej Unii Europejskiej i narzędziem dla określenia efektów realizacji celów gospodarki wodnej przez poszczególne państwa członkowskie. Więcej informacji na ten temat zawiera opracowanie Konsorcjum: IMGW, IOŚ, IM, 2004 pod redakcją M. Maciejewskiego.

W niniejszym rozdziale przedstawiono charakterystykę bieżących metod oceny stanu lub potencjału ekologicznego wód rzek i potoków górskich dla potrzeb Ramowej Dyrektywy Wodnej.

6.2. Założenia do bieżącej oceny wód

Przed przystąpieniem do bieżącej oceny stanu wód należy określić warunki progowe, bowiem inaczej ocenia się stan ekologiczny lub potencjał ekologiczny wód dla obszarów nie objętych ochroną, a inaczej dla obszarów chronionych: parków narodowych, rezerwatów przyrody, parków krajobrazowych oraz

obszarów Natura 2000. W przypadku wód w obszarach chronionych lub wód oddziałujących na obszary chronione obowiązkiem administratorów wód przy prowadzeniu robót utrzymaniowych i regulacyjnych jest niepogarszanie stanu siedlisk i gatunków oraz przestrzeganie ustaleń planów ochrony tych obszarów. Zasady przeprowadzania takich ocen, które powinny być wykonywane przez zespoły złożone z hydrotechników, hydrologów, geomorfologów, hydrobiologów, a także botaników i zoologów, przekraczają ramy tego opracowania.

Niezależnie od stosowanej metody oceny należy określić wyjściowe parametry ocenianego odcinka cieku według systemów A i B podanych w Ramowej Dyrektywie Wodnej UE oraz w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zakresu i trybu opracowywania planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy oraz warunków korzystania z wód regionu wodnego (Dz. U. Nr. 126, poz. 1318). Pozwalają one na późniejsze porównywanie procedur i wyników ocen pomiędzy różnymi częściami wód oraz na precyzyjną lokalizację ocenianego odcinka cieku. System A zawiera wyłącznie parametry kluczowe (obligatoryjne), a system B parametry kluczowe i opcjonalne.

Bieżąca ocena ekologicznego stanu wód nie może być wykonywana ściśle według zasad podanych w Ramowej Dyrektywie Wodnej UE dla monitoringu stanu ekologicznego ze względu na duży zakres oraz ogromną pracochłonność tego monitoringu. Kompromisowym i dobrym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie do bieżącej oceny stanu wód „metody oceny elementów hydromorfologicznych", ze względu na włączenie tych elementów do wszystkich szczegółowych ocen biologicznych, chemicznych i fizykochemicznych, a także ze względu na udowodniony związek pomiędzy jakością elementów hydromorfologicznych a bogactwem zespołów roślin i zwierząt, oraz ze względu na prostotę i uniwersalność tej oceny. Robocza wersja tej metody wraz z systemem oceny zostały opracowane przez Europejski Komitet Standaryzacji (PN-EN 14614: 2005) w oparciu o Ramową Dyrektywę Wodną UE, dyrektywę „siedliskową" oraz konwencję o ochronie bioróżnorodności.

Zaproponowana przez Europejski Komitet Standaryzacji bieżąca ocena hydromorfologiczna ekologicznego stanu wód korzysta z dziesięciu kategorii oceny i może być dokonywana zarówno przed planowanymi robotami utrzymaniowymi, regulacyjnymi czy programami renaturyzacji, jak i w celu oceny efektów przeprowadzonych działań. Ocena ta powinna obejmować odcinek rzeki lub potoku o długości 100, 500 lub 1000 m w zależności od wielkości cieku lub zakresu planowanych robót. Na wstępie należy określić poziom referencyjny (stan uznany za naturalny), a następnie podczas wizji terenowej dokonać bieżącej oceny hydromorfologicznej cieku, porównując stan aktualny ze stanem referencyjnym. Istotne jest, aby ocena była prowadzona w okresie niskich przepływów wody (ale nie podczas ekstremalnych niżówek) w pełni sezonu wegetacyjnego. W tabeli 2 przedstawiono podstawowe parametry tej oceny.

Poszczególne parametry wymienione w tej tabeli są oceniane według elementów jakościowych i ilościowych, którym przyporządkowano wartości liczbowe od 0 do 5, w zależności od stopnia odkształcenia odcinka cieku od stanu naturalnego (0 – ciek naturalny, 5 – ciek całkowicie przekształcony). Końcowy wynik oceny jest średnią arytmetyczną wszystkich ocenianych parametrów (<1 stan ekologiczny bardzo dobry, >4 stan ekologiczny zły) i przenosi uzyskane wyniki do klasyfikacji podanej w Ramowej Dyrektywie Wodnej UE. Ze względu na uznaniowość metod oceny elementów hydromorfologicznych końcowa ocena powinna być średnią z ocen przeprowadzonych niezależnie przez 2-3 osoby. Dodatkowe informacje na temat oceny hydromorfologicznej można znaleźć w następujących publikacjach: PN-EN 14614:2005 i Buffagni A., Erba S., 2002.

Opisana metoda może być w ograniczonym stopniu stosowana do oceny potencjału ekologicznego silnie zmienionych części wód. Wówczas ocenie tej podlegają tylko kategorie: 2, 3, 5, 6 i 8, odpowiedzialne za zapewnienie warunków do migracji organizmów wodnych oraz warunków rozrodu ryb i fauny dennej. Właściwa ocena potencjału ekologicznego odbywa się na podstawie chemizmu wód i elementów biologicznych, np. na podstawie oceny Europejskiego Indeksu Rybnego (EFI).

Tabela 2. Elementy bieżącej oceny hydromorfologicznej

Nr	Kategorie oceny	Parametry ogólne
KORYTO CIEKU		
1.	Geometria koryta cieku	Geometria cieku w planie, profil podłużny, przekrój poprzeczny
2.	Materiał budujący dno cieku (substrat)	Sztuczny lub naturalny charakter dna (typy), wpływ zagospodarowania zlewni
3.	Roślinność w korycie rzeki, rumosz drzewny	Obecne różne formy roślinności (makrofitów), rumosz drzewny w korycie, postępowanie z roślinnością w korycie cieku
4.	Erozja i depozycja	Występowanie form erozyjnych i depozycyjnych (akumulacyjnych)
5.	Przepływ	Hydrauliczna charakterystyka przepływu, zróżnicowanie głębokości i prędkości, reżim hydrologiczny
6.	Wpływ zabudowy hydrotechnicznej na ciągłość cieku	Sztuczne bariery hamujące (ograniczające) transport rumowiska i migracje organizmów
BRZEGI I STREFA NADBRZEŻNA CIEKU		
7.	Charakter brzegów cieku i jego modyfikacje	Materiał brzegów cieku, typ umocnień/ochrony brzegów, profil brzegów cieku

8.	Typ roślinności nadbrzeżnej i roślinności terenów przyległych	Struktura roślinności, postępowanie z roślinnością nadbrzeżną, zagospodarowanie brzegów i terenów przyległych
OBSZAR ZALEWOWY		
9.	Użytkowanie obszaru zalewowego oraz inne elementy oceny cieku	Sposób użytkowania i sposób zagospodarowania obszaru zalewowego, cechy wód otwartych/obszarów podmokłych
10.	Stopień łączności cieku z obszarem zalewowym i mobilności koryta cieku	Możliwość przemieszczania się koryta cieku i łączności z obszarem zalewowym, ciągłość terasy zalewowej wzdłuż cieku

Dla potwierdzenia wyników uzyskanych metodą oceny elementów hydromorfologicznych można zastosować Europejski Indeks Rybny (EFI). Indeks ten został opracowany na podstawie około 9 tysięcy stanowisk (130 parametrów dla stanowiska) wytypowanych na 500 rzekach w 12 krajach Wspólnoty. Opierając się na tych danych opracowano metodę pozwalającą oceniać stan ekologiczny rzek na podstawie 10 parametrów charakteryzujących ichtiofaunę danego stanowiska i 10 parametrów opisujących jego cechy abiotyczne.

6.3. Europejski Indeks Rybny (EFI)

Organizmami wskaźnikowymi w zaproponowanej metodzie oceny stanu ekologicznego wód są ryby. Za wyborem tej grupy organizmów przemawia ich obecność niemal we wszystkich ekosystemach wodnych, dobrze poznana systematyka, ściśle określone wymagania ekologiczne i precyzyjnie opisane strategie życiowe. Ze względu na różne preferencje siedliskowe związane z rozrodem, wymaganiami poszczególnych stadiów wiekowych oraz żerowaniem ryby są doskonałym wskaźnikiem zróżnicowania i zmian środowiska wodnego. Ponadto, jako organizmy stale przemieszczające się wzdłuż cieków są niezawodnymi wskaźnikami ekologicznej drożności systemów rzecznych oraz jej zaburzeń. Ryby wykorzystują praktycznie wszystkie poziomy troficzne i zasiedlają większość mikrohabitatów. Ich długi, w porównaniu z innymi organizmami wodnymi, okres życia może dostarczać informacji o stanie ekosystemu rzecznego w stosunkowo długim przedziale czasu. Ze względu na znaczenie gospodarcze oraz rekreacyjne ryby były przedmiotem wielu badań naukowych i posiadają bogatą literaturę dotyczącą ich składu gatunkowego i występowania. Są postrzegane przez społeczeństwo jako ważny składnik środowiska rzecznego, co może ułatwić i przybliżyć problematykę ocen stanu ekologicznego wód. Reasumując, specyficzne właściwości zespołów ichtiofau-

ny pozwalają na ich zastosowanie jako wskaźnika w zintegrowanej analizie presji człowieka na środowisko wód płynących.

Stosowanie indeksu EFI jest możliwe we wszystkich rzekach i potokach górskich o spadkach jednostkowych w granicach 0,5–199‰, w których występują ryby (minimalna wielkość próby 30 osobników).

Do oceny stanu ekologicznego wód za pomocą tej metody niezbędne jest określenie parametrów abiotycznych ocenianego odcinka rzeki oraz charakterystyka zastosowanych elektrycznych metod połowu ryb (elektropołowów). Określane parametry abiotyczne obejmują:

1. wysokość nad poziomem morza
2. obecność jezior lub zbiorników zaporowych powyżej badanego odcinka
3. odległość od źródeł
4. reżim przepływu
5. szerokość cieku
6. typ geologiczny podłoża
7. średnią roczną temperaturę powietrza
8. spadek
9. wielkość zlewni powyżej badanego odcinka
10. ekoregion.

Dane uzyskane z połowów są przeliczane na następujące wskaźniki biotyczne:

1. zagęszczenie ryb owadożernych
2. zagęszczenie ryb wszystkożernych
3. zagęszczenie ryb rozradzających się na podłożu roślinnym (fitofilnych)
4. relatywną liczebność ryb rozradzających się na podłożu żwirowym (litofilnych)
5. liczbę gatunków spokojnej wody (bentonicznych)
6. liczbę gatunków ryb prądolubnych (reofilnych)
7. względną liczbę gatunków mało tolerancyjnych (nie tolerujących zmian abiotycznych)
8. względną liczbę gatunków tolerancyjnych (tolerujących zmiany abiotyczne)
9. liczbę gatunków ryb wędrownych (diadromicznych)
10. liczbę gatunków ryb stanowiskowych (potadromicznych).

Na podstawie danych zebranych według powyższego schematu oblicza się Europejski Indeks Rybny. Szczegółowy opis metodyki zbierania, weryfikacji danych i procedur obliczeniowych znajduje się w Podręczniku Stosowania Europejskiego Indeksu Rybnego EFI (FAME Consortium, 2004).

Obydwie proponowane powyżej metody oceny cieków były przedmiotem prac zespołów ekspertów austriackich, niemieckich i polskich w ramach Projektu Bliźniaczego – Wdrożenie Ramowej Dyrektywy Wodnej PL2002/IB/EN/01 i zostały wstępnie przetestowane w wybranych rzekach regionu górnej Wisły (Dumnicka E., Jelonek M., Klich M., Kwadrans J., Wojtal A., Żurek R. (red.), 2004).

7 INŻYNIERSKA OCENA STANU ISTNIEJĄCEGO CIEKÓW

7.1. Cele

W związku ze zmianą strategii postępowania wobec rzek, które w świetle obowiązujących obecnie przepisów odzyskały swoją podmiotowość, dotychczasowe podejście do rzek polegające na ich regulowaniu wywołanym potrzebami zewnętrznymi musi być zastąpione stałą opieką nad naturalnymi i regulowanymi rzekami w taki sposób, aby zachować ich naturalny lub zbliżony do naturalnego charakter. Ta zmiana podejścia wymaga od podejmujących decyzje wzięcia pod uwagę aspektów geomorfologicznych i ekologicznych, gdyż właśnie te aspekty powinny przeważać nad technicznymi zasadami kształtowania i zabudowy koryt i dolin rzecznych ukierunkowanych na potrzeby zagospodarowania terenów nadbrzeżnych wyrażane przez lokalne społeczności.

Celem nadrzędnym oceny stanu istniejącego jest ustalenie, czy środowisko rzeki znajduje się w stanie zrównoważonym, czyli spełniającym swe funkcje w określonym korytarzu jej przebiegu. Rozpatrując funkcje odprowadzania/retencji wód powodziowych, zachowania możliwości migracji organizmów wzdłuż rzeki i ochrony jakości wód w rzece, przy formułowaniu kryteriów oceny oparto się na obowiązującym prawie, między innymi wyznaczającym szerokości ekotonów (dotyczące stref nie nawożonych wzdłuż cieków) oraz wielkości parametrów, jakim powinny odpowiadać wody będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych, szczególnie jeśli chodzi o maksymalną temperaturę wody i maksymalny poziom zawartości zawiesiny (rozporządzenia Ministra Środowiska z 2002 roku). Dla komunikacji organizmów wzdłuż cieku zalecane obecnie maksymalne dopuszczalne wysokości przeszkód są istotnie mniejsze od stosowanych przez wiele lat przy zabudowie progowej potoków, co wzięto pod uwagę przy formułowaniu kryteriów minimalnych dla stanu umiarkowanego.

Podane niżej kryteria wyczerpują część elementów jakości hydromorfologicznej wskazanych przez Ramową Dyrektywę Wodną dla definiowania stanu ekologicznego rzek, a mianowicie reżim hydrologiczny, ciągłość rzeki i warunki morfologiczne. Jednak należy się spodziewać, że w miarę wdrażania RDW zakres oceny będzie zmieniał się i obejmował inne niż wymienione w niniejszym rozdziale elementy.

7.2. Kryteria

Kryteria oceny zgrupowano w tabeli 3, odpowiednio do przypisywanych rzece funkcji. Rzędowość cieków w tabeli podana jest stosownie do definicji Strahlera (patrz rozdz. Kluczowe definicje).

Stan rzek poniżej umiarkowanego definiować należy jako słaby (dla wyraźnych różnic) lub zły (dla poważnych różnic).

Zalecane jest, aby koryto i terasa zalewowa były w posiadaniu właściciela wody, choć własności innych podmiotów i osób fizycznych i prawnych są dopuszczalne w strefie wielkiej wody pod warunkiem stosowania się do ograniczeń koniecznych dla zachowania zrównoważonego środowiska rzeki.

Wynikające z oceny stanu istniejącego stosowanie budowli ze żwirów lub głazów, umieszczanie grubego rumoszu drzewnego w znacznej odległości od przepustów jazów i wąskich przęseł mostowych oraz nasadzanie roślinności zanurzonej i strefy ziemnowodnej można uznać za zwykłe postępowanie użytkownika rybackiego, niemniej jednak wymagające uzgodnienia z RZGW.

Ustawa o rybactwie śródlądowym z dnia 18 kwietnia 1985 (Dz. U. Nr 21, poz. 91, z późniejszymi zmianami) przewiduje ustanawianie obrębów ochronnych przez Wojewodę w miejscach stałego tarła oraz rozwoju narybku, gromadnego zimowania, bytowania i przepływu ryb. Ponadto obręby ochronne wyznaczone są przez rozporządzenie do ustawy: „na terenie przepławek, budowli lub innych urządzeń umożliwiających przepływ ryb, łącznie z odcinkami cieków przylegających do nich, a także odcinkami cieków w odległości co najmniej 50 m powyżej i 50 m poniżej przepławek, budowli lub urządzeń". Jest więc istotne, aby w tych miejscach stosowano się do ustawowej zasady: „w obrębach ochronnych zabrania się połowu oraz czynności szkodliwych dla ryb, a w szczególności zabrania się naruszania urządzeń tarliskowych, dna /.../ i roślinności wodnej, uprawiania sportów motorowodnych i urządzania kąpielisk". Pośrednio wynika więc z tej ustawy, że budowle hydrotechniczne w obrębach ochronnych powinny być kształtowane w sposób zmierzający do optymalizowania przebywania ryb i uniemożliwienia ich połowu. Konsekwentnie, należy unikać stosowania budowli betonowych o takich geometrycznych kształtach, które sprzyjają kłusownictwu, oraz usuwania żwiru z basenów wypadowych budowli hydrotechnicznych objętych zasięgiem obrębu ochronnego w rozumieniu ustawy o rybactwie śródlądowym.

Tabela 3. Kryteria oceny stanu rzek

Funkcja:	**Przedmiot oceny:**	**Rejon doliny:**	**Ocena stanu istniejącego:**		
			Stan bardzo dobry	**Stan dobry**	**Stan umiarkowany**
Odprowadzenie/ retencja wód powodziowych	Koryto i terasa zalewowa	W granicach terenów zalewowych	Koryto bez widocznych oznak wcinania się lub wypłycania, terasa zalewowa nie zabudowana	Koryto wcięte, ale z możliwością meandrowania. Koryto zapełniające się, ale z możliwością rozczłonkowania nurtu. Terasa zalewowa nie zabudowana lub zabudowana tymczasowymi budowlami	Miejscowo koryto wcięte i stale wcinające się (nadmiernie przegłębione, w tym docięte do podłoża skalnego) lub zapełnione i stale zapełniające się, terasa zalewowa częściowo zabudowana lub/i obwałowana
	Materiał dna		Uziarnienie żwirów podłoża (średnie uziarnienie dna doliny) odpowiadające uziarnieniu żwiru plos, uziarnienie żwiru bystrzy możliwe do uzyskania przez redukcję (wypłukanie) drobnych frakcji oryginalnego średniego uziarnienia żwiru, występowanie roślinności zanurzonej, łach żwirowych a nawet zarośniętych kęp	Uziarnienie plos i bystrzy odpowiadające uziarnieniu wynikającemu z obliczeń dla przepływów pełnokorytowych, bystrza posiadają opancerzenie przekraczające rozmiarami uziarnienie wynikające z obliczeń. Jeśli koryto wielonurtowe, to zawarte pomiędzy liniami brzegowymi (brak przerzucania koryta do terasy zalewowej)	Miejscowo skalne dno koryta lub dno opancerzone zarówno w strefie plos jak i bystrzy – wskazujące na nadmierną zdolność transportową rzeki. Ewentualnie miejscowa nadmierna sedymentacja blokująca koryto i powodująca przerzucenie koryta jedno- lub wielonurtowego do terasy zalewowej – wskazująca na zbyt małą zdolność transportową rzeki w stosunku do zasilania rumowiskiem

Funkcja:	Przedmiot oceny:	Rejon doliny:	Ocena stanu istniejącego:		
			Stan bardzo dobry	**Stan dobry**	**Stan umiarkowany**
	Pokrycie terasy		Dla cieków pierwszego i drugiego rzędu korony drzew spotykające się nad wodą, dla cieków wyższego rzędu zadrzewienie wzdłuż brzegów co najmniej na 75% długości brzegów wklęsłych. Szerokość naturalnego pokrycia roślinnego co najmniej 20 m od linii porostu traw, szerokość pokrycia roślinnego pomiędzy linią porostu traw a linią zabudowy: rząd cieku 3 do 5: odpowiednio 50, 100 i 200 m	Dla cieków pierwszego i drugiego rzędu co najmniej jeden brzeg całkowicie porośnięty drzewami, zadrzewienie wzdłuż brzegów co najmniej na 60% długości brzegów wklęsłych cieków wyższego rzędu. Minimalna szerokość naturalnego pokrycia roślinnego 2 m od linii porostu traw, szerokość pokrycia roślinnego pomiędzy linią porostu traw a linią zabudowy: rząd cieku 3 do 5: odpowiednio 5, 10 i 20 m	Miejscowy brak terasy zalewowej lub jej uszczelnienie np. w postaci szczelnej nawierzchni parkingów lub brak przejścia lądowego pod mostem. Zadrzewienie wzdłuż brzegów co najmniej na 45% długości brzegów wklęsłych. Brak pasów roślinnych o zadowalającej szerokości pomiędzy rzeką a zabudową, ale minimalna szerokość naturalnego pokrycia roślinnego 2 m od linii porostu traw
	Osłona zabudowy cywilizacyjnej		Zabudowa poza obrębem wielkiej wody, zagospodarowanie rolnicze i rekreacyjne w strefach małych prędkości wielkiej wody.	Zabudowa mieszkaniowa powyżej lustra wielkiej wody, jej granice zabezpieczone murem oporowym lub narzutem kamiennym w miejscu przepływu wielkiej wody. Zabudowa infrastrukturalna, tereny rolne i rekreacyjne zabezpieczone przed nadmiernym rozmyciem powierzchni	Miejscowe oznaki nadmiernej erozji w pobliżu zabudowy. Brak sedymentacji pozakorytowej w strefach rolniczych i rekreacyjnych

Funkcja:	Przedmiot oceny:	Rejon doliny:	Ocena stanu istniejącego:		
			Stan bardzo dobry	**Stan dobry**	**Stan umiarkowany**
Komunikacja organizmów wzdłuż rzeki	Wysokość przeszkody	Koryto główne, główne ramię wielonurtowego koryta,	Ciągły spadek nurtu (brak przeszkód); głębokość 0,3 m w bardzo szerokim zakresie zmienności przepływów w każdym przekroju w jakimś punkcie, a prędkość maksymalna wody przy dnie mniejsza niż 0,4 m/s	Przegrody nie wyższe niż 0,3 m; poniżej przeszkód głębokość wody przy stanach niskich co najmniej równa 1,25 wysokości przeszkody; prędkości wody przy dnie nie wyższe niż 0,4 m/s w zakresie przepływów 0,3 do 0,7 przepływu średniego z wielolecia	Pojedyncze przegrody nie wyższe niż 1 m, w serii nie wyższe niż 0,3 m; głębokość wody poniżej przeszkody co najmniej równa wysokości przeszkody; jazy, bystrotoki i żłoby o gładkim dnie udrożnione dla ryb metodami tymczasowymi, przepławkami szczelinowymi
	Linia nurtu (pasmo nurtu, thalweg)		Wyraźna we wszystkich zakresach stanów wód, o zróżnicowanym uziarnieniu dna; stała obecność przepływu wody w ilości minimalnej około 0,1 $m^3/s/m$ szerokości pasma nurtu i minimalnej szerokości pasma 0,2 m	Wyraźna co najmniej na 80% długości cieku i możliwa do wykorzystania w zakresie przepływów 0,3 do 0,7 przepływu średniego z wielolecia	Brak linii nurtu na długościach większych niż 50% długości cieku; płytkie i płaskie przelewy przepustów, progów i stopni; płaskie baseny wypadowe; lokalny (nie więcej niż 10% długości) przekrój trapezowy koryta cieku
	Szerokość porośniętej i nie ogrodzonej strefy nadbrzeżnej, łącznie z uprawami polnymi, lasem, terenami rekreacyjnymi itp.	Terasa zalewowa, nadzalewowa i stoki doliny łącznie	100 do 200 m, nieliczne lokalne zawężenia do 30 m (np. pod mostami, w miejskich parkach)	30 do 200 m, każde lokalne zawężenie mniejsze niż 30 m a szersze niż 10 m z zielenią osłaniającą, lokalne braki przejścia po jednej stronie cieku	10 do 200 m, każde lokalne zawężenie mniejsze niż 10 m a szersze niż 5 m z zielenią osłaniającą, lokalne braki przejścia po jednej stronie cieku

Funkcja:	Przedmiot oceny:	Rejon doliny:	Ocena stanu istniejącego:		
			Stan bardzo dobry	Stan dobry	Stan umiarkowany
Ochrona jakości wód w rzece	Szerokość chronionej (naturalnie porośniętej, nie nawożonej) strefy nadbrzeżnej	W granicach terenów zalewowych, liczone od linii porostu traw po terenach płaskich i skarpach łagodniejszych niż 1:2	20 m pasa nie nawożonego, 10 do 20 m naturalnej roślinności, koszenie traw w odległości minimalnej 1 do 2 m od linii porostu traw	20 m pasa nie nawożonego, 2 do 20 m naturalnej roślinności, koszenie traw w odległości minimalnej 1 do 2 m od linii porostu traw	Lokalnie mniej niż 20 m, ale minimum 10 m terenów i roślinności nie nawożonych, koszenie traw w odległości minimalnej 1 do 2 m od linii porostu traw

Należy także zaznaczyć, że Ustawa o Ochronie Przyrody z dnia 16 października 1991 r. z późniejszymi zmianami (tekst jednolity ustawy – Dz. U. Nr 99 z roku 2001, poz. 1074) zakazuje dokonywania zmian stosunków wodnych na terenie parków krajobrazowych i obszarów chronionego krajobrazu, jeżeli zmiany te służą innym celom niż ochrona przyrody i zrównoważone wykorzystanie użytków rolnych i leśnych oraz gospodarka rybacka. Zabrania ona także likwidowania małych zbiorników wodnych, starorzeczy oraz obszarów wodno-błotnych. Z ustawy tej wynika zatem, że na obszarach podlegających ochronie niedopuszczalna jest techniczna ingerencja w ciekach, zmierzająca do przyspieszenia odpływu wód ich korytami i zaburzająca równowagę procesów erozyjno-akumulacyjnych w dnach dolin.

7.3. Sposób przeprowadzania oceny inżynierskiej i wdrożenia jej wyników

Sama analiza kryteriów oceny stanu rzek z powyższej tabeli może być pouczająca dla środowisk technicznych, gdyż zwraca uwagę na charakterystyki naturalnych cieków i ich otoczenia, najczęściej obce inżynierom zorientowanym na projektowanie budowli, w których interakcja żywiołu i struktury jest jedyną rozpatrywaną, a statyczna i geometryczna trwałość budowli jest podstawową miarą skuteczności działania.

Zastosowanie powyższej tabeli powinno być obligatoryjne w każdym zamierzeniu (utrzymanie, ocena przedprojektowa, projektowanie i odbiór robót) i polegać ma na wyznaczeniu i ocenie adekwatności korytarza rzeki (koryto – strefa zalewowa – otoczenie bliskie i dalekie) w znaczeniu Artykułu 1.a. Ramowej Dyrektywy Wodnej EU (zapobieganie dalszemu pogorszeniu oraz ochrona i rozwój wodnych ekosystemów, ekosystemów lądowych i terenów podmokłych ściśle zależnych od wodnych ekosystemów).

Zastosowanie tabeli dotyczącej oceny stanu istniejącego daje możliwość jego określenia dla kolejnych, nawet najmniejszych odcinków rzek i potoków. Natomiast poprzez zwykłą kontynuację ocena ta może być dokonywana na obszarach coraz dłuższych odcinków rzeki lub fragmentów zlewni, a nawet całych zlewni.

Oceny dokonuje się poprzez przyporządkowanie wybranym odcinkom cieku przymiotnika bardzo dobry, dobry, umiarkowany, słaby, zły w zakresie wszystkich przedmiotów oceny. Poszczególne funkcje cieku spełnione są w stopniu takim, jaki jest charakterystyczny dla przedmiotu oceny uznanego za najgorszy dla danej funkcji. Sumaryczna ocena odcinka odpowiada najgorszej ocenie jednej z jego funkcji, a dla cieków składających się z kilku ocenianych odcinków sumaryczna ocena odpowiada najgorszej ocenie odcinka. Oceny odcinkowej najlepiej jest dokonać w formularzu, a oceny kilku sąsiadujących odcinków na schematycznej mapie lub planie liniowym. Przykładowy formularz wypełniono dla kilometrowego przyujściowego odcinka potoku Trzebuńka, a przykładowy plan liniowy dotyczy trzech pierwszych kilometrów tego cieku.

Wnioskowanie na podstawie przeprowadzonej oceny inżynierskiej może opierać się na wielu taktykach, z których najrozsądniejszą wydaje się taktyka eliminowania powodów, dla których uznano cieki za słabe lub złe, w taki sposób, aby dostosowywać je do stanów co najmniej umiarkowanych, a gdzie to możliwe do stanów dobrych. Następnym etapem wnioskowania byłoby wyłonienie odcinków o krytycznie niskich ocenach i skupienie się na nich w taki sposób, aby w wyniku przeprowadzonych działań powstawały stosunkowo długie odcinki w stanie dobrym i bardzo dobrym, a ilość lokalnych odcinków w stanie umiarkowanym była uzależniona od czynników zewnętrznych, niezależnych od właściciela wody (np. zbyt mała szerokość stref nadbrzeżnych).

7.4. Przykładowa ocena – potok Trzebuńka

Poniżej przedstawiono formularz oceny pierwszego kilometra potoku Trzebuńka. Oceny dokonano dla wszystkich kryteriów, opisując stan istniejący i braki w stosunku do stanu wyższego. Ocena cząstkowa funkcji to najgorsza z ocen dla kryteriów przynależnych tej funkcji, a wynik oceny odcinka to najgorsza ocena cząstkowa funkcji (zasada najsłabszego ogniwa). Zawartość formularza oceny pozwala szybko identyfikować miejsca, których korekta pozwoli na zwiększenie wartości oceny odcinka potoku.

Potok Trzebuńka, km 0+000 do 1+000
Data przeglądu: 2004-08-08
Wynik: stan słaby

Funkcja i ocena cząstkowa stanu cieku:	**Przedmiot oceny:**	**Rejon doliny:**	**Ocena stanu istniejącego:**		
			Stan, opisowo:	**Braki w stosunku do stanu wyższego:**	**Uwagi:**
Odprowadzenie/ retencja wód powodziowych **Stan umiarkowany**	Koryto i terasa zalewowa	W granicach terenów zalewowych	umiarkowany	Brak żwiru w odcinku poniżej zapory przeciwrumowiskowej	
	Materiał dna		umiarkowany	Nadmiar żwiru powyżej zapory, brak poniżej	
	Pokrycie terasy		dobry	Wiele, z powodu wąskiej doliny i drogi przebiegającej wzdłuż cieku	Skrzydło zapory przylega do drogi – w tym miejscu stan umiarkowany
	Osłona zabudowy cywilizacyjnej		bardzo dobry		

Komunikacja organizmów wzdłuż rzeki **Stan słaby**	Wysokość przeszkody	Koryto główne, główne ramię wielonurtowego koryta,	**słaby**	Zapora wysoka na 6 metrów bez przepławki	
	Linia nurtu (pasmo nurtu, thalweg)		bardzo dobry		
	Szerokość porośniętej i nie ogrodzonej strefy nadbrzeżnej, łącznie z uprawami polnymi, lasem, terenami rekreacyjnymi itp.	Terasa zalewowa, nadzalewowa i stoki doliny łącznie	dobry	Wiele, z powodu wąskiej doliny i drogi przebiegającej wzdłuż cieku	
Ochrona jakości wód w rzece **Stan dobry**	Szerokość chronionej (naturalnie porośniętej, nie nawożonej) strefy nadbrzeżnej	W granicach terenów zalewowych, liczone od linii porostu traw po terenach płaskich i skarpach łagodniejszych niż 1: 2	dobry	Wiele, z powodu wąskiej doliny i drogi przebiegającej wzdłuż cieku	

Przenosząc dane z kolejnych formularzy oceny na plan liniowy należy, oprócz granic ocenianych odcinków, nanieść także lokalizacje punktów charakterystycznych powodujących zmianę oceny stanu. Rubryka „opis zaburzenia – wskazania poprawy stanu" pozwala zanotować uwagi pozwalające zaplanować czynności prowadzące do poprawy stanu ekologicznego zarówno w stosunku do odcinków cieku, jak i do charakterystycznych punktów na ich przebiegu.

Potok Trzebuńka, plan liniowy Data przeglądu: 2004-08-08 Wynik: stan słaby

Kilometraż	Ocena stanu	Opis zaburzenia / *wskazania poprawy stanu*
0+000	dobry	Próg zabezpieczający rzędną ujścia, *pozioma korona przelewu z basenu odpływowego wymaga korekty (lokalnego obniżenia)*
0+000 – 0+300	umiarkowany	Koryto skalne ze znikomą ilością żwiru
0+300	**słaby**	Zapora wysoka na ok. 6 m, w złym stanie technicznym, aktualnie bez funkcji
0+300 – 0+600	umiarkowany	Koryto wypłycające się, z zamulonym żwirem o średnim uziarnieniu ok. 60 mm
0+600 – 1+000	dobry	Wąska dolina, zbyt wąskie pasy zieleni nadbrzeżnej między potokiem a drogą
1+000 – 1+400	umiarkowany	Koryto skalne ze znikomą ilością żwiru, zbyt wąskie pasy zieleni nadbrzeżnej między potokiem a drogą
1+400	umiarkowany	Basen wypadowy progu z wodowskazem podmyty i zniszczony, woda przelewa się poprzez *płytę denną – wymaga naprawy*
1+400 – 2+000	dobry	Wąska dolina, koryto częściowo skalne, zbyt wąskie pasy zieleni nadbrzeżnej między potokiem a drogą
2+000 – 3+000	dobry	Wąska dolina, koryto częściowo skalne, zbyt wąskie pasy zieleni nadbrzeżnej między potokiem a drogą i zabudową wiejską
3+000 – 4+000	dobry	Wąska dolina, koryto częściowo skalne, zbyt wąskie pasy zieleni nadbrzeżnej między potokiem a drogą

Jak widać z powyższego formularza i planu liniowego, potok Trzebuńka, aktualnie w całości oceniany jako będący w stanie słabym, mógłby znaleźć się w stanie umiarkowanym poprzez dobudowanie przepławki na zaporze. Jeszcze lepszym rozwiązaniem byłoby usunięcie zapory. Przyujściowa część potoku mogłaby znaleźć się wtedy w stanie dobrym, gdyż odcinki koryta wypłycającego się i nadmiernie przegłębionego prawdopodobnie by zniknęły po usunięciu zapory. Ocena górnego biegu potoku Trzebuńka w zasadzie nie odbiega od oceny średniego biegu (stan dobry), choć zdarzają się miejsca, w których zabudowa wiejska wkracza na działkę właściciela wody i miejsca, gdzie potok podmywa skarpę drogi. Miejsca konfliktów zagospodarowania zanotowane w formularzach oceny i pokazane na planie liniowym pozwalają zaplanować prace utrzymaniowe w sposób nie pogarszający oceny ekologicznej potoku.

8 ZASADY KSZTAŁTOWANIA KORYT CIEKÓW

8.1. Parametry naturalnych koryt żwirowych

Naturalne cieki żwirodenne, które cechuje równowaga pomiędzy ich zdolnością transportową i zasilaniem rumowiskiem lub przewaga zdolności transportowej nad zasilaniem, formują koryta kręte lub meandrowe. Koryta te cechują rytmiczne zmiany ich geometrii w planie, w przekroju poprzecznym oraz wzdłuż podłużnego profilu dna. W profilu podłużnym cieku zaznacza się występowanie naprzemianległych przegłębień (plos) oraz bystrzy (rys. 1). W obrębie bystrza lokalny spadek dna cieku jest większy od średniego spadku cieku, wyznaczonego przez połączenie punktów znajdujących się na koronie kolejnych bystrzy. Lokalny spadek dna w obrębie przegłębienia jest natomiast mniejszy od średniego spadku cieku, zaś w dolnej części przegłębienia możliwe jest występowanie przeciwnego spadku dna. Do tego zróżnicowania spadku dna nawiązuje zróżnicowanie spadku zwierciadła wody przy niskich i średnich stanach – w przegłębieniach zwierciadło wody ma niewielki, a niekiedy nawet zbliżony do zerowego spadek, natomiast na bystrzach ustala się duży spadek zwierciadła wody. Przy wzrastających stanach wody to zróżnicowanie spadku zwierciadła pomiędzy bystrzami i przegłębieniami zmniejsza się, aż wreszcie przy stanie pełnokorytowym lub zbliżonym do niego spadek zwierciadła wody staje się równoległy do średniego spadku cieku.

W strefie bystrzy dno wyścielone jest najgrubszym materiałem obecnym w dnie cieku, co powoduje dużą szorstkość dna. Przepływ ponad bystrzem cechuje niewielka głębokość oraz duża prędkość przepływu. Piętrzenie wody na koronach bystrzy jest natomiast przyczyną powolnego przepływu wody w przegłębieniach. W przegłębieniach dno cieku wyścielone jest stosunkowo drobnym materiałem warunkującym niską szorstkość dna.

Meandrowaniu nurtu w płaszczyźnie pionowej (wokół linii średniego spadku dna) towarzyszy jego kręty przebieg w planie (rys. 1). Efektem meandrowania nurtu w płaszczyźnie poziomej jest rozwój zakoli cieku, z przegłębieniami usytuowanymi w osi zakoli w sąsiedztwie brzegu wklęsłego i bystrzami w miejscach przerzutu nurtu z jednej strony koryta na drugą. Średnie odległości pomiędzy kolejnymi miejscami przerzutu nurtu z jednej strony koryta na drugą, a więc

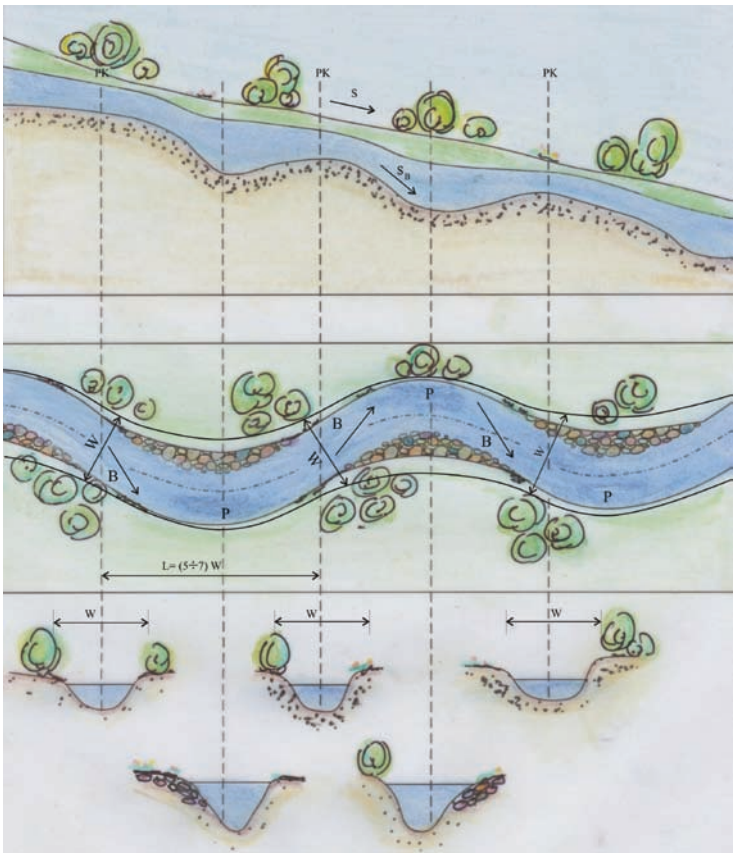
kolejnymi bystrzami (w literaturze odległość ta określana jest albo jako długość fali meandra, albo jako połowa długości fali meandra) odpowiadają zazwyczaj 5-7 wielokrotnościom szerokości cieku przy stanie pełnokorytowym. W ciekach o skrępowanym rozwoju – takich jak np. uregulowane cieki o umocnionych brzegach – są one zwykle bliskie dolnym wartościom tego przedziału.

W trakcie rozwoju zakoli dochodzi do erozji i cofania się wklęsłych brzegów, które kompensowane jest osadzaniem się rumowiska dennego przy brzegach wypukłych. Obecność odsypów (łach) żwirowych powoduje, że przy niskich i średnich stanach szerokość cieku w osi zakoli jest wyraźnie mniejsza niż szerokość na bystrzach (rys. 1). Natomiast przy napełnieniu wodą całego koryta („stan pełnokorytowy" lub „woda brzegowa") szerokości cieku w osi zakoli oraz na bystrzach są podobne.

W niemal prostych korytach (np. w niedawno wyprostowanych korytach regulacyjnych) przejawem meandrowania nurtu w płaszczyźnie poziomej jest jedynie ukośne usytuowanie koron bystrzy w stosunku do osi koryta. Natomiast przy uformowanych zakolach cieku zaznacza się wyraźnie zróżnicowanie przekroju koryta w osiach zakoli i na bystrzach (rys. 1). Na bystrzach koryto ma przekrój zbliżony do trapezowego i stosunkowo małą głębokość. Na zakolach przekrój koryta jest zbliżony do trójkątnego, ze stromym podcinanym brzegiem po wklęsłej stronie zakola i łagodnym brzegiem akumulacyjnym po stronie wypukłej, z przegłębieniem usytuowanym w sąsiedztwie wklęsłego brzegu i łachą przy brzegu wypukłym.

Fot 1. Przegłębienia (P) i bystrze (B) (pool and riffle pattern) w naturalnym korycie meandrującej rzeki górskiej. Spieniona woda jest świadectwem szybkiego i płytkiego przepływu na bystrzu.

Fot 2. Bystrze (riffle).



Oznaczenia:
B - bystrze
P - przegłębienie
W - szerokość koryta
PK - przekrój kontrolny
L - długość fali meandra
S - spadek koryta
S_B - spadek bystrza

Rys 1. Naturalne koryto żwirowe

Z powyższego opisu wynika jasno, że morfologia i uziarnienie materiału dennego naturalnych, krętych i meandrowych koryt cieków żwirodennych są zasadniczo odmienne niż w korytach regulacyjnych o jednakowym przekroju trapezowym wzdłuż biegu cieku, równomiernym spadku dna i ujednoliconym (wskutek przemieszczania mas materiału dennego spycharkami) uziarnieniu dna. Tak uformowane koryta regulacyjne są nietrwałe, ulegając przy pierwszych przepływach wezbraniowych przekształceniu w koryta o krętym przebiegu nurtu i trójkątnym przekroju w miejscach formowanych przegłębień. Procesowi temu towarzyszy jednak uruchomienie znacznych ilości rumowiska dennego i odprowadzenie części uruchomionego materiału do niższego odcinka, czego efektem może być uformowanie się dna koryta regulacyjnego na rzędnych znacznie niższych od projektowanych. Tego niekorzystnego efektu można uniknąć, formując koryta regulacyjne, których morfologia oraz zróżnicowanie uziarnienia dna będą podobne, jak w naturalnych ciekach.

Istotnym zagadnieniem przy charakterystyce geometrii koryt jest rozpoznanie rozmiarów (szerokości i głębokości) koryta w obrębie przekroju dna doliny, gdyż ma to kluczowe znaczenie dla właściwego określenia wielkości przepływu przy całkowitym napełnieniu koryta (przepływu pełnokorytowego). Podstawowym kryterium określania rozmiarów koryta jest określenie takiej powierzchni rozpatrywanego przekroju, przy której iloraz szerokości do maksymalnej głębokości przyjmuje minimalną wartość. Przy stanach niższych od pełnokorytowego, a więc sięgających poniżej krawędzi brzegów, iloraz ten przyjmuje wartości większe od minimalnej, gdyż zmniejszanie się maksymalnej głębokości (mianownika ułamka) wywiera większy wpływ na wartości ilorazu niż zmniejszanie się szerokości przekroju (licznika ułamka). Z kolei, po przekroczeniu stanu pełnokorytowego szerokość przekroju wzrasta szybciej od głębokości, ponownie powodując wzrost wartości ilorazu.

Stosowanie powyższego kryterium może być trudne lub wręcz niemożliwe w sytuacji, gdy wskutek wcinania się i zwężania cieku doszło do uformowania się w dnie doliny szeregu płaskich powierzchni rozdzielonych stromo nachylonymi skarpami. W takiej sytuacji przydatne może się okazać kryterium roślinności. Zgodnie z tym kryterium rozwój roślinności zielnej może zachodzić w obrębie koryta (okresowo zarastające szczytowe partie łach), natomiast porośnięcie danej płaskiej powierzchni krzewami i drzewami wskazuje, że znajduje się ona ponad korytem, stanowiąc terasę lub kępę.

Przylegające do koryta cieku obszary dna doliny, które są zatapiane przez wody wezbraniowe nie rzadziej niż raz na 1-5 lat, określa się nazwą terasy zalewowej lub równi zalewowej (*ang*. floodplain). Wyżej położoną powierzchnię, która nie jest już zalewana z wymienioną częstotliwością, określa się natomiast jako terasę nadzalewową (*ang*. terrace). Należy podkreślić, że określenie to nie wyklucza możliwości zatapiania tej powierzchni, jednak może to wystąpić jedynie przy dużych, rzadko powtarzających się wezbraniach. Erozja boczna cieku lub jego

gwałtowne wcinanie się mogą spowodować, że w danym przekroju doliny brak będzie terasy zalewowej i koryto będzie bezpośrednio sąsiadować z terasą nadzalewową, wyższymi poziomami terasowymi lub zboczem doliny.

Oprócz szerzej omówionych powyżej krętych i meandrowych koryt żwirowych cieki żwirodenne może także cechować inny układ koryta. Rzeki roztokowe (*ang*. braided rivers) to rzeki wielonurtowe, które cechuje występowanie w pojedynczym korycie wielu szlaków przepływu, określanych jako roztoki, rozdzielonych łachami lub porośniętymi roślinnością kępami. Do tworzenia się koryt roztokowych dochodzi w warunkach postępującej od góry cieku nadbudowy dna (agradacji), jaka jest wynikiem przewagi zasilania rzeki rumowiskiem nad jej zdolnością transportową. Roztokowy typ koryta był powszechny w rzekach karpackich w XIX wieku, kiedy to dostawa rumowiska ze zlewni do cieków była większa niż współcześnie, zaś ich zdolność transportowa – przy braku zabudowy regulacyjnej – mniejsza niż obecnie. Współcześnie roztokowy układ koryta może występować lokalnie, na krótkich odcinkach potoków i rzek karpackich usytuowanych poniżej miejsc dostawy znacznych ilości rumowiska do cieku (osuwisko zboczowe, podcięcie brzegu, ujście dopływu o znacznie większym spadku niż spadek rzeki głównej), zaś jego występowanie wskazuje tam na wypłycanie się koryta (patrz tabela 3). Parametry geometrii koryt roztokowych (np. wskaźnik roztokowości) nie będą omawiane w niniejszym opracowaniu. Należy jednak podkreślić, że do rozwoju roztokowego układu koryta może także dochodzić w warunkach pionowej stabilności dna rzeki, a nawet jego bardzo wolnego obniżania, jeśli rzeka formuje swe koryto nie w obrębie madowej równiny aluwialnej (a więc takiej, w której obrębie żwirowe osady korytowe są nadścielone warstwą drobnoziarnistych osadów pozakorytowych o dużym udziale frakcji pylasto-ilastych), lecz żwirowej równiny aluwialnej, gdzie osady żwirowe są przykryte jedynie cienką warstwą niekohezyjnych osadów piaszczystych. Dłuższe, kilkukilometrowe odcinki rzek o takim charakterze występują obecnie w polskich Karpatach jedynie na Białce Tatrzańskiej oraz Czarnym Dunajcu, gdzie ich istnienie jest wynikiem wyścielenia dna doliny grubożwirowymi osadami fluwioglacjalnymi zdeponowanymi w okresie plejstocenu, oraz stosunkowo niewielkiej dostawy rumowiska unoszonego z wysokogórskich zlewni tatrzańskich. Reliktowy charakter koryt roztokowych w tych rzekach oraz ich jedynie lokalne zachowanie w oddalonych od terenów zabudowanych odcinkach rzek biegnących przez kompleksy leśne powodują, że powinny one zostać uchronione od przekształcenia przez zabudowę regulacyjną.

Rzeki żwirodenne mogą także tworzyć systemy wielokorytowe, określane nazwą rzek anastomozujących (*ang.* anastomosing rivers). Do rozwoju takich systemów może dochodzić w wyniku postępującej w górę biegu rzeki nadbudowy jej dna, np. wskutek podparcia rzeki głównej przez dopływ wnoszący duże ilości rumowiska dennego. Rozdzielające nurt rzeki kępy mogą tu osiągać duże rozmiary oraz wysokość równą wysokości obszaru zalewowego, wskutek czego

opływające je odnogi rzeki nabierają charakteru oddzielnych koryt o typie krętym, meandrowym lub roztokowym. W XX wieku do rozwoju systemów wielokorytowych dochodziło np. w kilkukilometrowych odcinkach Dunajca powyżej ujścia Popradu oraz Raby powyżej ujścia Stradomki. Powojenna regulacja koryt i wywołane nią wcięcie się rzek doprowadziły do zniszczenia lub zaniku takich systemów, tak że obecnie byłoby trudno wskazać przykład funkcjonującego systemu wielokorytowej rzeki karpackiej.

W niniejszym opracowaniu wskazujemy na istnienie takich systemów rzecznych z uwagi na cechującą je dużą stabilność poziomego przebiegu koryt oraz powolną nadbudowę dna rzeki. Jest to wynikiem zwiększenia oporów przepływu w sytuacji, gdy określona objętość wody jest przenoszona w dwóch lub więcej korytach o znacznie większym obwodzie zwilżonym w porównaniu z pojedynczym korytem. Stanowi to wskazówkę, iż sztucznie formowane systemy wielokorytowe (koryto główne oraz kanał ulgi) nie tylko ułatwiałyby przeprowadzanie wód powodziowych przez określony przekrój dna doliny, lecz również przyczyniałyby się do odwrócenia dotychczasowej niekorzystnej tendencji rzek karpackich do wcinania się.

8.2. Kształtowanie przepustowości koryta

Analiza stabilnych w pionie rzek naturalnych z różnych obszarów świata wskazała, że dla zdecydowanej większości z nich prawdopodobieństwo wystąpienia przepływu pełnokorytowego mieściło się w przedziale $50\% < p < 80\%$, z wartością modalną $p = 67\%$ (woda półtoraroczna). Koryta o skalnym lub silnie umocnionym dnie mogą mieć pojemność odbiegającą od tych wartości. W niniejszym opracowaniu przyjęto, że kształtowanie koryt na przepływ miarodajny większy niż półtoraroczny ($p < 67\%$) będzie prowadzić do zmniejszenia retencji wód wezbraniowych w obszarze zalewowym w stosunku do sytuacji w stanie naturalnym, a w konsekwencji do zwiększania przepływów kulminacyjnych o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia w odcinku cieku poniżej uregulowanego odcinka. W celu zachowania i odtworzenia warunków do retencji wód wezbraniowych w obszarach zalewowych rzek i potoków karpackich postuluje się przyjęcie następujących kryteriów wyznaczania przepływu miarodajnego dla koryta cieku:

- w terenach o intensywnym zagospodarowaniu, zwłaszcza typu miejskiego – przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia mniejszym od 50%, jednak możliwie jak największym – wystarczający dla przepuszczenia wód powodziowych, które nie mogą być przepuszczone w inny sposób lub zretencjonowane; jeśli możliwe jest tu uformowanie koryta dwudzielnego, wówczas jego niższa część powinna być wypełniana przez przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia $p = 67\%$

- w terenach, gdzie w dnie doliny występują pola orne, drogi lokalne i pojedyncze zabudowania gospodarskie – przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia p = 50 do 67%
- w terenach zajętych przez użytki zielone, lasy i nieużytki – przepływ o prawdopodobieństwie wystąpienia p = 100%.

8.3. Miarodajna średnica rumowiska

Podany w wytycznych projektowych Hydroprojektu „Regulacja rzek górskich" sposób określania miarodajnej średnicy rumowiska nie uwzględnia faktu istnienia powierzchniowej, gruboziarnistej warstwy tworzącej opancerzenie dna oraz wpływu tej warstwy na warunki zapoczątkowania ruchu rumowiska i natężenie transportu rumowiska przy określonym przepływie. Ponadto, nie uwzględnia on zróżnicowanego stopnia rozwoju opancerzenia dna cieków w zależności od warunków lokalnych, który może nie mieć odzwierciedlenia w różnicach średnicy materiału dennego pod brukiem. Przykładowo, poniżej zbiorników zaporowych, całkowicie odcinających dopływ rumowiska dennego z wyższego odcinka cieku, średnia średnica otoczaków tworzących opancerzenie dna może być nawet czterokrotnie większa od średniej średnicy materiału w podpowierzchniowej warstwie. Z kolei tam, gdzie cieki są obficie zasilane rumowiskiem i gdzie ma miejsce nadbudowa (agradacja) ich dna, opancerzenie dna jest słabo ukształtowane, a średnia średnica powierzchniowego materiału w małym stopniu przewyższa średnią średnicę w materiale podpowierzchniowym.

Ciągła rejestracja natężenia transportu dennego w całym przekroju poprzecznym cieków żwirodennych, prowadzona w kilku stacjach eksperymentalnych na świecie, dowiodła, że – przy tej samej energii cieku przypadającej na 1 m przekroju koryta – pomiędzy ciekami bez opancerzenia dna i ciekami z dobrze rozwiniętym opancerzeniem występują bardzo duże różnice w charakterze transportu dennego. W ciekach, w których brak opancerzenia dna, transport denny rozpoczyna się już przy niewielkich przepływach i może osiągać bardzo duże natężenie – w ciekach tych do 20% całkowitej energii cieku może być wydatkowane na transport rumowiska wleczonego. Natomiast w ciekach z dobrze rozwiniętym opancerzeniem dna natężenie transportu dennego może osiągać wartości o kilka rzędów wielkości niższe niż w ciekach bez opancerzenia – duże natężenie transportu dennego ma tu miejsce dopiero przy wysokich przepływach zdolnych do rozerwania warstwy opancerzenia, zaś na transport rumowiska wleczonego wydatkowany jest zaledwie ułamek procenta całkowitej energii cieku (ogromna większość tej energii jest tu bowiem zużywana na pokonywanie oporów przepływu). Z powyższych wywodów wynikają dwa wnioski.

Po pierwsze, zniszczenie warstwy opancerzenia dna w ciekach żwirodennych (na przykład w wyniku przepychania materiału dennego spycharką w trakcie

prac regulacyjnych lub przejazdu pojazdami przez koronę bystrza) prowadzi do drastycznego zwiększenia podatności rumowiska dennego na uruchomienie. Zatem prowadzenie prac regulacyjnych w sposób powodujący zniszczenie opancerzenia (a także wewnętrznych struktur osadów dennych, takich jak imbrykacja ziarn) umożliwia stosunkowo łatwe uruchamianie rumowiska w odcinku regulowanym, natomiast odprowadzony stąd materiał denny nie jest w równej mierze uzupełniany przez transport z nieregulowanego wyższego odcinka cieku, gdzie przy istniejącym opancerzeniu dna rumowisko denne jest uruchamiane dopiero przy znacznie większych przepływach.

Po drugie, właściwa charakterystyka granulometrii rumowiska dennego w ciekach żwirodennych wymagałaby określania dwóch parametrów: miarodajnej średnicy rumowiska w podpowierzchniowej warstwie, określanej w dotychczasowy sposób w oparciu o przesiew prób objętościowych, oraz miarodajnej średnicy rumowiska tworzącego warstwę opancerzenia dna, określanej w oparciu o metodę powierzchniowego zliczania ziarn. Szczegółowe procedury wyznaczania miarodajnej średnicy rumowiska w warstwie opancerzenia oraz w warstwie podpowierzchniowej są podane w normie ISO 9195 (Liquid flow measurement in open channels – sampling and analysis of gravel bed material) z 1992 roku. Wyznaczona średnica opancerzenia dna powinna określać warunki, przy których następuje zapoczątkowanie ruchu rumowiska dennego, natomiast średnica rumowiska w podpowierzchniowej warstwie powinna stanowić podstawę określania natężenia transportu dennego w warunkach już istniejącego ruchu rumowiska. Łatwo zauważyć, że wynika z tego, iż w ciekach żwirodennych ruch rumowiska dennego może się odbywać przy niższych przepływach (niższych prędkościach przepływu, niższych naprężeniach na dnie cieku) niż przepływy umożliwiające zapoczątkowanie ruchu tego rumowiska. To nie błąd, tak rzeczywiście jest! Pomiary prowadzone we wspomnianych powyżej stacjach eksperymentalnych dowiodły, że w ciekach z dobrze rozwiniętym opancerzeniem dna zamieranie ruchu rumowiska dennego może mieć miejsce przy naprężeniach na dnie cieku wynoszących zaledwie 1/3 naprężeń potrzebnych do zapoczątkowania ruchu rumowiska. Ta niewątpliwie skomplikowana natura ruchu rumowiska dennego w ciekach żwirodennych stwarza jednak poważne problemy z wyznaczaniem czasu trwania ruchu rumowiska (i przedziału przepływów, przy których ma on miejsce) jedynie w oparciu o krzywe czasu trwania przepływów.

9 ANALIZA RÓWNOWAGI KORYT ŻWIROWYCH W OPARCIU O KRYTERIUM JEDNOSTKOWEJ MOCY STRUMIENIA I WYNIKAJĄCE Z NIEJ WNIOSKI DLA PROJEKTOWANIA

Prognozowanie stabilności dna w cieku żwirodennym w oparciu o empiryczne formuły transportu rumowiska niesie ze sobą bardzo duże ryzyko popełnienia poważnych błędów. Zastosowanie szeregu istniejących formuł empirycznych do prognozowania transportu dennego w danej rzece daje wyniki, które mogą się różnić o 1 lub nawet 2 rzędy wielkości. Pomiary rzeczywistych wielkości transportu dennego w czasie wezbrań w rzekach o tak dużej energii, jak rzeki karpackie są praktycznie niemożliwe. W takiej sytuacji twierdzenie, że dana formuła (np. Meyera-Petera i Müllera) dobrze nadaje się do stosowania w warunkach rzek karpackich nie zostało empirycznie udowodnione, a formuły empiryczne dobrze sprawdzają się jedynie dla rzek, dla których zostały określone. O przydatności danej formuły do prognozowania transportu rumowiska w konkretnej rzece decyduje długookresowa zgodność przewidywanych i rzeczywistych wielkości transportu rumowiska. Natomiast gwałtowne obniżanie się w drugiej połowie XX wieku dna wielu rzek i potoków karpackich, których regulowane koryta wymiarowano z wykorzystaniem formuł empirycznych, wskazuje na słabą przydatność tych formuł do prognozowania równowagi ruchu rumowiska w tych ciekach.

Pomiary transportu dennego prowadzone we wspomnianych wyżej naturalnych ciekach eksperymentalnych oraz w korytach sztucznych (tzw. flumach) wskazują na przyczyny niepowodzeń w powszechnym stosowaniu ustalonych empirycznie formuł transportu rumowiska. Pokazują one, że w ciekach żwirodennych prostą zależność pomiędzy rozmiarami ziarn a wielkością siły trakcyjnej potrzebnej do ich uruchomienia, zakładaną w równaniach transportu rumowiska, komplikuje szereg innych czynników, takich jak kształt, orientacja i stopień upakowania ziarn, grupowanie się ziarn w małoskalowe formy dna czy stopień rozwoju opancerzenia dna. Łączny wpływ tych czynników na warunki, w jakich następuje uruchomienie materiału dennego i na natężenie jego transportu może się różnić pomiędzy poszczególnymi rzekami żwirodennymi, a nawet poszczególnymi odcinkami danej rzeki, a także zmieniać z upływem czasu w danym cieku. Ponadto, empiryczne formuły transportu rumowiska są oparte na założeniu istnienia granicznych wartości przepływu (prędkości, naprężeń na dnie), powyżej których rumowisko denne jest transportowane, a poniżej których

pozostaje nieruchome. Tymczasem wykazane doświadczalnie radykalnie odmienne warunki przepływu, przy których następuje zapoczątkowanie ruchu rumowiska oraz zamieranie tego ruchu powodują, że założenie to nie jest w rzeczywistości spełnione. I wreszcie, mankamentem prognozowania stabilności dna w regulowanym korycie cieku w oparciu o empiryczne formuły transportu rumowiska jest fakt, że formuły te nie mogą uwzględniać ubytku rumowiska wskutek eksploatacji żwiru (legalnej lub nielegalnej) z koryta.

Dotychczas stosowane metody obliczeniowe dla regulacji i utrzymania rzek oparte były o przekrój trapezowy, jednakowy na całej długości sekcji regulacyjnej, dla którego obliczano parametry równowagi podłoża przy określonym przepływie miarodajnym. Takie podejście skutkowało koniecznością zamiany naturalnych koryt żwirowych w założone w procesie projektowania kanały o powtarzalnym wzdłuż ich biegu przekroju typowym, które dopiero wtedy poddawały się kształtowaniu zgodnemu z zamiarem projektanta.

Potrzeba zachowania naturalnych koryt żwirowych meandrujących w płaszczyźnie poziomej i pionowej wymaga innego podejścia, umożliwiającego analizę równowagi koryta bez jego uprzedniej zamiany w kanał. Także wszelkie potrzeby korygowania uregulowanych koryt cieków wydają się być bardziej adekwatne, jeśli są wynikiem analizy stanu istniejącego, a nie rezultatem ponownego regulowania już raz uregulowanego cieku.

W literaturze znajduje się wiele sposobów obliczania naturalnie meandrujących cieków żwirowych i cieków o podłożu kamienistym (o spadku do 5%) i mogą one być wykorzystywane w analizie równowagi koryta (np. zobacz Thorne i in., 1997). W niniejszym opracowaniu chcieliśmy jednak zaproponować uproszczone podejście do oceny stanu cieku oparte na założeniu, że naturalne koryto meandrującego cieku jest w równowadze z istniejącymi w dnie doliny osadami wówczas, gdy przepływ pełnokorytowy jest równy $Q_{67\%}$. Ponadto, proponuje się rozpatrywanie warunków równowagi tylko dla przekroi kontrolnych, a nie dla koryta regulacyjnego. Ustalenie zasady doboru przekroi kontrolnych w węzłach układu na kolejnych koronach bystrzy umożliwia analizę zachowania się istniejących cieków dla zmiennych warunków przepływu bez konieczności analizowania zjawisk w przegłębieniach, które w prezentowanym podejściu stają się miejscem zapewnienia równowagi dla dynamiki przepływu po kolejnych bystrzach. Równowaga ta polega na tym, że nadmiar energii przepływu rozwija meandrowanie cieku w strefie plosa w płaszczyźnie poziomej, a gdzie jest to niemożliwe lub uniemożliwione, w płaszczyźnie pionowej.

Stosunkowo łatwym do ustalenia parametrem określającym tempo wydatkowania energii cieku na jednostkowej powierzchni dna przy określonym przepływie jest jednostkowa moc strumienia (unit stream power), obliczana następującym wzorem:

$$\omega = (\gamma_w * g * Q * S)/w \qquad [W/m^2], \text{ czyli}$$

$$\omega = (9810 * Q * S)/w \qquad [W/m^2]$$

gdzie:

ω – jednostkowa moc strumienia,
γ_w – gęstość wody w kg/m^3,
g – przyśpieszenie ziemskie w m/s^2,
Q – przepływ wody w m^3/s,
S – spadek cieku w liczbach bezwzględnych,
w – szerokość cieku w m przy napełnieniu przepływem Q.

Przy wzrastającym napełnieniu przekroju zwiększającym się przepływem Q jednostkowa moc strumienia ω wzrasta i funkcja ta dobrze opisuje sytuację, kiedy od momentu zatopienia brzegów cieku dalszy wzrost przepływu powoduje stosunkowo niewielki przyrost jednostkowej mocy strumienia w strefie korytowej, o małym wpływie na kształtowanie koryta. Także rozpatrywanie wielkości mocy strumienia w przekroju korony bystrza obrazuje różnicę mocy strumienia dopływającego po spadku cieku do korony bystrza, w stosunku do mocy strumienia rozpędzonego po spadku bystrza po przekroczeniu korony.

Jednostkowa moc strumienia równa się iloczynowi średniej prędkości i średniego naprężenia ścinającego wywieranego na dno cieku w danym przekroju. Ta zależność obrazuje uniwersalność parametru jednostkowej mocy strumienia ω, który równocześnie przedstawia prędkość i naprężenie ścinające wywierane na dno.

W analizie mocy strumienia dopływającego do bystrza zastosowanie ma spadek cieku, czyli spadek linii równoległej do krawędzi koryta lub spadek linii łączącej korony bystrzy. Natomiast moc strumienia na bystrzu zależy od spadku bystrza, a więc jest znacząco większa od mocy strumienia dopływającego do bystrza. Ma to konsekwencję w postaci uziarnienia materiału dna na bystrzu, które musi pozostawać w równowadze ze zwiększonymi prędkościami strumienia występującymi na bystrzu, a więc najczęściej musi być znacząco grubsze niż uziarnienie dna przegłębień.

Biorąc powyższe pod uwagę można łatwo przyjąć, obliczyć i pomierzyć parametry mogące służyć ocenie koryt naturalnych w przekrojach kontrolnych umiejscowionych na koronach bystrzy. Parametry te zestawiono w tabeli 4, natomiast tabela 5 zawiera klasyfikację cieków naturalnych w zależności od jednostkowej mocy strumienia.

Tabela 4. Parametry przepływu i mocy strumienia do oceny naturalnych koryt żwirowych

Parametr	Wielkość	Uwagi
Przepływ $Q_{67\%}$	Z ogólnie przyjętych wzorów lub danych IMGW	Przepływ pełnokorytowy naturalnego cieku o stabilnym pionowym położeniu dna
Moc strumienia o dowolnym przepływie Q_i dopływającego do korony bystrza	$\omega_i = (9810 * Q_i * S)/w_i$	S – spadek linii osiowej koryta, łączącej kolejne korony bystrzy, linia w płaszczyźnie pionowej i poziomej mniej więcej równoległa do linii brzegowej.
Uziarnienie przekroju ploso/ łacha	Pomierzone w okolicy osi koryta, tuż nad poziomem zwierciadła niskiej wody, koreluje się z ω_i dla Q_P	Próba powierzchniowa wg normy ISO 9195:1992
Moc strumienia na bystrzu	$\omega_{Bi} = (9810 * Q_i * S_B)/w_i$ $\omega_{Bi} = \omega_i * (S_B /S)$	S_B – spadek bystrza
Uziarnienie bystrza	Pomierzone w okolicy osi koryta, koreluje się z ω_{Bi} dla Q_P	Próba powierzchniowa wg normy ISO 9195:1992
Rzeczywisty przepływ pełnokorytowy w koronie bystrza Q_P	Z ogólnie przyjętych wzorów, dla spadku S, pola przekroju pełnokorytowego na koronie bystrza i szorstkości dna odpowiadającej uziarnieniu przekroju ploso/ łacha	Wynikająca z przyjętego wzoru prędkość koreluje się z uziarnieniem w przekroju ploso/łacha. Q_P jest górną granicą ewentualnych dokładniejszych oszacowań
Prędkość przepływu na bystrzu v_B	Z wzorów jak wyżej, ale przyjmując Q_P, S_B, i uziarnienie bystrza	Prędkość w strefie bystrza koreluje się z uziarnieniem bystrza i jest górną granicą ewentualnych dokładniejszych oszacowań
Wskaźnik wcinania/ wypłycania koryta	$WWK = Q_P /Q_{67\%}$	Dla WWK większego niż 1 koryto wcinające się, dla WWK mniejszego niż 1 koryto wypłycone, dla WWK około 1 koryto w zasadzie stabilne

W powyższej tabeli indeks $_i$ (np Q_i, ω_i) określa parametry przy dowolnym przepływie, indeks $_P$ parametry przy przepływie pełnokorytowym, indeks $_B$ parametry dla przekroju na bystrzu.

Tabela 5. Charakter cieków naturalnych o określonej jednostkowej mocy strumienia

Jednostkowa moc strumienia przy przepływie pełnokorytowym o prawdopodobieństwie wystąpienia p = 67%	**Charakter cieku**
$\leq$ 10 W/m^2	Ciek piaszczysty o małej energii strumienia
10 ÷ 35 W/m^2	Ciek żwirodenny, niskoenergetyczny, stabilny. Wykazuje tendencję do formowania koryta o małym zróżnicowaniu morfologii oraz siedlisk organizmów
35 ÷ 100 W/m^2	Ciek żwirodenny o dużej energii strumienia, zachowujący równowagę w przypadku ograniczonej dostawy rumowiska i adekwatnego uziarnienia bystrzy i plos
100 ÷ 300 W/m^2	Ciek żwirodenny lub kamienisty o bardzo dużej energii i korycie stabilnym tylko w przypadku niezaburzonej dostawy rumowiska z brzegów lub dopływów
$\geq$ 300 W/m^2	Ciek kamienisty, przy zewnętrznych ograniczeniach koryta i doliny niestabilny i wykazujący tendencję do transformacji w koryto skalne

Wnioskowanie na podstawie parametrów przedstawionych w powyższych tabelach oraz ich korelacje pozwalają przewidzieć przyszły stan naturalnego koryta żwirowego w sensie potrzeby, kierunku i zakresu jego zmiany. W szczególności śledzenie trendu zmian WWK podczas kolejnych ocen daje podstawę do stwierdzenia równowagi koryta, jego tendencji do stałego wcinania się lub wypłycania. Stosowne wnioski wybiegające poza stwierdzenie równowagi dotyczyć będą konieczności zmniejszenia lub zwiększenia przekroju kontrolnego, poprzez odtworzenie właściwych rzędnych terasy zalewowej, lub odbudowania odpowiedniego bystrza. Umiarkowana erozja brzegu wklęsłego plosa, powolne przemieszczanie się układu meandrów i niestabilność położenia linii brzegowych to właściwości naturalnych koryt i nie powinny stanowić powodu podejmowania działań zapobiegawczych czy korekcyjnych, dopóki nie naruszają cudzej własności, a i wtedy interwencja polegać może na wywłaszczeniu gruntu przyległego do rzeki zamiast podejmowania działań inżynierskich.

Stosunkowo łatwy algorytm określania wskaźnika wcinania/wypłycania koryta WWK dla koryt naturalnych skłania do rozszerzenia przedmiotu oceny na koryta w mniejszym lub większym stopniu uregulowane (tabela 6). To rozszerzenie oceny musi jednak brać pod uwagę zaburzenia mechanizmu równowagi

wprowadzone lub planowane do wprowadzenia w korycie rozpatrywanego odcinka cieku. Umocnienia brzegowe stabilizują linię brzegu w poziomie i w pionie, co uniemożliwia odzyskiwanie równowagi koryta poprzez erozję boczną. Trwałe umocnienia dna (odcinki skalne, progi i stopnie) nie pozwalają na erozję denną i przemieszczanie się zakresu erozji dennej powyżej umocnienia.

Przemieszczanie się rumowiska nienaturalnym i niedawno regulowanym korytem może zaburzać reprezentatywność prób uziarnienia, których korelacje z jednostkową mocą strumienia czy prędkością przepływu stają się wątpliwe. Prawdopodobne wcięcie się regulacyjnego koryta powodować będzie inne nieprzewidywalne skutki o różnym stopniu tymczasowości i destabilizacji, w tym na przykład brak meandrowania cieku. Mimo to jednak zastosowanie podejścia, jak dla koryt naturalnych pozwala określić stopień przekształcenia koryta, poprzez rozpoznanie zakresu zmian w stosunku do oryginalnego koryta będącego kiedyś w stanie równowagi z osadami w dolinie, czasem nawet bez potrzeby śledzenia historycznych danych i pomiarów dokonywanych na oryginalnym, naturalnym korycie.

W podejściu do oceny koryt uregulowanych podstawową trudnością okazać się może identyfikacja korony bystrza, szczególnie dla długich odcinków prostego koryta lub koryta o bardzo małej albo bardzo dużej krzywiźnie. Oprócz ewidentnych bystrzy, z których każde powinno przerzucać nurt z jednego plosa do drugiego pod przeciwległy brzeg, powinny się znaleźć korony bystrzy co 5 do 7 szerokości pełnokorytowej koryta (mierzone w linii prostej, nie po łuku), także konsekwentnie przerzucające nurt raz na lewo, raz na prawo. W wyniku identyfikacji i dodatkowego wyboru miejsc, w których mimo braku bystrzy należy je dobudować w odpowiedniej odległości od siebie, nie może być miejsc takich, gdzie dwa kolejne bystrza przerzucają nurt w jedną stronę. Dla koryt ze stopniami regulacyjnymi korony stopni nie muszą być traktowane jako korony bystrzy, jeśli nie odpowiadają rytmowi wynikającemu z meandrowania. Wtedy stopień „nadprogramowy" może być traktowany jak każda inna przeszkoda dla przepływu, a brak wyraźnego bystrza w pożądanej lokalizacji może być łatwo uzupełniony działaniami utrzymaniowymi. W przypadku zamierzonej korekcji koryta regulowanego można też przewidzieć stopnie regulacyjne jako zabezpieczenie zakończenia bystrza, w całości zatopione pod lustro wody plosa, lub w całości urządzone narzutem głazów jako bystrze.

Po ustaleniu lokalizacji koron bystrzy we właściwym rytmie zależnym od szerokości koryta, to jest w odległości 5-7 szerokości koryta liczonej w linii prostej, można określić spadek cieku S liczony pomiędzy koronami bystrzy tym razem po krzywej zbliżonej do osi koryta lub brzegu rzeki. Samo prześledzenie zakresu zmienności spadku pomiędzy kolejnymi koronami bystrzy może być pouczające dla ewentualnych dalszych wniosków, które powinny zmierzać do ustalenia w miarę jednorodnego przebiegu zmian spadku, w zasadzie od większego do mniejszego z biegiem rzeki. Korekta spadku może być przeprowadzana na dwa

sposoby, poprzez regulację wysokości koron bystrzy, lub poprzez wydłużanie czy skracanie długości plosa. Ta druga ewentualność jest najczęściej niemożliwa do zastosowania, szczególnie w terenach zurbanizowanych, toteż warto dokonać wstępnej oceny wysokości koron bystrzy zanim przystąpi się do dalszych obliczeń, choćby po to, by mieć pogląd co do kierunku ewentualnych dalszych zmian ich położenia.

Odcinek wybrany do analizy to co najmniej jeden przekrój kontrolny na koronie bystrza, lub ich seria o dowolnej liczebności koron bystrzy, ale nie zawierająca ujść większych dopływów lub wysokich stopni. W następującej tabeli zestawiono parametry oceny regulowanych koryt żwirowych.

Tabela 6. Dodatkowe parametry przepływu do oceny regulowanych koryt żwirowych

Parametr	Wielkość	Uwagi
Przepływ miarodajny koryta regulacyjnego $Q_{M\%}$	Z ogólnie przyjętych wzorów lub danych IMGW dla prawdopodobieństwa wystąpienia M%	Przepływ miarodajny założony do projektowania lub do utrzymania cieku
Wskaźnik wcinania/ wypłycania koryta	$WWK = Q_P / Q_{67\%}$	Dla WWK większego niż 1 koryto wcięte, dla WWK mniejszego niż 1 koryto wypłycone
Wskaźnik wcinania/ wypłycania koryta miarodajnego M%	$WWKM = Q_P / Q_{M\%}$	Dla WWKM większego niż 1 koryto nadmiernie przegłębione w stosunku do koryta wytyczonego na przepływ miarodajny, dla WWKM mniejszego niż 1 koryto wypłycone w stosunku do koryta wytyczonego na przepływ miarodajny, dla WWKM około 1 koryto o pojemności odpowiedniej dla przepływu miarodajnego

Z tabel 4 i 6 wynika, że koryta żwirowe projektowane na przepływy miarodajne o prawdopodobieństwie mniejszym niż 67% będą miały tendencję do wcinania się, gdyż moc strumienia na dopływie do bystrza i na bystrzu będzie zawsze większa od występującej w ciekach naturalnych w równowadze. Jeśli w osadach w dnie doliny nie znajdą się odpowiednio grube frakcje kamieni i głazów w ilości wystarczającej do opancerzenia bystrzy, to proces wcinania się koryta będzie trwały i pogłębiający się. Zapobiec mu może zmniejszenie mocy strumienia na bystrzu, co można osiągnąć przez zwiększenie szerokości koryta, przeniesienie części przepływu w obręb dobudowanej terasy zalewowej

lub kanału ulgi i zmniejszenie spadku pomiędzy koronami bystrzy poprzez rozwinięcie długości plos. Właściwym podsumowaniem tych zabiegów byłoby usunięcie zabezpieczeń brzegowych i zabudowy w dolinie dla swobodnego meandrowania cieku, co z powodów oczywistych nie wszędzie jest możliwe.

Drugim kierunkiem poszukiwania równowagi dla zwiększonej jednostkowej mocy strumienia na bystrzach może być zasadnicze zwiększenie średnicy ziarna w opancerzeniu bystrzy. Pozwoliłoby to na zwiększenie ich spadku lub równocześnie ich spadku i długości, bez konieczności zmniejszania przepływów pełnokorytowych, czyli poszukiwania miejsca na terasy zalewowe inne niż założone poprzez przyjęcie odpowiedniego przepływu miarodajnego. Konsekwencją rozwiązań utrzymaniowych według tego kierunku będzie obrukowanie przegłębień i braki drobnych frakcji żwiru w korycie.

Dla WWK mniejszego niż 1 koryta regulowane nie powinny wykazywać oznak wcinania się i można je traktować jako stabilne podobnie do naturalnych. Dla WWK większego od 1 i WWKM około 1 koryta regulowane wykazują stabilność w przekrojach kontrolnych i równocześnie adekwatność funkcji odprowadzenia wód powodziowych. Dla WWKM większego niż 1 może zachodzić konieczność podniesienia wysokości koron bystrzy, lub usytuowania terasy zalewowej albo koryta ulgi wzdłuż brzegów cieku, szczególnie w przypadku, gdy trend kolejno wyznaczanych w przekroju kontrolnym wartości WWKM jest rosnący.

Dla weryfikacji zamierzeń regulacyjnych polegających na całkowitej przebudowie trasy koryta zamieszczone parametry oceny są jak najbardziej adekwatne. Dla przebudowy naturalnego koryta poza terenem zabudowanym należy stosować niezmienny parametr mocy strumienia i spadek bystrzy o adekwatnym uziarnieniu. W takiej sytuacji kształtowanie koryta regulacyjnego o spadku większym niż w korycie sprzed regulacji (prostowanie cieku) wymaga większej szerokości koryta niż dotychczas. Kształtowanie węższych przekroi w koronach bystrzy niż dla koryta przedregulacyjnego wymaga z kolei uformowania trasy regulacyjnej o mniejszym spadku (większej krętości) niż w dotychczasowym korycie. **Zdecydowanie nie należy natomiast dokonywać równoczesnego zwężania i prostowania koryta cieku, bowiem w sposób oczywisty powoduje to zwiększenie jednostkowej mocy strumienia i prowadzi do wcinania się cieku.** Dla celów praktycznych można przyjąć, że cały spadek dna rzeki projektuje się w strefie bystrza.

Przełożenia koryt uregulowanych dokonywać należy podobnie, jak koryt naturalnych, mając jednak na uwadze negatywne zjawiska występujące w uregulowanym korycie, które mogłyby być zniwelowane w przełożonym korycie.

Także w odcinkach o dnie silnie umocnionym lub skalnym zubożenie środowiska, wynikające z braku żwirów w dnie, powinno skłaniać do podjęcia działań zmierzających do odtworzenia żwirowego charakteru cieku, a więc zmniejszenia mocy strumienia i wielkości przepływu pełnokorytowego.

W przypadku modyfikacji koryta cieku prowadzących do zmniejszenia przenoszonych w jego obrębie przepływów konieczne staje się sprawdzenie prędkości wód wezbraniowych w strefie położonej bezpośrednio powyżej koryta/niższej części koryta dwudzielnego. W przypadku, gdy okaże się, że prędkości przy przepływie 10-letnim lub niższym (częściej występującym) są wystarczające do rozmycia drobnoziarnistych osadów tworzących powierzchnię tej strefy, wówczas należy:

- umocnić powierzchnię terenu w górnej części koryta dwudzielnego poprzez wybrukowanie ścieżek, dróg i zadarnienie pozostałego terenu (niedopuszczalne występowanie powierzchni niezadarnionych),
- zwiększyć szerokość górnej części koryta dwudzielnego, o ile jest to w danej lokalizacji możliwe,
- zalecić zaniechanie orki w obszarze zalewowym i przekształcenie występujących tu gruntów ornych w użytki zielone.

Nie ma natomiast potrzeby przeprowadzania obliczeń prędkości w wymienionych strefach dla przepływów o prawdopodobieństwie wystąpienia mniejszym niż 10%, gdyż:

- wraz z wypełnieniem tych stref i zatapianiem coraz szerszego obszaru w dnie doliny wzrost wielkości przepływu będzie powodował jedynie niewielki przyrost prędkości w rozważanych strefach;
- przeciwerozyjne zabezpieczenie powierzchni terenów nadrzecznych o nikłym zainwestowaniu lub zmiana sposobu użytkowania terenów zalewowych w obszarach użytkowanych rolniczo na wypadek wystąpienia przepływu o prawdopodobieństwie mniejszym od 10% będą nieracjonalne z ekonomicznego punktu widzenia.

10 ZASTĄPIENIE PRZECIWEROZYJNEJ ZABUDOWY BRZEGÓW KORYTA ZABUDOWĄ GRANIC OBSZARU ZALEWOWEGO – WYZNACZENIE KORYTARZA SWOBODNEJ MIGRACJI CIEKU

W poprzednim rozdziale wskazano metodykę umożliwiającą rozpoznawanie odchylenia cieku od stanu równowagi (oraz jego skali) w danym odcinku jego biegu. Współcześnie potoki i rzeki karpackie w ogromnej większości cechuje zbyt duża zdolność transportowa przy niedostatecznej dostawie rumowiska do cieków, czego efektem jest obniżanie się ich dna i formowanie nadmiernie przegłębionych koryt. Dlatego wskazano także przedsięwzięcia techniczne – możliwe do przyjęcia z punktu widzenia ekologii cieku, jego rekreacyjnego wykorzystania oraz estetyki krajobrazu – pozwalające na zmniejszenie zdolności transportowej potoków i rzek. W dalszej części opracowania, w rozdziale 16.2, szczegółowo omówiono jedną z takich technik – sztuczne podwyższenie koron bystrzy – obniżającą zdolność transportową cieku poprzez zmniejszenie przepustowości koryta, zmniejszenie spadku cieku pomiędzy bystrzami i zwiększenie szorstkości dna w obrębie bystrza.

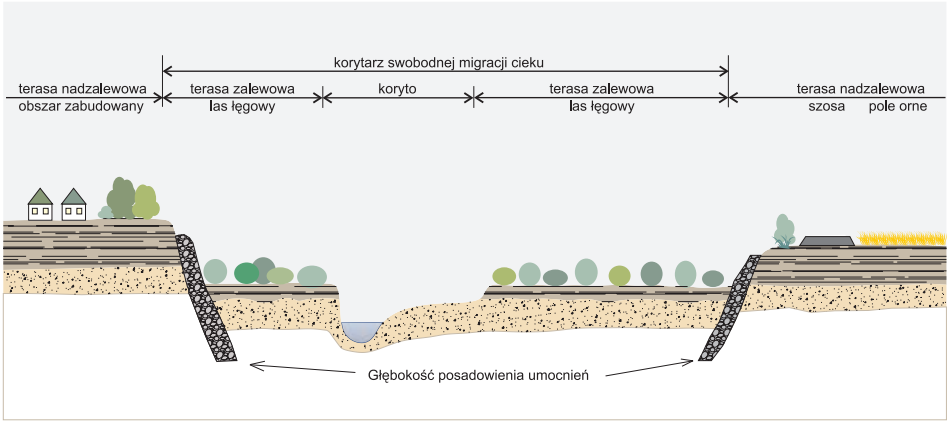
Zarówno to, jak i inne wskazane w poprzednim rozdziale przedsięwzięcia techniczne (uformowanie terasy zalewowej, kanału ulgi) będą prowadzić do przywrócenia stanu równowagi w odcinku objętym odnośnymi zabiegami technicznymi. Jeśli jednak przedsięwzięciom tym nie będzie towarzyszyć dopuszczenie do erozji brzegów koryta (np. poprzez zaniechanie ich odbudowy), same w sobie nie spowodują one zwiększenia dostawy rumowiska dennego do niższego odcinka cieku. W istocie, podwyższenie koron bystrzy wymusi akumulację rumowiska powyżej nich i podwyższenie dna cieku w tak zmienionym odcinku, powodując tym samym czasowe zmniejszenie dostawy rumowiska do niższego odcinka i nasilenie stanu jego nierównowagi, jeśli taką modyfikacją techniczną nie zostanie objęty cały niższy bieg cieku. Powyższa uwaga nie oznacza, że zaproponowane techniki przywracania stanu równowagi cieku są złe – umożliwiają one bowiem istotną poprawę funkcjonowania cieku w odnośnym odcinku, stanowiąc zarazem jedyne przedsięwzięcia możliwe do zastosowania w sytuacji konieczności stabilizacji przebiegu cieku w obrębie dna doliny i istnienia przeciwerozyjnej zabudowy jego brzegów.

Jeśli jednak sztuczne zwężenie koryta i przeciwerozyjna zabudowa jego brzegów nie chronią zabudowy lub obiektów infrastrukturalnych (np. dróg, nasypów kolejowych, itp.) w bezpośrednim sąsiedztwie cieku, wówczas przeciwerozyjna zabudowa brzegów koryta powinna zostać zastąpiona przeciwerozyjną zabu-

dową granic terasy zalewowej (tj. obszaru zatapianego nie rzadziej niż raz na 1-5 lat), z pozostawieniem potokowi lub rzece możliwości swobodnego kształtowania swego koryta w tak wyznaczonym obszarze dna doliny (rys. 2). W warunkach zaznaczającej się współcześnie przewagi zdolności transportowej cieków karpackich nad ich zasilaniem rumowiskiem, dopuszczenie do swobodnego kształtowania koryt cieków w granicach obszaru zalewowego spowoduje zwiększenie ich krętości i szerokości. Efektem tego będzie więc zmniejszenie zdolności transportowej cieków. Erozja brzegów, towarzysząca bocznej migracji koryt w obrębie obszaru zalewowego, spowoduje ponadto zwiększenie dostawy rumowiska do cieków, umożliwiając przywrócenie ich zaburzonej równowagi nie tylko w odcinkach, w których przywrócono możliwość swobodnej migracji cieków, lecz także tam, gdzie wskutek intensywnego zagospodarowania dna doliny nie było to możliwe. Wzrost krętości cieków i towarzyszące bocznej migracji ich koryt formowanie rozległych, nisko położonych obszarów zalewowych spowoduje przywrócenie warunków do retencji wód wezbraniowych w dnach dolin, sprzyjające obniżeniu się kulminacji wezbrań w dalszym biegu cieków. Po dłuższym okresie funkcjonowania cieków w warunkach odtworzonej ich równowagi prawdopodobnie możliwe byłoby ponowne powstanie w dolinach karpackich wielonurtowych koryt, najbardziej pożądane dla odtworzenia warunków retencji wód wezbraniowych w korytach i dnie doliny oraz zwiększenia wartości przyrodniczej i walorów krajobrazowych cieków i terenów nadrzecznych. Te koryta o przywróconym stanie równowagi byłyby jednak usytuowane znacznie niżej w dnach dolin od swych XIX–wiecznych odpowiedników, nie stwarzając tym samym zagrożenia powodziowego dla zagospodarowanych terenów na terasach nadzalewowych. Wreszcie, należy zaznaczyć, że rzeki mogące swobodnie kształtować swe koryta w wyznaczonej strefie będzie cechować znacznie większa zdolność do przejęcia dużej i nagłej dostawy rumowiska ze zlewni w przypadku wystąpienia katastrofalnego wezbrania (tak, jak miało to miejsce w sudeckiej części zlewni górnej Odry w lipcu 1997 roku), co ma szczególnie istotne znaczenie w przypadku odcinków rzek zlokalizowanych bezpośrednio powyżej zbiorników zaporowych.

Przy wyznaczaniu zasięgu obszaru, w którym dopuszcza się swobodną migrację cieku, można posłużyć się przebiegiem krawędzi terasy nadzalewowej (gdzie najłatwiej umiejscowić skuteczną zabudowę przeciwerozyjną), przebiegiem dawnych koryt dobrze widocznych w morfologii dna doliny, włączając je do obszaru migracji cieku, lub zasięgiem lasu łęgowego w dnie doliny. W przypadku konieczności wyłączenia ze strefy potencjalnej migracji cieku fragmentów terasy zalewowej o istotnym zagospodarowaniu (np. w sąsiedztwie słupów wysokiego napięcia), granice tej strefy należy wyznaczać w sposób płynny, bez nagłych występów w poprzek dna doliny, tak aby możliwe było w przyszłości ześlizgiwanie się meandrów cieku w dół doliny wzdłuż linii

zabudowy przeciwerozyjnej. W sposób oczywisty granice strefy swobodnej migracji cieku powinny się zwężać na podejściu do mostów i rozszerzać po ich przekroczeniu.



Rys 2. Korytarz swobodnej migracji cieku w obszarze terasy zalewowej z zabudową przeciwerozyjną na granicy z wyższymi terasami

Przeciwerozyjna zabudowa granic korytarza swobodnej migracji cieku powinna być dostosowana do charakteru zagospodarowania obszaru poza tymi granicami oraz do prawdopodobieństwa dotarcia do nich cieku (odległości współczesnego koryta od granic korytarza):

- w odcinkach, w których koryto bezpośrednio sąsiaduje z terasą nadzalewową, wyższymi terasami lub zboczem doliny, umocnienia przyległego brzegu należy wykonać i utrzymywać w taki sam sposób, jak w odcinkach z uregulowanym korytem;
- tam, gdzie korytarz swobodnej migracji cieku sąsiaduje z obszarem o intensywnym zagospodarowaniu (zabudowa, obiekty infrastrukturalne), a granice korytarza przebiegają w odległości nie większej niż 2 pełnokorytowe szerokości cieku od współczesnego koryta, granice korytarza – zazwyczaj krawędź wyższej terasy – należy zabezpieczyć narzutem kamiennym wykonanym z kilku warstw głazów zamulonych pospółką. Głębokość posadowienia narzutu powinna być uzależniona od charakteru cieku, stanowiąc odpowiedź na różnice koncentracji przepływu pomiędzy jedno- i wielonurtowymi systemami rzecznymi, różnice kierunku przebiegu strugi maksymalnych prędkości (w przybliżeniu równoległy do linii narzutu w wielonurtowych systemach rzecznych i prostopadły na zakolach koryta jednonurtowego), a także przewidywane zwiększenie się głębokości plos wraz ze wzrostem krętości jednonurtowego koryta. W odcinkach doliny z wielonurtowym lub wielokorytowym systemem rzecznym narzut należy zatem posadowić na głębokości równej maksymalnej głębokości

plos. Natomiast w odcinkach doliny z jednonurtowym korytem o tendencji do meandrowania głębokość posadowienia narzutu powinna odpowiadać maksymalnej głębokości plos powiększonej o 1/4-1/3 pełnokorytowej głębokości cieku. Wskazane jest obsadzenie górnej krawędzi narzutu kamiennego podwójnym szpalerem długowiecznych drzew liściastych o rozbudowanym systemie korzeniowym – dębem szypułkowym lub grabem w niższych odcinkach dolin, a jesionem lub jaworem w wyższych odcinkach;

- umocnienie granic korytarza swobodnej migracji cieku narzutem kamiennym należy także wykonać tam, gdzie korytarz przylega do pól ornych, a granica korytarza przebiega w odległości nie większej niż 1 szerokość koryta od współczesnego położenia cieku;
- granic korytarza biegnących wzdłuż umiejscowionych wyżej terenów leśnych, nieużytków oraz łąk i pastwisk nie należy zabezpieczać przed erozją tak długo, dopóki koryto cieku nie znajdzie się bezpośrednio przy tej granicy. Także i wówczas – wobec nikłej wartości ekonomicznej terenów podlegających erozji – decyzja o budowie zabezpieczeń przeciwerozyjnych powinna być podjęta przede wszystkim na podstawie wysokości erodowanego brzegu, warunkującej wielkość dostawy rumowiska do cieku, oraz jego podatności na erozję (brzeg skalny, aluwialny) i stabilności (możliwość powstania osuwiska tamującego przepływ w cieku).

Należy jeszcze wskazać na dwie zalety budowy zabezpieczeń przeciwerozyjnych w sytuacji, gdy nie sąsiadują one bezpośrednio z aktywnym korytem cieku. Po pierwsze, ich budowa nie powoduje naruszenia struktury osadów we współczesnym korycie, zwiększającego ich podatność na uruchomienie i przyczyniającego się do wcinania się cieków. Po drugie, czas, jaki upływa od budowy tych zabezpieczeń do momentu dotarcia migrującego cieku do ich podnóża, pozwoli na przerośnięcie narzutu kamiennego korzeniami drzew posadzonych ponad jego górną krawędzią, znacznie wzmacniając jego odporność na erozję, co jest niemożliwe w przypadku umocnień brzegów aktywnego koryta.

11 WĘDRÓWKI I ZDOLNOŚĆ RYB DO POKONYWANIA PRZESZKÓD

11.1. Wędrówki ryb

Wędrówki są życiową koniecznością organizmów wodnych. Migracje prowadzone na różne odległości dotyczą wszystkich gatunków ryb. Ryby potadromiczne (stanowiskowe, lokalne) wędrują w granicach jednej rzeki (jeziora, zbiornika zaporowego) lub systemu rzecznego – wyłącznie w wodach śródlądowych, ryby diadromiczne (wędrowne, dwuśrodowiskowe) – wędrują pomiędzy wodami śródlądowymi a morskimi. Dla pierwszej grupy niezbędna dla życia jest drożność cieku pomiędzy żerowiskami a tarliskami, umożliwiająca migracje na odcinku od kilku do kilkudziesięciu kilometrów, dla drugiej zaś warunkiem istnienia populacji jest drożność cieku pomiędzy morzem a wodami śródlądowymi.

Ichtiofauna Polski liczy 58 autochtonicznych gatunków ryb. Osiem z nich należy do grupy ryb dwuśrodowiskowych (wędrownych). Są to: aloza, certa, jesiotr, łosoś atlantycki, parposz, sieja wędrowna, troć wędrowna i węgorz europejski. Trzy spośród wymienionych gatunków osiągają duże rozmiary, co jest powodem, że urządzenia umożliwiające ich wędrówkę przez przeszkody hydrotechniczne muszą mieć większą szerokość, głębokość oraz zwiększony przepływ wody.

Poniżej wymieniono rzeki górskie, w których możliwa jest restytucja ryb wędrownych i na których projektowane urządzenia umożliwiające migrację tych ryb powinny być dostosowane do ich rozmiarów:

- W dorzeczu Odry: Nysa Kłodzka z jej dopływami, rzeka Kaczawa z jej dopływami
- W dorzeczu Wisły: Skawa z jej dopływami, Raba z jej dopływami, Dunajec z jego dopływami, Wisłoka z jej dopływami, San z jego dopływami,

Jest rzeczą oczywistą, że dotarcie ryb wędrownych do wyżej wskazanych rzek górskich wymaga drożności dla nich rzek głównych – Odry i Wisły.

Poniżej w tabeli 7 zestawiono spis gatunków ryb Polski istotnych przy planowaniu urządzeń służących do migracji ryb, tzn. gatunków prawnie chronionych wybranych na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 września 2004 oraz gatunków o najwyższych kategoriach zagrożeń

według IUCN[1]/WCU. Cytowane powyżej rozporządzenie nie pozostawia wątpliwości w kwestii budowy urządzeń służących do migracji ryb. W § 10 ust. 3 pkt i zapisano:

„Sposoby ochrony gatunków dziko występujących zwierząt polegają w szczególności na:

- *wykonywaniu zabiegów ochronnych utrzymujących właściwy stan siedliska zwierząt;*
- *zapewnianiu drożności cieków będących szlakami migracji, w tym budowie przepławek i kanałów, rozbiórce przeszkód oraz stałej konserwacji istniejących przepławek."*

Tabela 7. Wybrane gatunki ryb występujące w dorzeczach Odry i Wisły

Objaśnienia: kategorie zagrożeń gatunków: EX – wymarły; CE – krytycznie zagrożony; EN – zagrożony; VU – narażony; NT – bliski zagrożenia; LC – najmniejszej troski; CD – zależny od ochrony; DD – nieoszacowany ze względu na brak danych; I – gatunek introdukowany, **tłustym drukiem** zaznaczono gatunki prawnie chronione.

Nazwa polska	**Nazwa łacińska**	Odra	Wisła
Minóg morski	**Petromyzon marinus Linneaus, 1758**	**CE**	**CE**
Minóg ukraiński	**Eudontomyzon maraie Berg, 1931**	**EN**	**VU**
Minóg rzeczny	**Lampetra fluviatilis Linnaeus, 1758**	**EN**	**EN**
Minóg strumieniowy	**Lampetra planeri Bloch, 1782**	**NT**	**NT**
Jesiotr zachodni/ J. ostronosy	**Acipenser sturio Linnaeus, 1758; A. oxyrinchus Mitchill, 1815**	**EX**	**EX**
Węgorz	Anguilla anguilla Linnaeus, 1758	CD	CD
Parposz	**Alosa fallax Lacepede, 1803**	**EN**	**EN**
Alosa	**Alosa alosa Linnaeus, 1758**	**CE**	**CE**
Kiełb Kesslera	**Romanogobio kessleri Dybowski, 1862**	**-**	**NT**
Kiełb białopłetwy	**Romanogobio albipinnatus Lukasch, 1933**	**NT**	**NT**
Różanka	**Rhodeus amarus Bloch, 1782**	**NT**	**NT**
Certa	Vimba vimba Linnaeus, 1758	CE	VU
Świnka	Chondrostoma nasus Linnaeus, 1758	EN	VU
Strzebla błotna	**Eupallasella perenurus Pallas**	**CE**	**CE**
Ciosa	**Pelecus cultratus Linneaus, 1758**	**CE**	**CE**
Piekielnica	**Alburnoides bipunctatus Bloch, 1872**	**CE**	**EN**
Koza	**Cobitis taenia Linnaeus, 1758**	**LC**	**LC**
Koza dunajska	**Cobitis elongatoides Bacescu et Maier, 1969**	**DD**	**-**

[1] Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody.

Koza złota	**Sabanejewia aurata de Filippi, 1865**	**CE**	**EN**
Piskorz	**Misgurnus fossilis Linnaeus, 1758**	**NT**	**NT**
Śliz	**Barbatula barbatula Linnaeus, 1758**	**LC**	**LC**
Stynka	Osmerus eperlanus Linneaus, 1758	VU	DD
Sielawa	Coregonus albula Linnaeus, 1758	VU	VU
Sieja	Coregonus lavaretus Linnaeus, 1758	EN	EN
Łosoś	Salmo salar Linnaeus, 1758	CD	CD
Troć wędrowna	Salmo trutta m. trutta Linnaeus, 1758	CD	CD
Troć jeziorowa	Salmo trutta m. lacustris Linnaeus, 1758	CE	CE
Głowacica (ochrona ex situ*)	Hucho hucho Linnaeus, 1758	I	I
Głowacz białopłetwy	**Cottus gobio Linnaeus, 1758**	**VU**	**VU**
Głowacz pręgopłetwy	**Cottus poecilopus Heckel, 1840**	**VU**	**NT**

* ochrona poza miejscem naturalnego wystepowania gatunku

11.2. Kierunki migracji ryb

Dla potrzeb niniejszego opracowania wędrówki ryb można podzielić według kierunku na migracje w górę i w dół rzeki. Generalnie zakłada się, że wędrówki ryb w górę rzeki, w większości przypadków, odbywają się poprzez urządzenia służące do migracji ryb (o ile funkcjonują poprawnie), a wędrówki w dół rzeki poprzez turbiny elektrowni wodnych lub przelewy urządzeń hydrotechnicznych, ponieważ tam kierowany jest główny przepływ wody. Z problematyką wielkości i kierunków przepływów wiążą się: sposoby kierowania ryb do przepławki (migracja w górę rzeki) oraz sposoby zabezpieczenia spływających ryb przed uszkodzeniem (migracja w dół rzeki). W krajach Unii Europejskiej przy wysokich przeszkodach hydrotechnicznych na rzekach o dużym znaczeniu dla ryb dwuśrodowiskowych budowane są na jednym piętrzeniu dwa urządzenia umożliwiające wędrówki ryb, jedno zapewniające warunki migracji ryb w górę rzeki, drugie w dół rzeki.

11.3. Zdolność ryb do pokonywania przeszkód

Szybkość pływania ryb zależy od ich rozmiarów, predyspozycji poszczególnych gatunków oraz temperatury wody. Generalnie wyróżnia się trzy poziomy aktywności pływackiej ryb:

- Szybkość fizjologiczna - (cruising activity) może być utrzymywana przez rybę przez wiele godzin bez zmęczenia i fizjologicznych zmian w organizmie.
- Szybkość maksymalna, inaczej szybkość zrywu (burst activity), występuje przy jednorazowym wysiłku ryby wywołanym przestrachem, atakiem na zdobycz, bądź pokonywaniem przeszkody. Na podstawie badań określono, że szybkość maksymalna wynosząca 8 do 10 długości ryby na sekundę może być utrzymywana maksymalnie przez 6 sekund. Ryba po wysiłku spowodowanym takim poziomem aktywności musi zregenerować siły.
- Szybkość użyteczna (sustained activity) składa się z okresów, w których ryba pływa raz wolniej, raz szybciej, a mięśnie ryb pracują naprzemiennie w „trybie tlenowym" i w „trybie beztlenowym". Zależy ona od wytrzymałości gatunkowej i może być rozwijana przez różny, lecz zawsze ograniczony okres czasu. Szybkość użyteczna dla ryb do długości ok. 30 cm waha się w pobliżu 4 długości ryby na sekundę i może być utrzymywana przez ponad 20 sekund.

Dokładniejsze wyliczenie maksymalnej szybkości pływania różnych stadiów wiekowych ryb o znanej długości ciała (dla osobników o długości do 50 cm) można przeprowadzić za pomocą empirycznego wzoru Videlera:

$$\mathbf{V_{max} = 0{,}4 + 7{,}4\ L}$$

gdzie:

$\mathbf{V_{max}}$ - maksymalna szybkość pływania ryby [m/s],
L - długość całkowita ryby [m],
0,4; 7,4 - współczynniki empiryczne.

Możliwości pokonywania wysokich przeszkód przez migrujące w górę rzeki ryby są nagminnie przeceniane, zwłaszcza przez hydrotechników. Najlepiej poznano możliwości ryb łososiowatych. Wędrujące łososie są w stanie skokiem pokonać przeszkody o wysokości od 1,0 do 1,7 m, zaś pstrągi od 0,7 do 0,8 m. Trzeba sobie zdawać sprawę, że do oddania takiego skoku ryba musi mieć nieckę wypadową o odpowiedniej głębokości i długości. Zagrożenie stanowią tu możliwość zranienia osobnika i zmęczenie ryby po wielokrotnych próbach pokonania przeszkody. Dlatego też obserwacje migrujących ryb wykazały, że starają się one pokonać przeszkody jak najmniejszym wysiłkiem i najchętniej wybierają zatopione przelewy lub szczeliny. Tylko w sytuacji, gdy nie ma innych sposobów pokonania przeszkody, decydują się na oddanie skoku.

12 ZABURZENIA REŻIMU PRZEPŁYWU I UTRUDNIENIA KOMUNIKACJI WZDŁUŻ CIEKÓW

W ramach reżimu przepływu wyróżnia się:
- sezonowość hydrologiczną w ciągu roku w korycie głównym
- sezonowość wieloletnią oraz roczną dla terasy zalewowej
- relację wielkość/głębokość przepływu w ocenie warunków egzystencji organizmów
- zaburzenia reżimu hydrologicznego poniżej zbiorników i ujęć wody.

Ujęcia wody zaburzają przepływy w ciekach poniżej ich usytuowania, jeśli ilość pobieranej wody jest znaczna w stosunku do aktualnego przepływu, oraz jeśli zrzut wykorzystanej wody (energetycznie lub w jakikolwiek inny sposób wykorzystywanej poza korytem rzeki) jest usytuowany poza jej ujęciem. Negatywny wpływ zaburzeń przepływu ujawnia się najczęściej przy niskich stanach wód, przy których najbardziej widocznym zjawiskiem jest brak wypełnienia koryta i brak komunikacji dla zwierząt wodnych wzdłuż cieku. Rozwiązania prawne w tym względzie ograniczały się do wydawania zezwoleń na pobór wody z zachowaniem przepływów nienaruszalnych, których ustalanie najczęściej ograniczało się do zadania jednej wielkości minimalnego, nienaruszalnego przepływu, określonego w proporcji do przepływu średniego lub niskiego. Istnieją metody wyznaczania przepływu nienaruszalnego w układzie dynamicznym i dla różnych kryteriów, np. metoda Kostrzewy i metoda małopolska. W praktyce utrzymania rzek konieczne jest zwrócenie uwagi na to, jaki wpływ na odcinek rzeki mają wyznaczone przepływy nienaruszalne oraz praktyka ich przestrzegania. Mają one bowiem obowiązywać w obrębie pomiędzy ujęciem a zrzutem wody, ale w przypadku możliwości gromadzenia wody przez zakłady ją pobierające, przepływy te okresowo dotyczą znacznych odcinków koryta poniżej zrzutu wód. Takie zjawiska występują na przykład podczas napełniania zbiorników, basenów lub stawów.

Dla uniknięcia negatywnych efektów takich uregulowań możliwe jest konsekwentne stosowanie zasady dla nowo projektowanych budowli, że zrzut wody z zakładu pobierającego wodę będzie odbywał się w tym samym miejscu co jej pobór, czyli w obrębie jednej budowli, lub jednego zespołu budowli, a pomiędzy ujęciem a zrzutem będzie umieszczona ciągle działająca przepławka. Przepławki należy projektować zgodnie zasadami przytoczonymi w rozdziale 13 niniej-

szych „Zasad...". Wybór typu przepławki należy także dostosować do zasad ustalonych dla danej zlewni, na przykład poprzez wydane zalecenia Rady Naukowej ds. Gospodarki Rybackiej przy Dyrektorze RZGW w Krakowie.

Wędrówki ryb łososiowatych w naturalnych rzekach występują głównie w zakresie przepływów 0,3 do 0,7 przepływów średnich z wielolecia. Aby w tym okresie w dopływie rzeki, na której istnieje ujęcie wody, wystąpiły wędrówki ryb najmniejsze przepływy w rozpatrywanym fragmencie odpływu z ujęcia wody powinny wynosić:

- około 0,2 do 0,3 przepływów średnich z wielolecia i równocześnie
- około 0,1 do 0,3 $m^3/s/m$ użytecznej dla komunikacji szerokości koryta (np. wydzielonego pasma nurtu)

Wędrówka ryb powyżej samego ujęcia uzależniona jest od możliwości jego przekroczenia przez ryby. Podane wielkości można stosować do wymiarowania ewentualnych przelewów na sekwencjach ploso – bystrze pomiędzy ujęciem a zrzutem wody do koryta, choć najczęściej przepływy nienaruszalne w istniejących pozwoleniach wodno-prawnych określane są poniżej podanych tu wielkości i wynoszą nieraz mniej niż 0,1 przepływu średniego z wielolecia. Oznaczać to będzie, że bez właściwego przygotowania dna w postaci urządzonego pasma nurtu ciek będzie okresowo nieprzydatny do wędrówek ryb. Prawdopodobny okres takiej nieprzydatności powinien być oszacowany.

Dla budowli istniejących, oprócz ewentualnej potrzeby rewizji wydanych pozwoleń wodno-prawnych, istnieje możliwość stałego zapewnienia komunikacji wzdłuż cieku poprzez zastosowanie odwrotnych spadków koryta na odcinku od ujęcia do miejsca zrzutu wody i dalej w strefie wpływu zmniejszonych przepływów, np. do ujścia następnego dopływu. Ponadto, w rejonie zmniejszonych przepływów można kształtować koryto dla biologicznego przepływu, skupiając linię nurtu do przepływu około 0,1 $m^3/s/m$ szerokości koryta i minimalnej szerokości 0,2 m poprzez dobudowanie kierownic z głazów lub odpadów drewnianych.

Poniżej zbiorników retencyjnych zaburzenia przepływu mają charakter trwały, a ich wpływ na środowisko zależy głównie od wielkości i czasu trwania przepływów gwarantowanych oraz gwałtowności przyborów wód przy przepływach najwyższych. Zasadniczo, chodzi tu o zachowanie zmienności przepływów podobnej do oryginalnej (naturalnego reżimu hydrologicznego) z okresu przed wybudowaniem zbiornika retencyjnego, choć ze względów oczywistych najmniejsze i największe przepływy są eliminowane.

Gwałtowne przybory wód w okresie wzrostu młodego narybku (od kwietnia do czerwca) powodują olbrzymie straty. Wahania poziomu wody w korycie poniżej zbiorników retencyjnych powinny być powolne, aby pozwolić na ewakuację słabo pływających małych ryb.

Długotrwałe utrzymywanie się stanów średnich i niskich (gwarantowanych) w korycie poniżej zbiorników retencyjnych ma negatywny wpływ na ukształto-

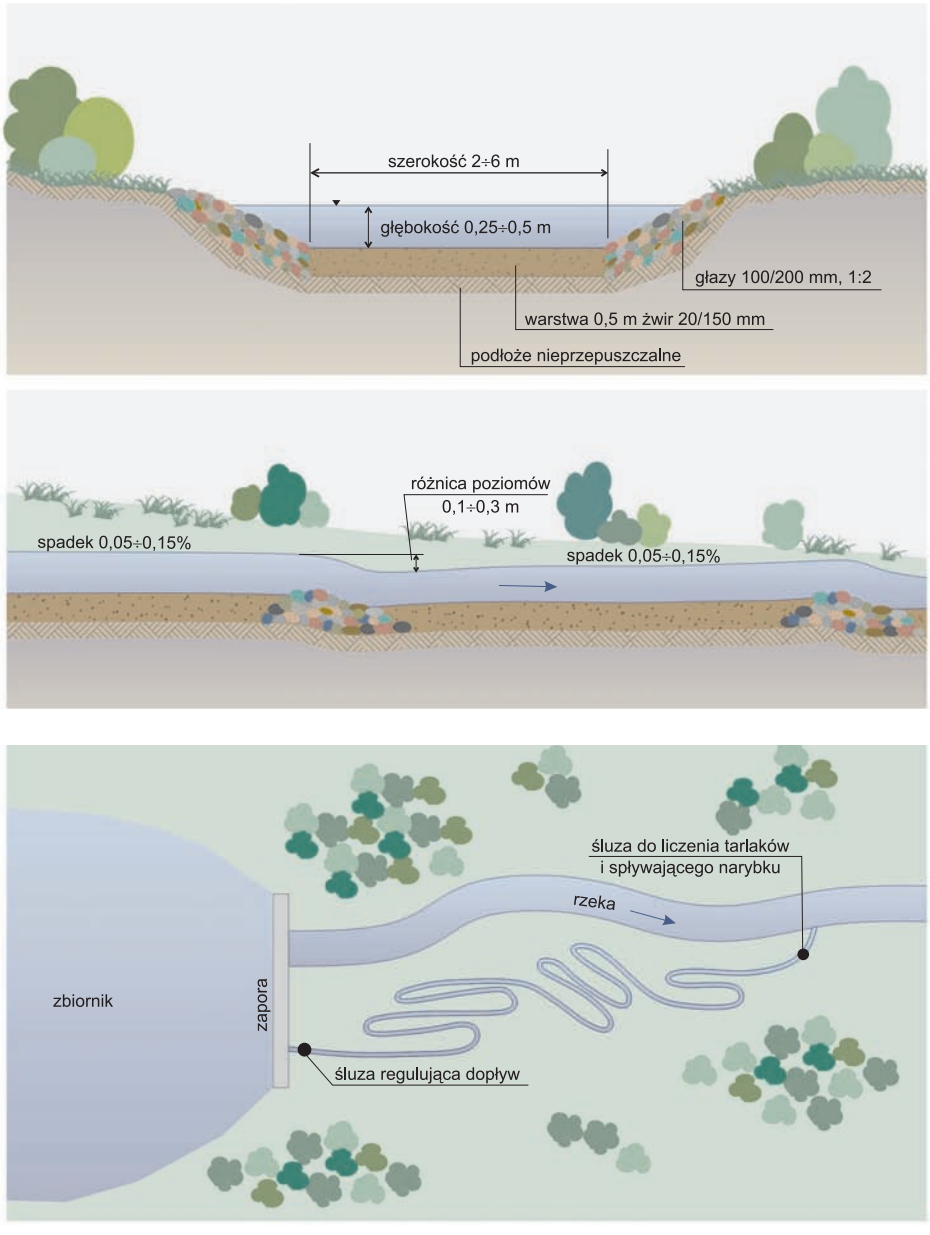
wanie i zarastanie koryta oraz skład osadów łożyska cieku poniżej. Uważa się, że przepływ pełnokorytowy i większy powinien występować co najmniej raz na 1 do 3 lat, a przepływy odpowiadające napełnieniu koryta w liniach porostu traw co najmniej kilka razy do roku (przepływy płuczące).

Zrzut zimnej i żyznej wody z hipolimnionu zbiorników zaporowych spustami dennymi do rzek powoduje powstawanie poniżej zapór wielokilometrowych, rozległych odcinków, w których warunki odpowiadają najbardziej żyznym wodom krainy pstrąga i lipienia. Negatywny dla środowiska górskiej rzeki wpływ budowy zbiorników zaporowych jest częściowo kompensowany przez powstawanie takich właśnie odcinków rzek (tailwaters). Jednak dla ich trwałego utrzymania konieczne jest kontrolowanie temperatury i odpowiedniego przepływu wody, to jest parametrów odpowiedzialnych za powstanie i rozległość takich odcinków. Nierównomierność przepływów niskich może bowiem prowadzić do okresowości występowania warunków korzystnych dla łososiowatych na przemian z warunkami odpowiednimi dla ryb ciepłolubnych, wykluczając prawidłowe gospodarowanie rybackie poniżej zapór. Zwiększona żyzność wody może też powodować niekorzystne nadmierne zaglonienie i zamulenie żwirów poniżej zapór, czego można uniknąć stosując właściwy dobór przepływów płuczących.

Jest też prawdopodobne, że poprzednie i aktualne warunki tarliskowe dla takich nowych odcinków krainy ryb łososiowatych są nieodpowiednie lub o zbyt małej powierzchni odpowiednich tarlisk i miejsc wychowywania narybku. Budowanie przepławek nie jest wtedy rozwiązaniem, gdyż nawet w przypadku zapewnienia dostępu do miejsc tarliskowych powyżej zbiornika (jeśli tam się znajdują) nie ma możliwości zabezpieczenia powrotu wyrosłego narybku w zimną strefę (tailwater) poniżej zapory. W takich przypadkach bardzo użyteczne okazały się w Kanadzie, Australii i Nowej Zelandii kanały tarłowe (spawning channels, zig-zag channels, spawning race), w których ryby łososiowate mogą odbyć skuteczne tarło, a w których pod kontrolą pozostają tylko przepływ wody i uziarnienie żwiru (rys. 3, tabela 8). Najlepsze masowe efekty kanałów tarłowych dotyczą takich ryb łososiowatych, których narybek opuszcza żwir tarliska i bez zatrzymywania się w strefach wychowywania narybku zmierza bezpośrednio do jeziora lub morza (większość łososi pacyficznych). Dla pstrągów tęczowych i potokowych efekty są mniej spektakularne, zagęszczenie tarlaków w kanale mniejsze, a ogólna efektywność ich budowy zależy od powierzchni wychowywania narybku dostępnej w samym kanale oraz w jego bezpośrednim sąsiedztwie, czyli w odległości do ok. 300 m od jego ujścia. Ogólnie można powiedzieć, że adoptując budowle kanadyjskie do warunków polskich należy znacznie zmniejszyć ich rozmiar, zwiększyć ich liczbę i rozprzestrzenić je w lokalizacjach odpowiednich dla wychowania narybku. Ich ewentualne użycie dla rozmnażania prądolubnych karpiowatych zależeć będzie od obsługi kanału, do którego można po prostu nie wpuszczać niepożądanych tarlaków lub osuszać ich ikrę.

Tabela 8. Proponowane parametry techniczno-produkcyjne kanałów tarłowych dla pstrągów potokowych, lipieni i prądolubnych karpiowatych (na podstawie Cooper 1977 i Graybill 1991)

Parametr kanału tarłowego		**Zalecana (oczekiwana) wielkość:**
Powierzchnia kanału		1m^2/50m^2 powierzchni nadającej się na wychowanie narybku (do 30 cm głębokości bez względu na stan wody) dostępnej w odległości do 300 m od ujścia kanału. W praktyce 100 do 1000 m^2
Szerokość kanału		2 do 6 m
Grubość warstwy żwiru na nieprzepuszczalnym podłożu		40 do 50 cm
Uziarnienie żwiru, średnica ziarna jako bok kwadratowego oczka sita	Maksymalna: Średnia: Minimalna:	100 do 150 mm 25 do 35 mm 16 do 20 mm
Ilość zanieczyszczeń piaszczysto-ilastych w żwirze, wartość „przechodzi przez sito 5 mm”		do 5% wagowo, wyjątkowo do 8%
Spadek lustra wody w kanale lub pomiędzy ewentualnymi progami		0,05 do 0,15%
Wysokość ewentualnego progu		10 do 30 cm
Głębokość obliczeniowa		25 do 50 cm
Pożądana prędkość przepływu podczas tarła		0,35 do 1,1 m/s
Przepływ wody regulowany w zakresie		0,6 do 1,1 m^3/s
Ilość ikrzyc biorących udział w tarle		0,1 szt/m^2 kanału dla pstrągów potokowych, do 1 szt/m^2 dla łososi
Możliwa ilość uzyskanego narybku wczesnego (spływającego z kanału)		około 150 szt/m^2 kanału dla pstrągów, 2 do 3500 szt/m^2 dla łososi
Przeżywalność w stadium ikry i w stadium larwalnym		40% od obliczonej ilości złożonej ikry do policzonej ilości narybku wczesnego (22 do 91% dla łososi)



Rys 3. Kanał tarłowy

Urządzanie i obsługa kanałów tarłowych poniżej zapór, w połączeniu ze świadomym gospodarowaniem zrzutami wody, może okazać się tanim i skutecznym rozwiązaniem dla zapewnienia znacznych ilości dzikiego narybku łososi, pstrągów i lipieni w zamian za zalane zbiornikami retencyjnymi tereny tarliskowe tych ryb. W mniejszym zakresie, nieużyteczne jazy młyńskie z młynówkami i śluzy nawadniające mogą być wykorzystane na mniej rozległe kanały tarłowe w większym oddaleniu od zapór. Ustabilizowany, duży dopływ wody drenarskiej lub źródlanej może być także podstawą budowy kanału tarłowego. Te ostatnie sugestie dotyczyć mogą korzystnych lokalizacji w dopływach rzeki poniżej zapory.

Analizując aktualne rozwiązania regulacji rejonów ujść dopływów do rzeki głównej zauważa się wiele nieprawidłowości kończących się utrudnieniem komunikacji w tej strefie i likwidacją znacznych długości stref przyujściowych dopływów. Połączenie dopływu z rzeką główną pod kątem zbliżonym do prostego na wypukłej stronie plosa nieodmiennie kończy się zanikiem przepływu w przyujściowej części dopływu i nadmiernym zawężeniem koryta rzeki głównej w rejonie plosa stożkiem napływowym dopływu, staje się więc szkodliwe dla dopływu i dla rzeki głównej. Rozwiązania prawidłowe powinny naśladować ujścia naturalne, które zawsze występują pod ostrym kątem po wklęsłej stronie plosa, a wtedy dostarczane przez dopływ rumowisko denne jest stosunkowo łatwo transportowane dalej przez rzekę główną. Często naturalne dopływy w swym końcowym biegu płyną równolegle do rzeki głównej po szlaku jej starych koryt i nurtów i dopiero po kilkuset metrach wpadają do rzeki. Te właśnie odcinki dopływów stanowią skarbnicę biotopów charakterystycznych dla zimnej wody dopływu i głębokich plos starorzeczy o spadku koryta mniejszym niż w górnym biegu dopływu, z bogatą roślinnością podwodną i strefy brzegowej oraz rozmaitością terenów podmokłych i lasów łęgowych. Ich osuszanie jest chyba jeszcze bardziej szkodliwe niż nieprawidłowe kształtowanie geometryczne strefy ujściowej dopływu.

Dla przetrwania znacznych obszarów lasów łęgowych i terenów podmokłych w dolinie istotne jest dostarczanie odpowiednich ilości wody, co w przeszłości było zapewnione nie tylko poprzez sieć starorzeczy i częstsze wylewy, ale także poprzez piętrzenia młyńskie i młynówki. Utrzymanie młynówek w stanie użytecznym, nawet bez ich komercyjnego wykorzystania, może więc być istotne dla zachowania szczególnie cennych przyrodniczo terenów.

13 URZĄDZENIA SŁUŻĄCE DO MIGRACJI RYB

13.1. Przepływ i prędkość wody w urządzeniach służących do migracji ryb

Znajomość fizjologii oraz szybkości pływania ryb, czyli ich zdolności do pokonywania prądu wody, jest niezbędna do projektowania dobrze funkcjonujących urządzeń służących do ich migracji. Przy projektowaniu urządzeń służących do migracji ryb należy uwzględniać najsłabiej pływające gatunki. Warto pamiętać, że budowa mięśni ryb pozwala na krótki intensywny wysiłek, w wyniku którego następuje szybkie zmęczenie organizmu. Regeneracja sił u zwierząt zmiennocieplnych następuje bardzo powoli. Dobrym przykładem tych uwarunkowań jest wadliwie działająca przepławka komorowa w zaporze zbiornika we Włocławku na Wiśle. W dolnej komorze spoczynkowej tej przepławki gromadziła się certa próbująca wędrować w górę Wisły. Przyczyną tego były zbyt duże różnice pomiędzy poziomami wody w komorach, wynoszące ponad 40 cm i powodujące, że prędkość wody w przepławce jest krytycznie wysoka. Wędrującym rybom wystarczało energii na pokonanie tylko około ¼ długości przepławki.

Przez urządzenia umożliwiające migrację ryb zaprojektowane dla dużych rzek (Odra, Wisła) powinno płynąć 1-5% średniego rocznego przepływu z wielolecia – SSQ. W mniejszych rzekach i potokach udział procentowy tego przepływu powinien się proporcjonalnie zwiększać, osiągając poziom przepływu nienaruszalnego. Przepływ wody przez prawidłowo zaprojektowane urządzenia umożliwiające wędrówkę ryb powinien być tak dobrany, aby zapewnić możliwości migracji dla wszystkich gatunków ryb zamieszkujących rzekę. Minimalny dyspozycyjny przepływ wody przez urządzenia służące do migracji ryb waha się od 80 od 140 l/s w zależności od typu urządzenia. Poniżej tej granicy przepływu budowa urządzeń służących do migracji ryb jest nieefektywna. Takie przypadki wymagają jednak szczegółowej analizy, a przede wszystkim postawienia pytania o zasadność budowy urządzenia hydrotechnicznego.

Najwyższe dopuszczalne średnie prędkości wody w nowo budowanych urządzeniach służących do migracji ryb winny wynosić:

- dla ryb łososiowatych (łosoś, troć, pstrąg, głowacica) i lipienia – kraina pstrąga i kraina lipienia do 2,0 m/s,

- dla ryb karpiowatych reofilnych (brzanka, kleń, jelec, brzana, świnka, certa, boleń, jaź) – kraina brzany do 1,5 m/s,
- dla pozostałych gatunków oraz ryb młodych – kraina leszcza do 1,0 m/s.

Najniższe prędkości wody u urządzeniach służących do migracji ryb lokalizowanych w odcinkach rzek i potoków zasiedlonych przez słabo pływające oraz prawnie chronione gatunki ryb, takie jak: minogi, kozowate, kiełbie, głowacze, piekielnicę, różankę, strzeblę błotną i śliza, nie mogą przekraczać 0,4 m/s.

W prawidłowo zaprojektowanych urządzeniach służących do migracji ryb rozkład prędkości wody powinien się zmieniać w granicach od najwyższych dopuszczalnych prędkości wody, charakterystycznych dla danej krainy, do najniższych, tj. 0,4 m/s, umożliwiając wędrówkę zarówno rybom dwuśrodowiskowym (o ile występują), jak i słabo pływającym lokalnym gatunkom ryb.

13.2. Rodzaje urządzeń służących do migracji ryb

Urządzenia służące do migracji ryb można podzielić na kilka podstawowych grup:

- Poprzeczne budowle hydrotechniczne naśladujące warunki naturalne (tzw. bliskie naturze budowle hydrotechniczne), budowane na całej szerokości rzeki w celu stabilizacji dna (stopnie-bystrza, korekcje progowe, progi denne), których konstrukcja zapewnia biologiczną drożność cieku. Urządzenia te są zalecanym i najlepszym sposobem zapewnienia warunków do migracji ryb, zarówno w górę jak i w dół rzeki, w szerokim spektrum występujących przepływów.
- Urządzenia służące do migracji ryb naśladujące warunki naturalne (tzw. bliskie naturze urządzenia służące do migracji ryb), budowane przy budowlach hydrotechnicznych uniemożliwiających wędrówkę ryb. Urządzenia bliskie naturze mogą być dowolnie długie, są wykonywane z materiału naturalnego (kamień, żwir, piasek), niekiedy stabilizowanego betonem, przypominają naturalny odcinek rzeki lub potoku i stwarzają możliwości zarówno do migracji, jak i do bytowania ryb. Najczęściej spotykane spadki, które warunkują długość tych urządzeń, zawierają się w granicach od 1:15 do 1:30. Urządzenia te są zalecanym i bardzo dobrym sposobem zapewnienia warunków do migracji ryb w górę rzeki w szerokim spektrum występujących przepływów. Warunki migracji w dół rzeki są zależne od innych urządzeń korzystających z wody, rozdziału wody oraz sposobu oprowadzania ryb do urządzeń służących do migracji ryb.
- Urządzenia techniczne służące do migracji ryb (tzw. urządzenia techniczne, przepławki), budowane przy budowlach hydrotechnicznych uniemożliwiających wędrówkę ryb. Są to najczęściej dowolnie długie rynny betonowe lub kamienne, o geometrycznych kształtach ścian, przegród

i otworów przelewowych, których celem jest wyłącznie umożliwienie migracji ryb. Dno tych urządzeń powinno być wykonane z elementów skalnych o różnej wysokości, ułożonych „na sztorc" i zamocowanych w betonie. Wykładzina kamienna ma zmniejszyć prędkości wody przy dnie i umożliwić pokonywanie przepławki słabo pływającym przedstawicielom ichtiofauny. Najczęściej spotykane spadki, które warunkują długość tych urządzeń, zawierają się w granicach od 1:5 do 1:20. Poza przepławkami opisanymi powyżej, w wyjątkowych wypadkach, zwykle przy piętrzeniach przekraczających 15-20 m wysokości, stosowane są śluzy i windy dla ryb. Urządzenia te są dobrym sposobem zapewnienia warunków do migracji ryb w górę rzeki w szerokim spektrum występujących przepływów. Warunki migracji w dół rzeki są zależne od rozdziału wody na inne urządzenia korzystające z wody oraz od sposobu oprowadzania ryb do urządzeń służących do migracji ryb.

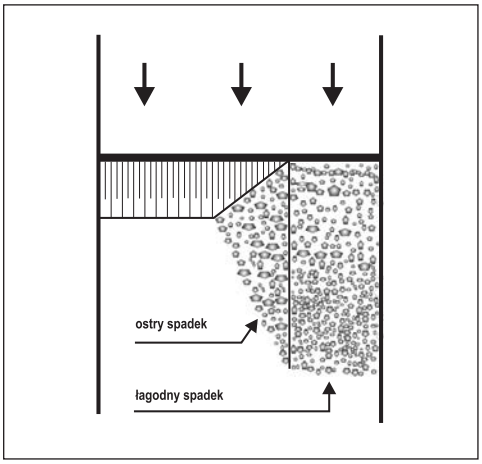
- Urządzenia służące do migracji ryb w dół rzeki (przelewy stokowe), budowane najczęściej na piętrzeniach przekraczających 15-20 m wysokości, jako uzupełnienie innych typów urządzeń służących do migracji ryb w przypadku zastosowania śluz lub wind dla ryb, lub rozdziału wody uniemożliwiającego odnalezienie przez ryby wlotu do przepławki od strony górnej wody.
- Urządzenia niestandardowe. Osobny problem stanowi konstrukcja urządzeń służących do migracji ryb zlokalizowanych na piętrzeniach z gumowymi bukłakami piętrzącymi. Przepławki zlokalizowane przy takich piętrzeniach są zwykle zaprojektowane do pracy przy podniesionych bukłakach. Po opuszczeniu bukłaków poziom wody górnej opada i przepławka zostaje awaryjnie odwodniona. Powoduje to najczęściej śnięcie ryb w przepławce i zrozumiałe pretensje użytkownika rybackiego. Dla zapobieżenia takim przypadkom należy stosować głębokie przepławki szczelinowe lub obejścia. Kanał urządzenia służącego do migracji ryb od strony górnej wody winien być prowadzony bezpośrednio przy brzegu i musi mieć dwa wloty wody. Górny (na końcu urządzenia) powinien być stale otwarty a dolny (odsunięty od końca urządzenia) otwierany i zamykany automatycznie przez układ sterujący bukłakami gumowymi. Otwieranie wlotu dolnego powinno odbywać się jednocześnie z opuszczaniem bukłaków gumowych, a zamykanie jednocześnie z podnoszeniem bukłaków gumowych. Zapewni to drożność ekologiczną przepławki przy zmiennym poziomie piętrzenia wody. Takie skomplikowane urządzenia należy budować wyłącznie na stopniach już istniejących. Przy nowych inwestycjach, zwłaszcza na rzekach istotnych dla bytowania i migracji ryb, należy na etapie projektowym zastąpić stopnie z bukłakami gumowymi stałymi urządzeniami piętrzącymi.

13.3. Urządzenia bliskie naturze oraz urządzenia hydrotechniczne służące do migracji ryb

Aby budowla hydrotechniczna spełniała warunki niezbędne dla migracji ryb należy ją w wykonać w sposób zapewniający przy dnie budowli, podczas trwania średnich przepływów, zróżnicowaną prędkość wody zawierającą się w granicach od 0,4 do 2,5 m/s oraz ukształtować przekrój poprzeczny tak, aby wytworzyć koryto małej wody o głębokości minimalnej, zależnie od wielkości cieku, powyżej 20-40 cm.

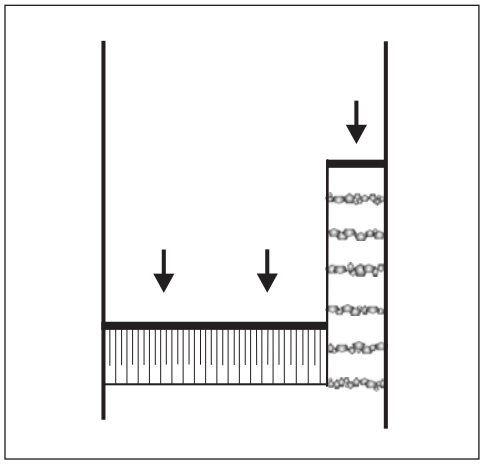
W obrębie grupy bliskich naturze urządzeń służących do migracji ryb wyróżnia się:

Bystrotoki (zwane rampami) – budowane na części (pod jednym z brzegów), rzadziej na całości przelewu w granicach koryta rzeki. Dno bystrotoku ma spadek niemal liniowy i jest wykonane z kamienia, częściowo mocowanego betonem, częściowo ułożonego w formie luźnego narzutu. Urządzenie to w odmianie projektowanej na części przelewu jest zwykle dwuspadowe: łagodniejszy spadek (1:20 lub 1: 30) kształtowany jest na części przylegającej do brzegu, równoległej do kierunku prądu wody, natomiast ostrzejszy spadek (1:15 lub 1:20) na części ukośnej do kierunku prądu wody w stronę środka rzeki (rys. 4). Zapotrzebowanie na wodę dla bystrotoku wynosi około 100 l/s na 1 m szerokości urządzenia. Urządzenia te są budowane przy piętrzeniach nie przekraczających 3 m wysokości. Zapewniają doskonałe warunki do migracji całej słodkowodnej faunie i to zarówno w górę, jak i w dół rzeki.



Rys. 4. Schemat bystrotoku

Bystrotoki kaskadowe (zwane niezręcznie ryglowymi) łączące cechy bystrotoku i przepławki komorowej. Podobnie jak bystrotok, bystrotok kaskadowy budowany jest na części lub całości przelewu w granicach koryta rzeki. Spadek dna bystrotoku kaskadowego jest linią łamaną, dna poszczególnych komór są poziome lub mogą mieć spadek odwrotny do kierunku przepływu wody. Ściany bystrotoku kaskadowego wykonuje się z kamienia w formie bliskiej naturze, naśladując naturalny brzeg rzeki, bądź z betonu w formie typowych ścian technicznych. Urządzenie to składa się z bardziej lub mniej wyraźnych komór podzielonych ścianami wykonanymi z głazów mocowanych na sztorc w betonie. Głazy są ułożone w taki sposób, że pomiędzy nimi pozostają wolne przestrzenie, przez które przepływa woda i przez które mogą migrować ryby. Spadek mierzony różnicą pomiędzy poziomami wody w basenach, waha się w granicach od 0,10 do 0,20 m. Łagodniejszy spadek (1:15 lub 1:20) kształtowany jest na części przylegającej do brzegu, równoległej do kierunku prądu wody (rys. 5). Zapotrzebowanie na wodę dla bystrotoku kaskadowego wynosi około 100 l/s na 1 m szerokości urządzenia. Urządzenia te są budowane przy niewielkich i średnich piętrzeniach. Zastosowanie bystrotoku kaskadowego umożliwia lepsze rozpraszanie energii kinetycznej wody, więc urządzenie może mieć większy spadek, wykluczając jednocześnie możliwość rozmycia (zniszczenia) budowli. Urządzenie to zapewnia doskonałe warunki do migracji całej słodkowodnej faunie i to zarówno w górę, jak i w dół rzeki.



Rys. 5. Schemat bystrotoku kaskadowego

Obejścia przypominające naturalny odcinek potoku. Zasada działania tych urządzeń jest podobna, jak bystrotoku kaskadowego. Różnica polega wyłącznie na lokalizacji obejścia poza korytem rzeki. Spadek obejścia może się wahać od

1:15 do 1:45 i powinien zmieniać się na całej długości przepławki w typowej sekwencji „ploso-bystrze". Zapotrzebowanie na wodę dla obejścia wynosi około 100 l/s na 1 m szerokości urządzenia. Urządzenia te mogą być budowane praktycznie przy wszystkich wysokościach i typach piętrzeń. Warunkiem ich stosowania jest tylko odpowiednia ilość miejsca. Obejście zapewnia doskonałe warunki do migracji całej słodkowodnej faunie i to zarówno w górę, jak i w dół rzeki

13.4. Urządzenia techniczne służące do migracji ryb

W obrębie grupy technicznych urządzeń służących do migracji ryb wyróżnia się przepławki rynnowe i mechaniczne. Przepławki rynnowe to:

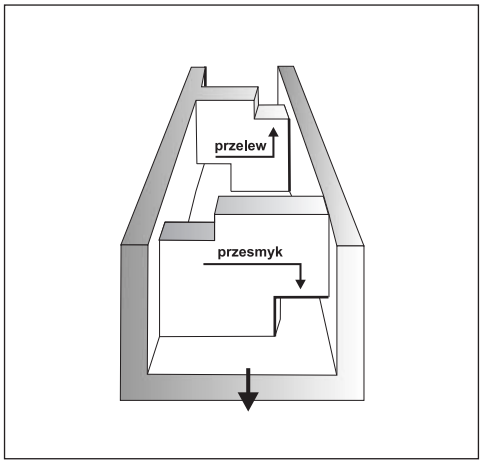
Przepławki komorowe, w których komory oddzielone są ścianami z przelewami (górnymi) i otworami przesmykowymi (dolnymi) umieszczonymi naprzemianlegle, lub przy małej podaży wody tylko przelewami (rys. 6). Minimalne zapotrzebowanie na wodę dla przepławki komorowej wynosi około 80 l/s przy zastosowaniu samych przelewów pomiędzy komorami. Spadek dna przepławki jest linią łamaną, dna poszczególnych komór są poziome lub mogą mieć spadek odwrotny do kierunku prądu wody. Urządzenia te są budowane przy niewielkich i średnich piętrzeniach, maksymalnie do 10 m wysokości. Od reguły tej zdarzają się wyjątki, takie jak przepławka na zaporze zbiornika zaporowego w Rożnowie, najwyższa działająca przepławka w Polsce. Różnice wysokości pomiędzy rzędnymi poziomu wody w komorach przepławki wpływają zarówno na prędkość przepływu, jak i na turbulencję wody w poszczególnych komorach przepławki. Prędkość przepływu wody dla przepławek komorowych wylicza się z zależności podanej przez Lariniera:

$$\mathbf{V = (2g\ DH)^{0,5}}$$

gdzie:

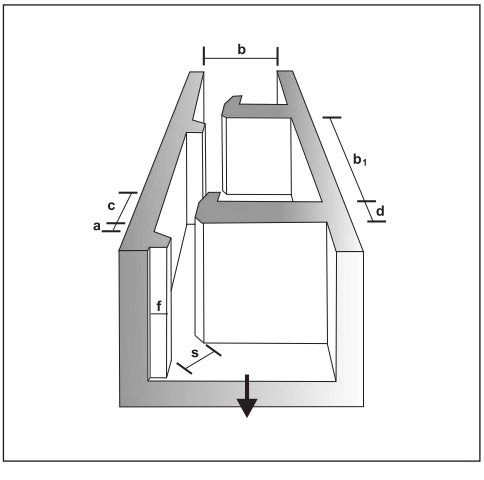
V	- prędkość wody [m/s],
DH	- różnica poziomów wody w basenach [m],
g	- przyspieszenie ziemskie g = 9,81 m/s^2.

Minimalna szerokość przelewu w przepławkach dla ryb dwuśrodowiskowych powinna wynosić 0,60 m dla jesiotra, 0,30 - 0,40 m dla łososia i troci wędrownej i 0,20 m dla pstrąga. Minimalna powierzchnia przesmyków dolnych powinna wynosić 0,20 m^2 dla jesiotra, 0,09 - 0,10 m^2 dla łososia i troci wędrownej oraz 0,04 m^2 dla pstrąga.



Rys. 6. Schemat przepławki komorowej

Przepławki komorowe szczelinowe (przesmykowe) z komorami oddzielonymi ścianami, w których na całej wysokości ścian wycięta jest jedna lub dwie pionowe szczeliny. Za szczelinami znajdują się pionowe występy (deflektory) kierujące prąd wody do środka komory (rys. 7). Zapotrzebowanie na wodę dla przepławki komorowej jednoszczelinowej wynosi około 140 l/s, przy szerokości szczeliny 17 cm. W tabeli 9 przedstawiono parametry szczelinowej przepławki dla ryb. Urządzenia te są budowane przy niewielkich i średnich piętrzeniach, maksymalnie do 10 m wysokości. Można je budować zarówno na małych potokach, jak i wielkich rzekach, lecz wówczas należy stosować dwie szczeliny. Jest to bez wątpienia najbardziej efektywna przepławka w grupie przepławek technicznych.



Rys. 7. Schemat przepławki szczelinowej

Tabela 9. Podstawowe parametry jednoszczelinowej przepławki dla ryb (wg DVWK 1996)

Parametry przepławki		gatunki ryb		
		pstrąg	łosoś, troć, głowacica	jesiotr
szerokość szczeliny [m]	**s**	0,15 - 0,17	0,30	0,60
szerokość komory [m]	**b**	1,20	1,80	3,00
długość komory [m]	$\mathbf{b_1}$	1,90	2,75 – 3,00	5,00
długość występu ściany dzielącej komory [m]	**c**	0,16	0,18	0,40
odległość ściany dzielącej komory od deflektora [m]	**a**	0,06 – 0,10	0,14	0,30
różnica poziomu wody w komorach [m]	**h**	0,20	0,20	0,20
minimalna głębokość wody w komorach [m]	$\mathbf{h_{min}}$	0,50	0,75	1,30
szerokość deflektora [m]	**f**	0,16	0,40	0,84
wielkość przepływu wody [m^3/s]	**Q**	0,14 – 0,16	0,41	1,40

Wielkość turbulencji (dyssypacji objętościowej) dla przepławek komorowych oblicza się ze wzorów podanych przez Lariniera, określających zdolność rozpraszania energii kinetycznej wody wpływającej do komory przepławki. Wartość ta w poszczególnych komorach przepławki może się wahać w granicach od 150 do 200 W/m^3, a w basenach spoczynkowych nie powinna przekraczać 50 W/m^3.

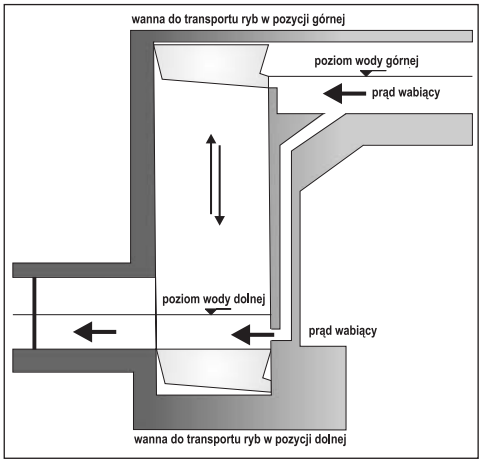
Przepławki deflektorowe wykonane w formie betonowych rynien bez wydzielonych komór, w których elementem spowalniającym prąd wody są gęsto ułożone deflektory denne o różnych kształtach, wykonane z drewna lub metalu. Przepławka ta składa się z rynien o maksymalnej długości 6-8 m i kącie nachylenia nawet do 45º, rozdzielonych basenami spoczynkowymi o różnicy rzędnych poziomu wody 1,5÷2,0 m. W grupie przepławek deflektorowych najpopularniejsza jest przepławka systemu Denila, w której zastosowano deflektory wykonane w kształcie litery „U". Zapotrzebowanie na wodę dla przepławki deflektorowej systemu Denila wynosi około 250 l/s. Urządzenia te są budowane przy niewielkich istniejących piętrzeniach, maksymalnie dochodzących do 5 m wysokości, przy braku miejsca na zaprojektowanie innych urządzeń służących do migracji ryb.

Przepławki mechaniczne to:

Śluzy dla ryb, których zasada działania przypomina funkcjonowanie śluz nawigacyjnych. Śluzy te składają się z komory głównej oraz uruchamianych sekwencyjnie górnego i dolnego dopływu i odpływu wody. Stosuje się je najczęściej przy piętrzeniach powyżej 15 m wysokości. Najważniejszym problemem jest zachowanie stałego prądu wabiącego ryby do komory głównej. W Polsce śluza systemu Borlanda znajduje się na zaporze zbiornika Dobczyc-

kiego na Rabie (wysokość zapory 28 m). Urządzenia te są budowane wyłącznie przy wysokich zaporach oraz przy braku miejsca na zaprojektowanie innych urządzeń służących do migracji ryb.

Windy dla ryb składające się z części oprowadzającej ryby do pułapki, części łownej oraz z części służącej do przerzucania (przewozu) ryb powyżej przegrody (rys. 8). Stosuje się je najczęściej przy piętrzeniach powyżej 15 m wysokości. Najważniejszym problemem jest zachowanie stałego prądu wabiącego ryby do komory głównej. W Polsce takie urządzenie jest aktualnie budowane przy zaporze nowo powstającego zbiornika Świnna Poręba na Skawie (wysokość zapory 54 m). Urządzenia te są budowane wyłącznie przy wysokich zaporach oraz przy braku miejsca na zaprojektowanie innych urządzeń służących do migracji ryb.



Rys. 8. Schemat windy dla ryb

13.5. Urządzenia służące do migracji ryb w dół rzeki (przelewy)

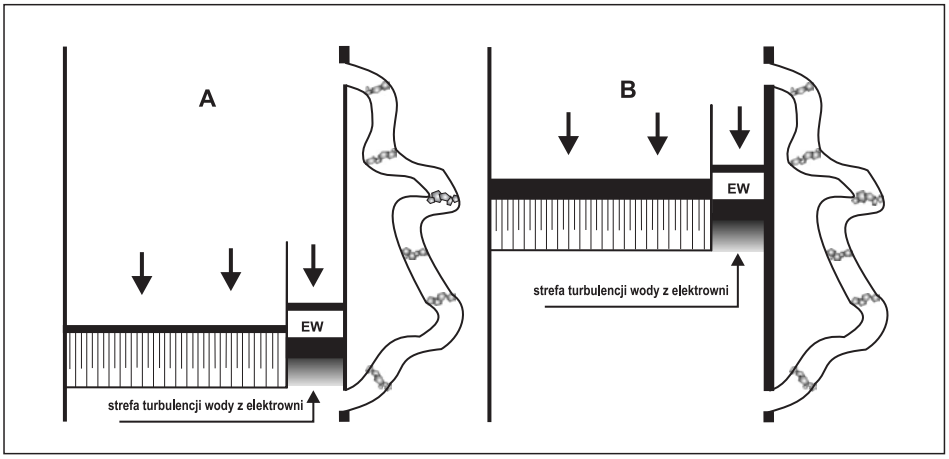
Do migracji ryb w dół rzeki stosuje się przelewy stokowe (spillway). Przy konstrukcji przelewu ważne jest, aby struga wody cały czas miała odpowiednią – dla danego gatunku ryby oraz rozmiarów osobników – głębokość, stały kontakt z częścią odpowietrzną budowli hydrotechnicznej i trafiała do głębokiej niecki wypadowej. Za nieszkodliwe dla małych ryb (np. spływających do morza smoltów łososia lub troci) uznaje się przelewy o wysokość spadu wynoszącej do 30 m, na których woda osiąga prędkość do 15 m/s, a dla dużych ryb przelewy o wysokości spadu do 12 m.

Przy piętrzeniach o spadzie wyższym niż podany powyżej można budować pośrednie niecki wypadowe (baseny), których zadaniem jest zamortyzowanie energii spadającej wody i zmniejszanie strat przy migracjach ryb w dół rzeki.

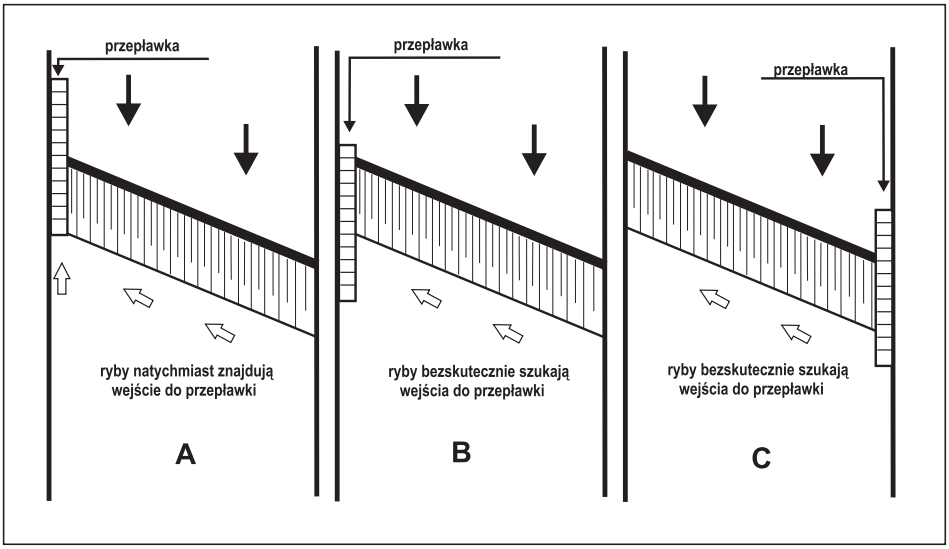
13.6. Lokalizacja urządzeń służących do migracji ryb i wykorzystanie wabiącego prądu wody

Podstawowym elementem przy projektowaniu urządzeń służących do migracji ryb jest ich lokalizacja. Najlepiej zaprojektowane urządzenie nie będzie spełniać swej funkcji wówczas, gdy ryba nie potrafi go odnaleźć. Lokalizacja wejścia do urządzeń służących do migracji ryb od strony wody dolnej musi być starannie wybrana, przy równoczesnym zawężeniu strumienia wody w celu otrzymania efektywnie działającego wabiącego prądu wody. Prędkość prądu wabiącego powinna być o około 10% większa niż prędkość prądu wody w rzece przy wylocie wody z urządzenia. Przy projektowaniu urządzeń służących do migracji ryb o małym spadku lub minimalnych przepływach trzeba wzmocnić wabiący prąd wody poprzez dodatkowe zasilenie rurociągiem prowadzonym od wody górnej.

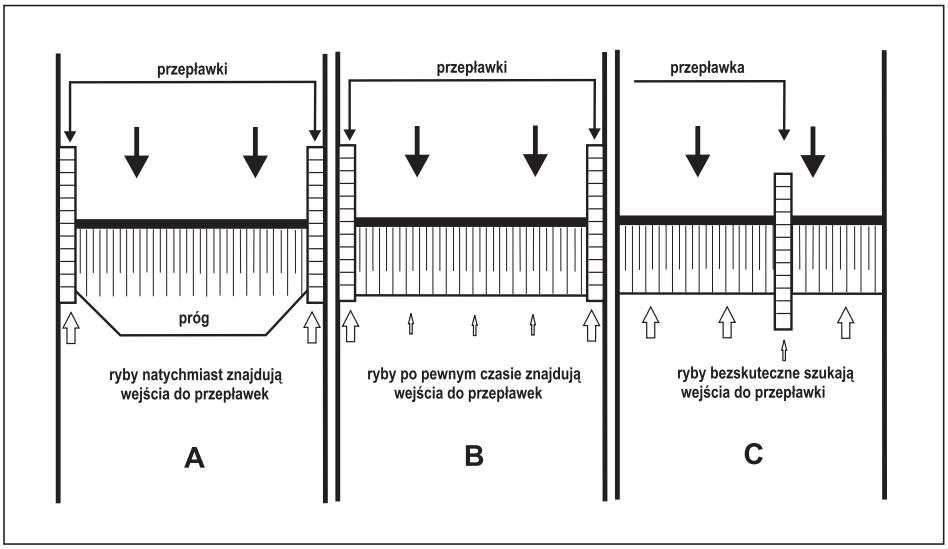
Optymalnie zlokalizowane wejście do przepławki powinno być umieszczone po tej stronie rzeki, gdzie koncentruje się główny przepływ wody. Jeżeli na piętrzeniu znajduje się elektrownia wodna, wówczas przepławka musi być umieszczona po tej samej stronie, pomiędzy elektrownią a brzegiem, tak aby wejście do przepławki (od strony wody dolnej) było umiejscowione przed wylotem wody z elektrowni, a wyjście z przepławki (od strony wody górnej) przed wlotem wody na elektrownię. Jeżeli na brzegu, przy którym zlokalizowano elektrownię, nie ma miejsca na budowę przepławki, wówczas przepławkę należy umieścić bezpośrednio przy drugiej stronie elektrowni. Górna część przepławki powinna być wówczas wyprowadzona powyżej wlotu wody na elektrownię, a dolna akweduktem biegnącym ponad wylotem wody z elektrowni poniżej tego wylotu. Na rys. 9-12 przedstawiono schematycznie sposoby zachowania się ryb pod piętrzeniami oraz dobre i złe przykłady lokalizacji przepławek.



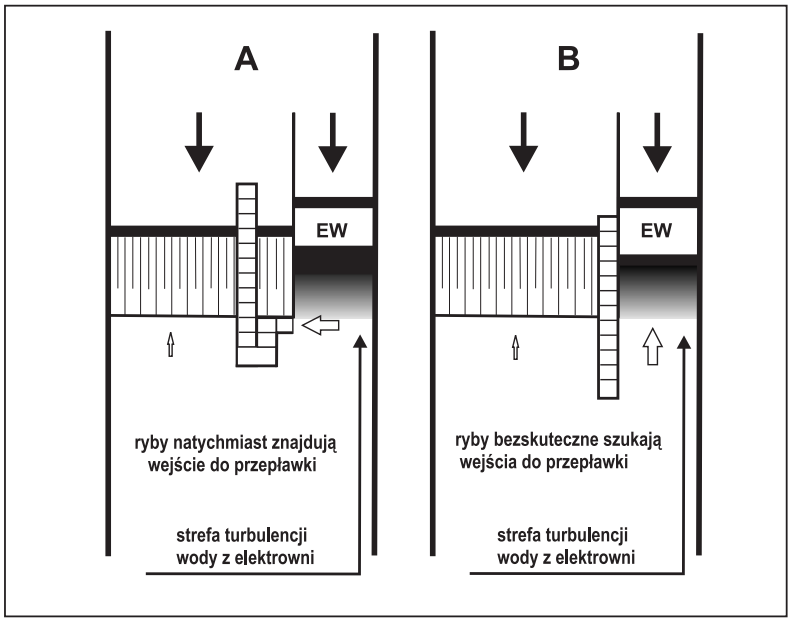
Rys. 9. Schemat lokalizacji obejścia przy elektrowni wodnej. A - prawidłowa lokalizacja, B - nieprawidłowa lokalizacja



Rys. 10. Schemat lokalizacji przepławki przy przegrodzie biegnącej ukośnie do kierunku prądu wody. A - prawidłowa lokalizacja, B i C - nieprawidłowa lokalizacja



Rys. 11. Schemat lokalizacji przepławki przy przegrodzie biegnącej prostopadle do kierunku prądu wody, z przepływem równo rozłożonym na całej szerokości przelewu. A - rozwiązanie bardzo dobre, B – dobre, C - złe



Rys. 12. Schemat lokalizacji przepławki przy elektrowni wodnej. A - prawidłowa lokalizacja, B - nieprawidłowa lokalizacja

13.7. Ochrona ryb przed turbinami elektrowni wodnych

Największym niebezpieczeństwem dla ryb migrujących w dół rzeki są turbiny elektrowni wodnych. Wyniki badań pokazały, że turbiny typu Francisa niszczą ryby bardziej niż turbiny typu Kaplana. Wydaje się, że rozwiązanie problemu nie powinno polegać na produkowaniu lepszych turbin typu Kaplana, tylko na ochronie ryb przed szkodliwym działaniem wszystkich typów turbin. Najczęściej stosowanym i najskuteczniejszym sposobem ochrony ryb przed turbinami elektrowni wodnych od strony wody górnej są ekrany osłaniające wykonane z krat stalowych, o prześwicie pomiędzy prętami od 1,0 do 1,5 cm. Aby ekrany te działały poprawnie, tzn. nie hamowały przepływu wody i nie niszczyły ryb, muszą posiadać odpowiednie rozmiary i znajdować się daleko od wlotu na turbiny. Zalecana prędkość wody przy kratach powinna wynosić 0,30 - 0,40 m/s. Stałe ekrany z krat stalowych montowane są jako: prostopadłe, ukośne poziome i odchylone pionowe. Ich zadaniem jest zatrzymywanie ryb, kierowanie ich pod przeciwległy brzeg lub od dna do powierzchni. Poza ekranami stałymi montowane są ekrany obrotowe w kształcie siatkowych walców o oku 6 mm.

W krajach Unii Europejskiej stosuje się od strony wody dolnej ekrany z krat stalowych o prześwicie pomiędzy prętami od 4,0 do 4,5 cm. Montowane są one w rzekach przeznaczonych do zarybiania rybami dwuśrodowiskowymi, których zdolności pływackie pozwalają im wpływać do wylotów turbin.

Poza opisanymi powyżej ekranami stosowane są bariery behawioralne. Należą do nich bariery dźwiękowe, bariery świetlne, kurtyny z zawieszonych łańcuchów stalowych lub kurtyny z pęcherzyków powietrza itp. oraz bariery elektryczne. Bariery elektryczne bazują na reakcji ryb w polu elektrycznym, polegającej na natychmiastowej ucieczce z obszaru rażenia. Barier elektrycznych nie powinno się stosować przy migracjach ryb w dół rzeki. Natomiast przy migracjach ryb w górę rzeki stosowanie barier elektrycznych jest uzasadnione, zarówno jako ekranów doprowadzających ryby do przepławki, jak i blokujących dostęp ryb do wylotów turbin elektrowni.

13.8. Ocena funkcjonowania urządzeń służących do migracji ryb

Ocena skuteczności działania urządzeń służących do migracji ryb powinna być elementem procesu inwestycyjnego i podlegać odbiorowi powykonawczemu. Podobnie, jak odbiór urządzeń hydrotechnicznych polegający na uruchomieniu i sprawdzeniu działania, odbiór urządzeń służących do migracji ryb powinien podlegać ocenie efektywności funkcjonowania.

Skuteczność działania urządzeń służących do migracji ryb wyrażana jest dwoma parametrami:

- Ilorazem liczby ryb danego gatunku pokonujących przeszkodę w stosunku do liczby wszystkich ryb usiłujących ją pokonać [%],
- Opóźnieniem, tzn. długością czasu zużytego na pokonanie przeszkody [godz.], [doba].

Poniżej podano skalę i zakresy ocen funkcjonowania urządzeń służących do migracji ryb:

- **Bardzo dobra –** 100% ryb pokonuje przeszkodę, opóźnienie kilka godzin,
- **Dobra –** 95-100% ryb pokonuje przeszkodę, opóźnienie nie przekracza kilku dni,
- **Słaba –** od 70% do 95% ryb pokonuje przeszkodę, opóźnienie większe niż kilka dni,
- **Zła –** mniej niż 70% ryb pokonuje przeszkodę, opóźnienie większe niż kilka dni, nawet do miesiąca.

Ocenę bardzo dobrą i dobrą otrzymują zatem urządzenia, które 95% ryb pokonuje w czasie krótszym niż kilka dni. Urządzenia ocenione jako **słabe** nadają się często do usprawnienia poprzez niewielką przebudowę lub wykonanie urządzeń kierujących, natomiast urządzenia oceniane jako **złe** zwykle wymagają wyburzenia i wybudowania nowych.

13.9. Typowe przyczyny wadliwego działania urządzeń służących do migracji ryb

Prawidłowe funkcjonowanie urządzeń służących do migracji ryb ograniczają:

- słaby prąd wabiący ryby do przepławki,
- niewłaściwe umieszczenie wejścia do przepławki od strony dolnej wody, tzn. wejście do przepławki jest po stronie słabszego prądu wody (np. elektrownia wodna przy jednym brzegu rzeki, przepławka przy drugim,
- zbyt duże różnice wysokości pomiędzy basenami (zbyt strome nachylenie przepławki), co powoduje wzrost prędkości prądu wody w otworach przesmykowych i przelewowych powyżej wartości dopuszczalnych,
- zbyt małe komory lub zbyt duże otwory przesmykowe i przelewowe, powodujące wzrost turbulencji (dyssypacji objętościowej) powyżej wartości dopuszczalnych,
- okresowy brak wody w przepławkach spowodowany obniżeniem poziomu wody górnej poniżej krawędzi wlotu wody (możliwość śnięcia ryb), w najostrzejszej formie występujący przy gumowych powłokach balonowych,
- odkrycie wejścia do przepławki spowodowane obniżeniem poziomu wody dolnej, utrudniające lub uniemożliwiające wejście rybom do przepławki

oraz powodujące wzrost prędkości wody w przepławce powyżej wartości dopuszczalnych,
- niedrożność przepławki lub tylko otworów przesmykowych, spowodowana zamuleniem lub zaśmieceniem przepławki (brak stałej konserwacji),
- kłusownictwo w przepławkach nasilające się w okresach tarłowych cennych gatunków ryb (brak dozoru).

13.10. Projektowanie urządzeń służących do migracji ryb

Zalecane typy urządzeń służących do migracji ryb to generalnie urządzenia naśladujące warunki naturalne (bliskie naturze), a więc: bystrotoki, bystrotoki kaskadowe i obejścia. Są jednak miejsca, w których z różnych względów nie można ich zastosować i wtedy trzeba wybrać inne rozwiązania. Doskonałym typem urządzenia służącego do migracji ryb, które można stosować, gdy brakuje miejsca albo, gdy przewiduje się wahania poziomu wody górnej, jest przepławka komorowa szczelinowa, bądź urządzenie kombinowane (np. część przepławka szczelinowa, część bystrotok kaskadowy). Duże zróżnicowanie parametrów budowli piętrzących powoduje, że każde urządzenie służące ich udrożnieniu dla ryb trzeba traktować indywidualnie.

Przed przystąpieniem do projektowania urządzeń służących do migracji ryb, poza informacjami o hydrologii (przepływach) i parametrach technicznych urządzenia piętrzącego, należy zebrać dane o składzie zespołu ryb ze szczególnym uwzględnieniem występowania gatunków chronionych, zagrożonych i cennych gospodarczo (dwuśrodowiskowych) w kontekście ich wymagań środowiskowych. Na podstawie tych informacji trzeba sporządzić koncepcję urządzenia służącego do migracji ryb, zawierającą określenie typu urządzenia, lokalizacji wlotu i wylotu wody z urządzenia, parametrów wabiącego prądu wody, wielkości przepływu i prędkości prądu wody w urządzeniu. Zespół opracowujący koncepcję urządzeń służących do migracji ryb musi zawierać hydrobiologa (ichtiologa), którego wiedza i doświadczenie pomogą uniknąć błędów przy ich konstruowaniu i ponoszenia kosztów przy ich naprawie.

14 KRYTERIA OCENY ISTNIEJĄCYCH I PROJEKTOWANYCH BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH W KONTEKŚCIE WYMAGAŃ ŚRODOWISKOWYCH

Zbiór kryteriów podzielono na dwie grupy: kryteria funkcjonalności i kryteria strukturalne. W części funkcjonalnej, oprócz określenia stopnia spełnienia celu wzniesienia budowli, ocenie podlega jej położenie, kształt oraz wpływ na bliższe i dalsze sąsiedztwo wzdłuż cieku. Ocena strukturalna dotyczy stabilności i trwałości konstrukcji budowli. Wnioskowanie wynikające z takiego podziału może generować cały szereg wariantów ewentualnych rozwiązań remontowych czy inwestycyjnych oraz rozwiązania, które prowadzą do kontrolowanego całkowitego lub częściowego wycofania budowli z użytku.

Oprócz wyżej wymienionych podstawowych kryteriów funkcjonalności i kryteriów strukturalnych należy poddać dodatkowej ocenie architekturę i wkomponowanie budowli w krajobraz. Zaleca się tu przede wszystkim:

- eliminację dużych płaskich powierzchni betonu o jednakowym spadku (skarpy) i długich prostych linii murów zabezpieczających wlot i wylot (linie proste zasadniczo w przyrodzie nie występują);
- różnicowanie obiektów pod względem architektonicznym, z dostosowaniem do charakteru terenu sąsiadującego i użyciem naturalnych materiałów takich, jak kamień.

KRYTERIA FUNKCJONALNOŚCI		
Funkcje	**Ocena i zalecenia dla budowli istniejących**	**Zalecenia dla budowli projektowanych**
Funkcja główna: stabilizowanie poziomu poboru wody	Jeśli ujęcie czynne – zachować, jeśli ujęcie niepotrzebne aktualnie i w przewidywalnej przyszłości – wskazana rozbiórka częściowa lub całkowita, ewentualnie etapowa	Rozważyć, czy nie ma możliwości ujęcia wody bez konieczności budowy budowli piętrzącej, na przykład ujęcie brzegowe po ewentualnej zmianie lokalizacji ujęcia i po ustabilizowaniu łożyska cieku narzutem z głazów. Jeśli budowla niezbędnie potrzebna to projektować z obejściem dla ryb lub właściwą przepławką i zapewnieniem komunikacji dla ryb na całej długości występowania nienaruszalnych przepływów biologicznych

Funkcja: zatrzymywanie rumowiska wleczonego	Jeśli znaczna różnica średniego uziarnienia materiału dennego powyżej i poniżej zapory przeciwrumowiskowej, lub duże odsłonięte powierzchnie skaliste poniżej zapory – obniżyć, rozciąć lub usunąć, zabezpieczając różnicę spadku cieku narzutem z głazów lub rampą, ewentualnie przebudować	Stosować tylko wyjątkowo w przypadkach udowodnionego trwałego dostarczania nadmiernych ilości rumowiska. Projektować zapory z regulowanym ażurowymi zastawkami przepustem na całej wysokości budowli, pozwalającym na przenoszenie rumowiska do średnicy około 80 - 150 mm
Funkcja: redukcja spadku cieku	Dla spadków cieków powyżej 2% zachować; dla spadków 0,5 do 1% pozostawić do śmierci technicznej, zastępując rampami z głazów; poniżej 0,5% systematycznie usuwać.	Stosować dla spadków cieków powyżej 5% w postaci kamiennych budowli kształtowanych krzywymi stożkowymi w przekroju i planie – unikać linii prostych i przekroi trapezowych. Budowle powinny nawiązywać do kształtu przepławek i ramp dla migracji ryb. Budowle nawiązujące do kształtu dawnych żłobów powinny mieć zróżnicowaną szerokość, dwudzielne i wielodzielne przekroje oraz zawsze odwrotne spadki dna pomiędzy kolejnymi progami, tak by odcinki te wypełniała woda.
Komunikacja ryb wzdłuż cieku	Różnica wysokości poziomu wody na spiętrzeniu do 1,0 m, przy zachowaniu poniżej przelewu głębokości równej 1,25 wysokości piętrzenia. Czytelny przebieg przejścia przez budowlę, przy kilku przeszkodach w serii przelewy ukształtowane tak, aby nurt wlotu i wylotu na budowlę trafiały na pasmo nurtu w cieku, także poprzez obniżenia w gurtach basenów wypadowych i zabezpieczeniach wylotów narzutem z głazów. Eliminacja wąskich rozcięć gurtów i szerokich, płaskich basenów wypadowych ułatwiających dewastację rybostanu.	Przede wszystkim rampy z głazów. Przepławki komorowe i szczelinowe tylko dla spadków cieków powyżej 0,5%, ukryte w przelewie budowli piętrzącej i dostosowane do przekraczania przez ryby łososiowate dla rzek ocenionych jako będące w stanie umiarkowanym, oraz dla wszystkich ryb dla rzek ocenianych jako będące w stanie dobrym i bardzo dobrym. Dla spadków cieków poniżej 0,5% tylko rampy (wyjątkowo przepławki szczelinowe) umożliwiające przedostanie się wszystkim rybom. Wszystkie przelewy stopni kształtowane krzywymi stożkowymi w przekroju i planie – unikać linii prostych i przekroi trapezowych. Unikać wąskich rozcięć gurtów i szerokich, płaskich basenów wypadowych ułatwiających dewastację rybostanu.

Bezpieczeństwo ludzi	Zasypanie głazami rozległych miejsc występowania prądów wstecznych i miejsc występowania podczas wezbrań pułapek hydraulicznych	Spadek skarp umocnionych 1:2 i mniejszy, głębokość basenów do 1,5 m, kołowe lub paraboliczne ukształtowanie w planie przelewu eliminujące prądy wsteczne i pułapki hydrauliczne

KRYTERIA STRUKTURALNE		
Grupa kryteriów	**Opis stanu ostrzegawczego**	**Zalecenia dla budowli projektowanych**
Posadowienie budowli	Osiadania powodujące pęknięcia konstrukcji rzędu od 1 do 5 mm, nadmierne wypływy filtracyjne spod fundamentu budowli powodujące zanik przelewu przez gurt basenu wypadowego przy stanach niskich	Zgodnie z Rozporządzeniem MOŚZNiL w sprawie „Warunków jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gosp. wodnej i ich usytuowanie" z 20 grudnia 1996 głównie w zakresie działu I/rozdz. 2 „Ustalenia podstawowe" i działu III/rozdz 2 „Metody obliczeń statycznych". Betony mrozoodporne i odporne na ścieranie, ewentualnie z wykładziną z kamienia. Otulina zbrojenia minimum 50 mm.
Geometryczna trwałość	Zmiany pionowości ścian do 10^{o}, wzajemne przesunięcia elementów dylatowanych ponad 10 cm	
Stan betonów i żelbetów	Odsłonięte zbrojenie, korozja zbrojenia powodująca pęknięcia betonu i wykwity rdzy. Ślady rozpadu mrozowego lub z powodu wewnętrznej reaktywności betonu. Starcia betonu powodujące perforacje płyt lub ścian.	

15 ZASADY KSZTAŁTOWANIA BUDOWLI HYDROTECHNICZNYCH

Z poprzedniego rozdziału wynika potrzeba rozpatrzenia trzech grup zagadnień kształtowania budowli hydrotechnicznych, a mianowicie: (i) budowle istniejące wymagające przebudowy ze względów strukturalnych lub funkcjonalnych, (ii) budowle do ewentualnego częściowego, etapowego lub całkowitego usunięcia, (iii) nowe budowle piętrzące. Zagadnienia te zostaną omówione poniżej, lecz od razu warto zauważyć, że najważniejsze jest, aby projektowanie nowych budowli piętrzących odbyło się po zdefiniowaniu rzeczywiście ważnych powodów ich lokalizacji. Potrzeba remontów zdekapitalizowanych budowli także powinna być dobrze uzasadniona ich trwałą funkcjonalną przydatnością. Stosunkowo łatwe jest zaniechanie remontów trwałych budowli piętrzących, ale brak kontrolowanego podejścia do uszkodzonych istniejących budowli piętrzących, nawet tych, które są przeznaczone do wyburzenia, może rodzić liczne negatywne skutki dla środowiska i użytkowników cieku. Stąd wynika kolejność omawiania zagadnienia, podyktowana malejącym stopniem ważności tematu.

15.1. Usuwanie uciążliwości stopni regulacyjnych

Stopnie regulacyjne po poddaniu ocenie funkcjonalnej mogą okazać się niepotrzebne lub uciążliwe. Jeśli ich stan strukturalny jest zadowalający, to powinno się sprawdzić warunki ich przekraczania przez ryby łososiowate, a nawet przez wszystkie ryby i dokonać wszelkich możliwych, ułatwiających to przekraczanie, adaptacji. Zakres możliwego projektowania to: wycięcie w przelewie stopnia i w gurcie basenu wypadowego obniżenia dla ustalenia pasma nurtu, dopasowanie głębokości poniżej przeszkody do wysokości piętrzenia stopnia (według formuły: głębokość poniżej piętrzenia = 1,25*wysokość przeszkody ponad lustro wody), zabudowanie części basenu wypadowego głazami dla zwiększenia bezpieczeństwa ludzi i ryb. Strukturalnie nieprzydatne stopnie należy usunąć lub zastąpić sztucznym bystrzem.

15.2. Usuwanie uciążliwości zapór przeciwrumowiskowych

Ze względu na swoją wysokość zapory przeciwrumowiskowe stwarzają większy problem techniczny niż stopnie regulacyjne, zarówno podczas ich remontowania, jak i podczas ich wyburzania. Stosunkowo bezpiecznie można dokonać wyburzenia takiej zapory etapami, zabezpieczając ją od strony wody górnej i dolnej ażurowym narzutem z głazów. Głazy te częściowo mogą pochodzić z wyburzanej zapory kamiennej. Warstwa zapory do jednorazowego wyburzenia w danym roku nie powinna przekraczać 1 m, a proces i termin wyburzania zapory powinny być bezwzględnie uzgodnione z użytkownikiem rybackim. W przypadku konieczności wykonania całości prac w stosunkowo krótkim trybie inwestycyjnym osady z zapory powinny być usunięte do rzędnej nieco powyżej dawnego łożyska cieku, a koryto zabezpieczone narzutem z głazów.

Nie usunięte zapory przeciwrumowiskowe w dobrym stanie technicznym, lub zapory w złym stanie technicznym, które po zmniejszeniu wysokości będą mogły być nadal użytkowane, wymagają dobudowania przepławki. Najbardziej rozsądną konstrukcją w takich przypadkach jest przepławka użyta na potoku Wierchomla, która wycięta jest w osi zapory i posadowiona wstecznie na osadach zapory. Każda inna konstrukcja przepławki lub ewentualnie rampy narzutowej w korycie jest możliwa do zastosowania. Stosowanie kanału omijającego jest w przypadku zapór przeciwrumowiskowych nieodpowiednie.

Podobnie do zapór powinno się rozwiązywać uciążliwości stopni wodowskazów, gdzie najczęściej jedynym rozsądnym zabezpieczeniem jest rampa narzutowa poniżej konstrukcji.

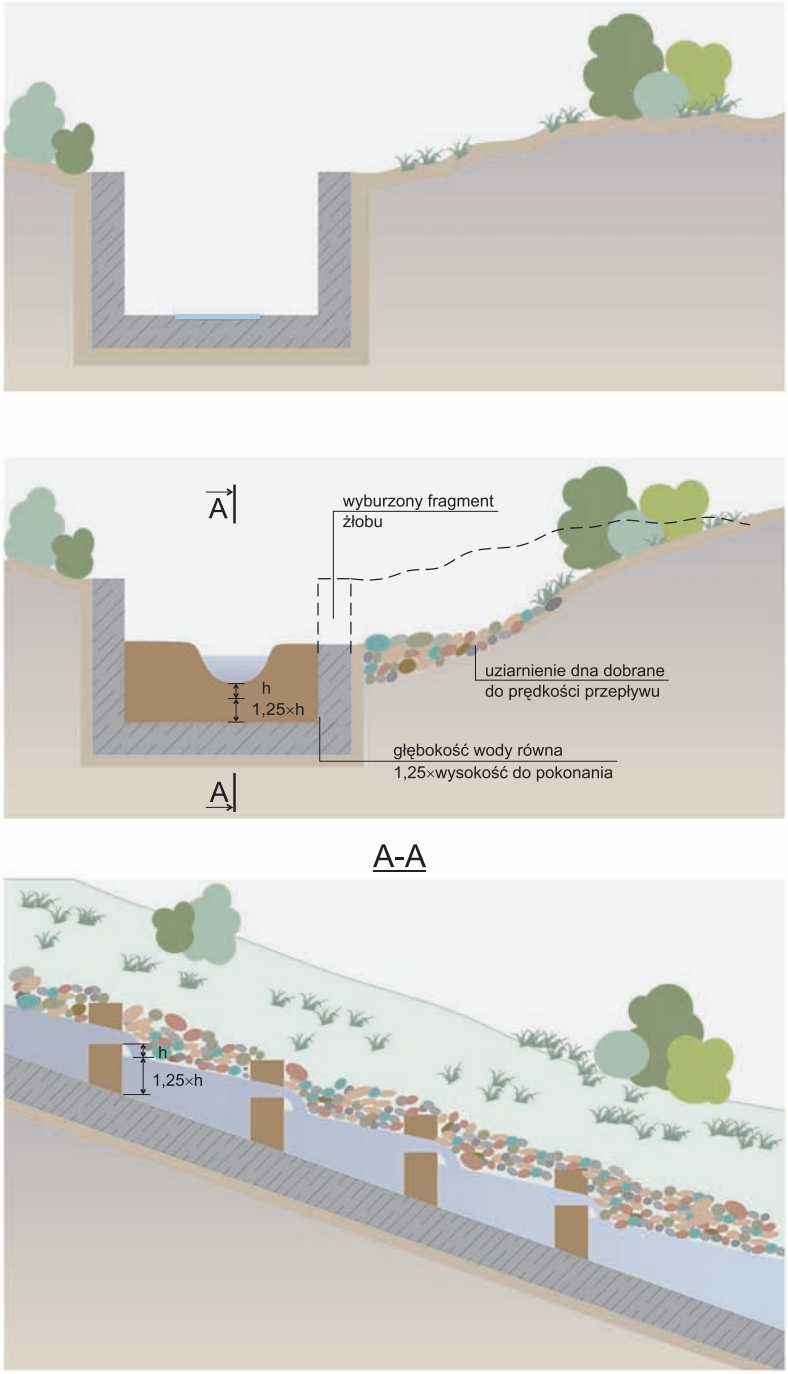
Fot. 3. Przepławka na potoku Wierchomla

15.3. Usuwanie uciążliwości budowli piętrzących funkcjonujących jako zabezpieczenie poziomu poboru wody

Istniejące pojedyncze stopnie ujęć wody naruszają warunki poruszania się rumowiska i najczęściej są przyczyną pogłębiania się koryta poniżej przegrody. Zasadniczym sposobem zapobiegania tym zjawiskom zagrażającym posadowieniu budowli jest narzut z głazów poniżej przegrody, co nie zawsze przywraca uprzednią rzędną lustra wody. Dla zachowania komunikacji dla ryb konieczne staje się dobudowanie koryta omijającego, które w takich przypadkach wydaje się być rozwiązaniem najtańszym i najwłaściwszym. Alternatywą jest dobudowywanie przepławki albo serii stopni, które to rozwiązania najczęściej są droższe i mniej skuteczne. Jeśli w istniejącym piętrzeniu była dobrze działająca przepławka, to jej przedłużenie jest rozsądnym rozwiązaniem, pod warunkiem wykonania kanału naprowadzającego i zabezpieczenia odpowiedniego pasma nurtu poniżej piętrzenia, aż do miejsca zrzutu wody lub do ujścia najbliższego dopływu.

15.4. Usuwanie uciążliwości zabudowy żłobowej

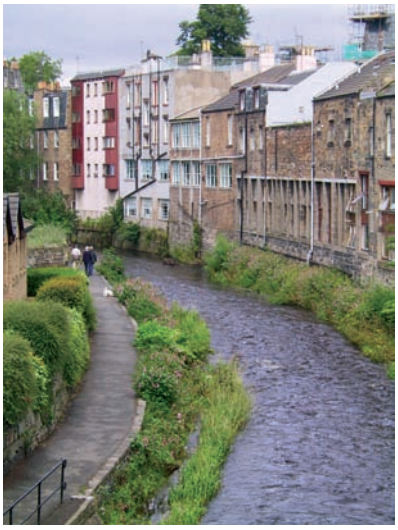
Zabudowa żłobowa cieków żwirodennych, a także wszelkie rowy trapezowe o skarpach i dnie umocnionych elementami betonowymi i gabionami, eliminują te cieki z jakiegokolwiek zagospodarowania i z funkcji samooczyszczania z kilku zasadniczych względów: (i) brak żwiru, powodujący znaczne zmniejszenie powierzchni właściwej dna, (ii) brak zróżnicowania głębokości i prędkości wody, (iii) brak siedlisk dla roślin wyższych, oraz (iv) bardzo duże prędkości wody przy przepływach pełnokorytowych, dewastujące układy osadów i wszelkie okresowe życie biologiczne. Ich właściwe ulepszenie jest najczęściej niemożliwe z powodu braku miejsca na wyznaczenie odpowiednio szerokiego korytarza dla całego potoku. Należy jednak za wszelką cenę szukać nawet najmniejszych możliwości poszerzenia koryta żłobu, na przykład poprzez stworzenie na pewnym odcinku koryta dwudzielnego (rys. 13). Wszelkie mniej ciasne lokalizacje powinny być wykorzystane na lokalne rozszerzenia koryta, oraz spowodowanie, aby było ono dwudzielne, a nawet bardziej złożone. Jeśli nie jest celowe lub możliwe odzyskanie żłobu jako cieku, należy przynajmniej przywrócić mu funkcję komunikacyjną dla ryb łososiowatych, szczególnie jeśli znajduje się on w ciągu cieku będącego obrębem ochronnym. Uzyskuje się to poprzez ukształtowanie odpowiedniego pasma nurtu oraz zapewnienie właściwych głębokości poniżej stopni o właściwej wysokości piętrzenia.



Rys. 13. Żłób – usuwanie uciążliwości

Fot. 4. Przykład spoza Polski. Ochrona lokalna fragmentu pasa drogowego. Zachowany pas ekotonu przy drodze (min. 2 m dla celów utrzymania jakości wody). Przed gabionami widoczne umocnienie dna cieku znacznie grubsze niż by to wynikało z oszacowań, dla trwałego ustabilizowania przekroju w sąsiedztwie drogi (©Arup)

Fot. 5 i 6. Przykłady spoza Polski. Osłona przeciwpowodziowa terenów zamieszkałych kompensowana rozległą terasą zalewową na przeciwległym brzegu rzeki. Umocnienia brzegów rzeki urządzone w sposób umożliwiający ich zasiedlenie przez roślinność strefy ziemno-wodnej. Rzeka nie sprawia wrażenia odcięcia od przyległych terenów, przeciwnie, rozwiązania techniczne sprzyjają umożliwieniu dostępu do rzeki (©Arup)



Fot. 7 i 8. Przykłady spoza Polski. Obniżenie ciągu pieszego biegnącego wzdłuż rzeki do poziomu średniej wody pozwoliło znacznie zwiększyć szerokość koryta, a przez to zmniejszyć prędkości wód wezbraniowych. Obecność roślinności strefy ziemno-wodnej (prawe zdjęcie) dowodzi, że prędkości przepływu umożliwiają ich egzystencję (©Arup)

15.5. Kształtowanie przelewów nowych budowli

Projektowanie każdego nowego zamierzenia budowlanego czy remontowego powinno brać pod uwagę, że prosty i horyzontalny przebieg linii przelewu jest niekorzystny ze względów środowiskowych. Najlepiej sprawdzają się przelewy o mniej lub bardziej wklęsłym kształcie korony w planie. Dla kształtu kołowego lub parabolicznego strzałka łuku może wynosić od 5 do 50% szerokości dna cieku. Dodatkowo, lekko wklęsła linia przelewu ukształtowana w trójkąt lub parabolę (strzałka wklęsłości od 0,2 do 0,5% szerokości dna cieku) o najniższym punkcie w miejscu głównego nurtu koncentruje maksymalną prędkość przelewu przy każdym stanie wody w pożądanym miejscu, a jednocześnie prędkość i głębokość wody na przelewie są zawsze zróżnicowane. Nie występują w takich przelewach pułapki hydrauliczne, ani też nie występują rozległe powierzchnie z prądami wstecznymi. Inne przydatne kształty przelewów to ukośny (poziomy lub wklęsły) lub trójkątny, z wierzchołkiem skierowanym w górę cieku (poziomy lub wklęsły).

Budowle mogą mieć przelewy pionowe lub w postaci rampy. Pionowa ściana przelewu i spadek rampy powyżej 5% kwalifikuje je do wykonania jako konstrukcje budowlane fundamentowane, wykonane z betonu, kamieni, pali, ścianek szczelnych itp., oraz koniecznie wyposażone w zabezpieczenie w postaci basenu

wypadowego lub układu głazów dla wytłumienia energii strumienia wody. Są one podobne do wodospadów, a ich właściwe miejsce to cieki o znacznych spadkach, powyżej 0,5%. Natomiast przelewy w kształcie ramp o spadku mniejszym od 5% można kształtować w postaci bystrza bez fundamentu, w postaci kilku warstw głazów zamulonych grubym żwirem, dla których miejscem tłumienia energii przelewającej się wody jest przegłębienie poniżej piętrzenia. Takie przelewy są podobne do bystrzy górskiej rzeki i powinny być stosowane tam, gdzie są odpowiednio dopasowane do systemu bystrze – przegłębienie.

Obok wytycznych hydraulicznych należy wziąć pod uwagę następujące wytyczne architektoniczne:

- dostosowanie terenu po budowie i samej budowli do terenu sąsiadującego, w zakresie kształtu, tekstury, formy materiałów użytych do budowy oraz koloru;
- unikanie prostych linii i rozległych płaszczyzn;
- unikanie dominacji betonu; tam, gdzie jest to możliwe stosowanie odpowiednich okładzin, formowania powierzchni betonu lub jego barwienia;
- o ile to możliwe, nachylenia skarp powinny być dostosowane do naturalnie występujących w danej okolicy, a strona odpowietrzna ukształtowana w sposób zróżnicowany, a nie w postaci płaszczyzn.

16 KOREKTY PRZEBIEGU PROFILU PODŁUŻNEGO I BRZEGÓW KORYTA

16.1. Remonty umocnień brzegowych plos

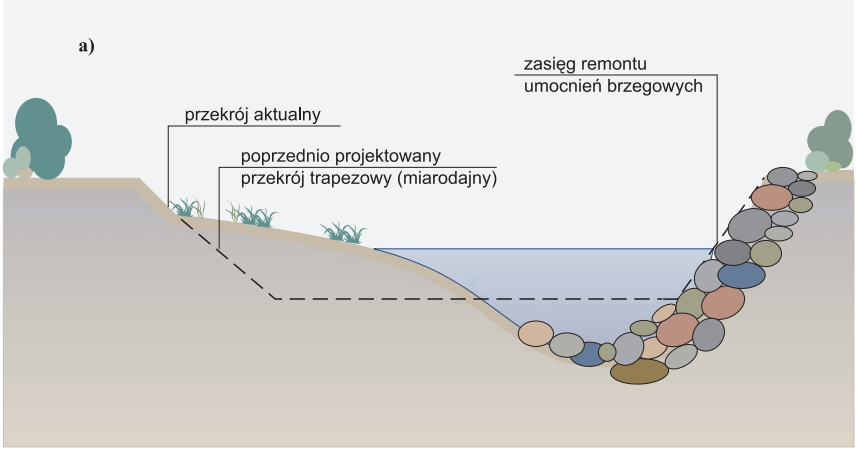
Wiele górskich i podgórskich cieków posiada umocnione brzegi wklęsłe, oraz najczęściej uformowane lub umocnione brzegi wypukłe. Poprzez skanalizowanie łożyska cieku obustronnymi ograniczeniami zmniejszone są możliwości jego meandrowania, a przepływy pełnokorytowe są znaczne i najczęściej większe niż o prawdopodobieństwie 67%. Takie zwiększone przepływy pełnokorytowe w połączeniu z ustabilizowaną krzywizną umocnionego wklęsłego brzegu powodują zwiększone prędkości i rozmywanie dna wzdłuż brzegu wklęsłego. Zakładany w projekcie przekrój trapezowy zamienia się na trójkątny ze znacznie przegłębionym nurtem wzdłuż wklęsłego brzegu, co powoduje podmycie i osuwanie się zabezpieczeń brzegowych.

Remont tych umocnień brzegowych (rys. 14) powinien zwiększać szorstkość pogłębionej części koryta wzdłuż brzegu wklęsłego, co najłatwiej jest uzyskać poprzez zastosowanie narzutu z głazów bezpośrednio na dno wyerodowanej rynny. Linia spadku remontowanej skarpy powinna być przedłużona w głąb koryta, a nawet złagodzona poniżej lustra niskiej wody. Na końcu łuku narzut powinien być zakończony konstrukcją wykonaną poprzez wyprowadzenie narzutu w kierunku osi koryta, do środka koryta lub nawet do brzegu wypukłego. Takie ukształtowanie zakończenia przegłębienia pozwoli zatrzymać żwir erodowany w przegłębieniu na jego końcu, przed przemiałem.

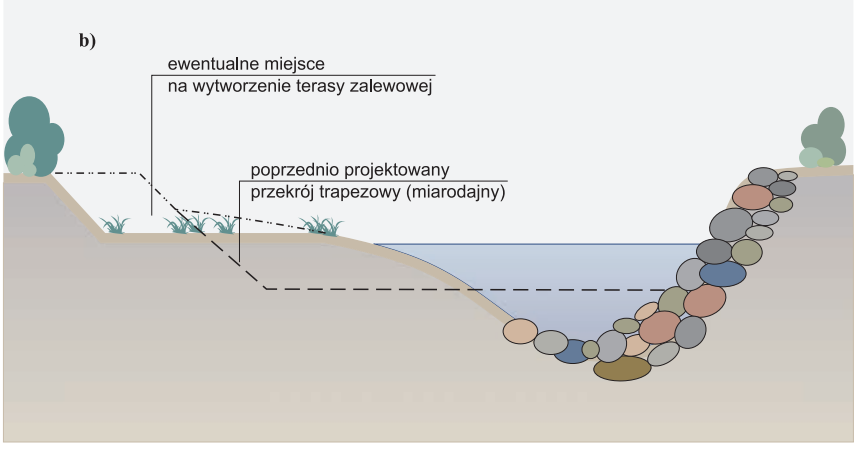
Fot. 9. Sposób zakończenia narzutu na skarpie: narzut zakończony konstrukcją poprzeczną poprowadzoną w kierunku przeciwległego brzegu

Głazy do remontów umocnień brzegowych i dna przegłębień nie powinny mieć zbyt dużej średnicy, lepiej jest zastosować większą ilość ich warstw. Duży głaz odseparowany od umocnienia brzegowego powoduje przyśpieszenie strugi wody w jego pobliżu, a więc działa niekorzystnie, gdy leży na warstwie żwiru. Natomiast głazy o mniejszej średnicy ułożone w podwójnej lub potrójnej warstwie są znacznie bardziej trwałe, gdyż zmniejszają prędkości przepływu przy dnie i mają tendencję do wzajemnego klinowania się i zamulania pospółką. Prace remontowe umocnień brzegowych nie wymagają osuszania remontowanego koryta.

Narzuty z głazów są bardziej wytrzymałe, jeśli są zasypane gruntem grubo-ziarnistym, na przykład miejscową pospółką. Równocześnie pospółka ta stanowi dobre podłoże pod samosiejki lub nasadzenia roślinności ziemnowodnej.



Rys. 14a. Remonty umocnień brzegowych plos



Rys. 14b. Remonty umocnień brzegowych plos z uformowaniem terasy zalewowej

Fot. 10 i 11. Narzut kamienny zadarniony

W ramach remontów powinno się usuwać nadmierny porost wikliny i wierzb, który powoduje zacienienie skarp i brak warunków dla rozwoju szuwaru jeżogłówkowego, który z kolei jest najlepszym czynnikiem stabilizującym narzuty kamienne. Korzystne jest także pozostawienie samosiejek takich drzew, jak dęby, graby, olchy przy linii porostu traw i powyżej. W dłuższych okresach systemy korzeniowe tych drzew stabilizują narzuty kamienne i potrafią przetrwać dłużej niż same głazy, szczególnie, jeśli te są nieodporne na mróz.

Można także równocześnie po wypukłej stronie zakola usunąć nadmiernie wypiętrzone osady ponad lustrem wody i strefą roślinności ziemnowodnej dla wytworzenia koryta dwudzielnego lub dla zrekompensowania straty powierzchni przekroju miarodajnego (rys. 14b).

16.2. Projektowanie korekty profilu cieku

Zmniejszenie przepustowości koryta cieku do wielkości odpowiadającej charakterystycznym przepływom pełnokorytowym może odbywać się albo poprzez zmniejszenie głębokości przekroju, albo poprzez zmniejszenie spadku cieku. W układach naturalnych odbywa się to poprzez zwiększenie szerokości bystrzy i wydłużenie odcinków przegłębień. W istocie, naturalne odzyskanie równowagi skanalizowanego cieku o korycie przegłębionym prowadziłoby do zniszczenia umocnień brzegowych, wytworzenia stromych i szerokich bystrzy oraz głębokich i krętych plos.

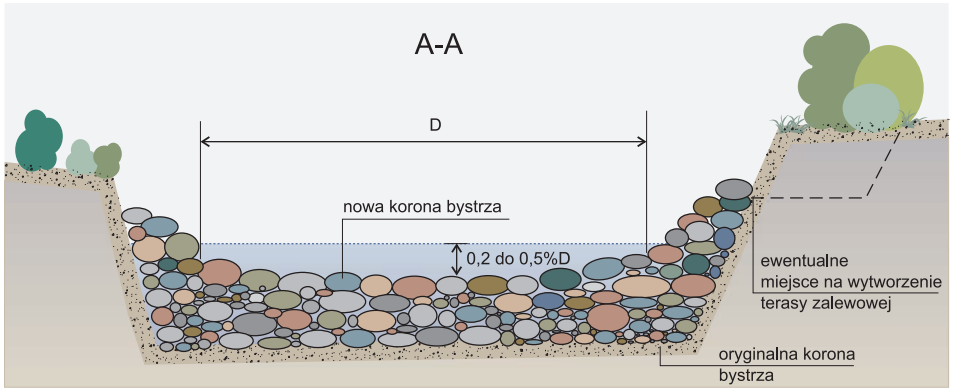
Dla zachowania przebiegu linii brzegowej koryta staje się konieczna skorelowana z tym przebiegiem korekta pojemności i spadku koryta (rys. 15), która zwiększy spadek i poszerzy szerokość bystrzy, oraz jednocześnie zmniejszy spadek przegłębień. Dla celów praktycznych przyjęcie spadku bystrzy 5 do 10 razy większego od spadku cieku oznaczałoby, że w przypadku remontowania dłuższych odcinków rzeki około 10 do 20% powierzchni jej koryta podlegałoby ewentualnej korekcie.

W wybranych miejscach przemiału obliczyć należy przekrój pełnokorytowy i wyznaczyć rzędną, do której należy podnieść poziom dna cieku. W przekroju poprzecznym dno powinno mieć lekko wklęsły, nieregularny kształt paraboli lub trójkąta o strzałce wynoszącej do 0,5% szerokości dna koryta. Od tego miejsca w dół cieku zaprojektować należy narzut z co najmniej dwóch warstw głazów o średnicy 200 do 400 mm, zagęszczany i zamulany żwirem 0/100 mm, o założonym spadku podłużnym. Znaczne zwiększanie średnicy głazów może okazać się nieskuteczne, gdyż dla głazów większych niż około 600 mm, w przypadku ich odosobnienia, strugi wody wokół głazu są znacznie przyśpieszone i mogą powodować dodatkowe rozmycie dna. Stosowanie narzutu z głazów bez zamulania żwirem oznacza zapotrzebowanie na głazy o znacząco większej średnicy niż przy zagęszczonym gruboziarnistym nasypie. Porównanie danych z Ratomskiego, 2000, tabela 3.1 i 3.2 dla gruntów naturalnych i danych dotyczących projektowania narzutów z głazów z Ohio, 1997 pokazuje, że prędkości nie rozmywające grunt o średniej średnicy 150 do 200 mm są równe prędkościom nie rozmywającym dla narzutu z głazów o średnim uziarnieniu 600 mm (450 do 750 mm), czyli o średnicy trzy do czterech razy większej. Toteż narzut z większych głazów bez zagęszczania i zamulania go gruboziarnistym żwirem stosować można na bystrzach o mniejszym spadku i mniejszych prędkościach przepływu, na przykład w dolnych biegach rzek żwirodennych, gdzie nie ma możliwości wprowadzania sprzętu do zagęszczania w koryto cieku.

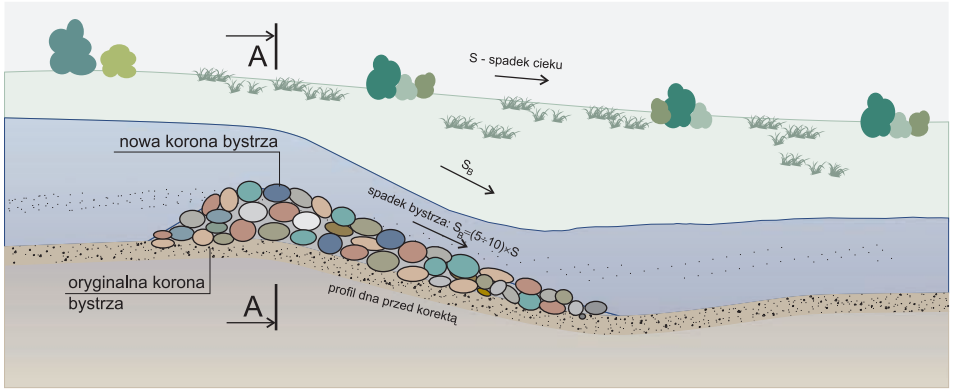
Prace najlepiej wykonywać w korycie na pełną szerokość pomiędzy istniejącymi umocnieniami przy niskich stanach wody. Użycie pospółki zawierającej do 20% piasku i mułu do wypełniania wolnych przestrzeni między głazami kolejnej warstwy powoduje, że roboty takie nie wymagają osuszania remontowanego koryta. Tak wykonany narzut posiada uziarnienie średnie powyżej 200 mm i według danych literaturowych powinien z dużym zapasem bezpieczeństwa wytrzymać prędkości średnie przepływu do 3 m/s. Przyjęcie tej prędkości za graniczną możliwą determinuje maksymalny projektowany spadek bystrza, który i tak nie powinien być większy niż 5%, jako praktyczna granica stosowalności przyjętego aparatu matematycznego (patrz tabela 1). Większe prędkości przepływu na bystrzach i większe spadki bystrzy nie powinny być kształtowane. Jeśli jednak muszą być zastosowane na przykład w silnie zawężonych przekrojach, to tylko w formie budowli zakotwionych lub fundamentowanych i z rozwiązaniem problemu tłumienia energii strumienia tak, jak dla budowli piętrzących.

Podniesienie korony bystrza powoduje zmniejszenie jednostkowej mocy strumienia na końcu plosa i jednocześnie zwiększa głębokość wody w plosie, co stanowi jakby basen wypadowy dla nurtu wypadającego z poprzedniego bystrza. Jednocześnie zmniejszony przepływ pełnokorytowy na koronie bystrza oznacza mniejszą jednostkową moc strumienia w tym miejscu.

przekrój bystrza



profil bystrza



Rys. 15. Korekta rzędnej korony bystrza jako korekta profilu cieku

Fot. 12. Rzeka Raba w Pcimiu: naturalne bystrze pomiędzy plosami, których brzegi wklęsłe zostały umocnione narzutem kamiennym w 1990 roku. Spadek bystrza wynosi około 1 do 2%

Fot. 13. Przykład sztucznego bystrza z głazów

16.3. Kształtowanie zróżnicowania głębokości plosa

W niektórych ciekach ustalić się mogą warunki przepływu powodujące wyrównanie dna i spadku cieku, czyli utratę zróżnicowania głębokości i prędkości wody charakterystycznego dla cieków o wyraźnym meandrowaniu (pool and riffle pattern). W szczególności, długie odcinki nienaturalnie prostych koryt bywają przez lata ukształtowane w nienaturalny trapezowy kształt. W takich przypadkach stosowano strategiczne rozmieszczenie głazów dla zwiększenia ilości miejsc nadających się do bytowania organizmów roślinnych i zwierzęcych, a także dla zwiększenia atrakcyjności rekreacyjnej odcinków rzek. Oprócz tego znane są z literatury i zastosowań praktycznych kierownice (deflectors) i jazy wirowe (vortex weirs) budowane wewnątrz koryta, głównie z głazów i odpadów drewnianych. Sztuczne struktury wewnątrz koryta mogą być stosowane dla cieków o jednostkowej mocy strumienia dla przepływu pełnokorytowego poniżej 35 W/m^2. Cieki o wyższej mocy strumienia mają natomiast możliwość samorzutnej rewitalizacji, a sztuczne struktury w nich zbudowane mogą okazać się nietrwałe.

W warunkach południowej Polski większość cieków posiada znacznie większe energie przepływów pełnokorytowych i nie nadaje się do trwałego zabudowania znanymi z literatury strukturami. Jest jednak wskazane, aby w strefie stale zanurzonej umocnień brzegów plos znalazły się odpady drewniane (np. karpy i wierzchołki ściętych drzew), które obciążone głazami i nasiąknięte wodą stają się mniej mobilne niż świeżo powalone drzewa i nie zagrażają zbyt wąskim budowlom komunikacyjnym. Tak więc umiejętne użycie faszyny leśnej i odpadów drewnianych podczas remontu umocnień brzegowych plos może przyczynić się do wytworzenia pożądanego zróżnicowania cieku na odpowiednie odcinki bystrzy i przegłębień.

17 ZASADY PRZEDMIAROWANIA I WYKONAWSTWA ROBÓT ZIEMNYCH

Dla zachowania opancerzenia dna i struktur osadów żwirowych konieczne jest wykonywanie robót ziemnych w taki sposób, aby maszyny budowlane i transportowe nie wjeżdżały do koryta. Jest to możliwe w ciekach trzeciego i wyższych rzędów, pod warunkiem, że roboty ziemne będą zaprojektowane i przedmiarowane osobno dla prawego i lewego brzegu w taki sposób, by wyrównanie ilości wykopów i nasypów rozpatrywane było dla podłużnych przemieszczeń osobno na lewym i osobno na prawym brzegu. W projektowanym przekroju poprzecznym wykopy nie mogą być przewidywane w obrębie koryta niskiej wody, a na brzegu wypukłym nie powinny sięgać poniżej poziomu niskiej wody. Niezbędne nasypy wewnątrz koryta niskiej wody mogą być wykonywane wyłącznie ze żwirów i pospółek, bez zanieczyszczeń pylasto-ilastych.

W ciekach pierwszego i drugiego rzędu biegnących wąskimi dolinami, w których nie da się uniknąć transportu mas ziemnych wewnątrz koryta, odcinki wykonywanych robót w danym roku powinny być ograniczone do minimum, ewentualnie powinny być rozkładane na kolejne lata.

Porównanie prędkości nie rozmywających dla gruntu i narzutu z głazów wskazuje, że w celu umocnienia dna, w przypadku rozluźnienia osadów w korycie przez maszyny budowlane, należałoby zastosować narzut z głazów o znacząco większym średnim uziarnieniu niż uziarnienie opancerzenia dna, lub wykonać narzut zagęszczany. W przeciwnym razie rozluźnione osady zostaną wypłukane, a dno ulegnie wyraźnemu obniżeniu aż do poziomu, na którym odtworzy się warstwa opancerzenia.

Zagłębianie fundamentu brzegowego narzutu kamiennego wykopem na projektowaną głębokość można dokonywać tylko w miejscach poza nurtem rzeki (wzdłuż brzegów wypukłych, w nowym suchym korycie rzeki, wokół budowli hydrotechnicznych). Narzuty kamienne umocnień brzegowych w rejonie płynącego cieku powinny być wykonywane z brzegu, z nadmiarem kompensującym brak wykonania wykopu pod jego fundamentowanie.

Dla wykonania narzutów umocnień brzegowych i innych budowli liniowych nie powinno się przewidywać stosowania grodzy z materiału dennego. W to miejsce można przewidywać materiał dowieziony np.:

- grodze modułowe (worki z piaskiem, wielkowymiarowe worki z piaskiem), po wykonaniu robót przestawione na inne miejsce,

- grodze z materiału ziarnistego (pospółki o zawartości piasku i pyłu do 20%), po wykonaniu robót pozostawione w korycie,
- lub inne rozwiązania techniczne, na przykład ścianki szczelne czy bukłaki gumowe.

Wykonywanie grodzy poprzez przepychanie materiału dna rzeki powinno być zabronione. Lokalne grodze o długości do 100 m dla wykonania obiektów w korycie rzeki lub na jej brzegu powinny być wykonywane z ziarnistego materiału dowiezionego.

Nowe koryta obiegowe i kanały ulgi należy projektować w taki sposób, by stare koryto cieku było zachowane w jak największym stopniu, w postaci odnóg, starorzeczy, teras zalewowych, terenów podmokłych itp. Zasadniczo ma to polegać na:

- ukształtowaniu nowego koryta poza zasięgiem starego przebiegu cieku,
- zastosowaniu wszelkich planowanych umocnień nowego koryta, obsiania mieszankami traw, także sprawdzeniu uziarnienia dna i ewentualnym jego uzupełnieniu,
- wprowadzeniu cieku do nowego koryta tam, gdzie to konieczne,
- we wszystkich sytuacjach, gdy stare koryto pozostaje w obrębie działki RZGW koryto to należy pozostawić nie zasypane; będzie ono przejmować część przepływu wezbraniowego w początkowej fazie funkcjonowania nowego koryta, gdy jego materiał denny ma jeszcze luźną, nie ukształtowaną przez ciek strukturę, zwiększającą jego podatność na uruchomienie.

Wszelkie zakończone roboty ziemne powinny być ocenione pod względem uziarnienia ich powierzchni w korycie cieku według metodyki normy ISO 9195:1992, zarówno w strefie plosa, jak i w strefie bystrza. Uziarnienie bystrza powinno być grubsze niż przed przystąpieniem do robót lub co najmniej takie, jakie zostało określone przez projektanta.

18 OCHRONA I REKULTYWACJA ROŚLINNOŚCI WODNEJ I NADBRZEŻNEJ

Tereny nadrzeczne porośnięte były dawniej przez bujne lasy łęgowe, w których drzewostanie, zależnie od wysokości n.p.m., lokalnych warunków siedliskowych, w tym wilgotnościowych i żyzności dominowały wierzby, topole, jesiony, olsze lub wiązy. Lasy te charakteryzowały się bujnym i bogatym w gatunki runem i podszytem. Pomimo, że większość z nich została zniszczona, to nad wieloma rzekami występują gatunki charakterystyczne tych lasów w postaci pojedynczych drzew, kęp lub roślin runa leśnego rosnących w nadrzecznych łąkach i zaroślach. Regulacje, takie jak profilowanie koryta rzeki, wiążą się zwykle z całkowitym zniszczeniem łęgowej roślinności zielnej i drzewiastej na pewnych odcinkach. Pomimo, że w pobliżu rzeki istnieją bardzo dogodne warunki do życia roślin, to odtworzenie istniejącego wcześniej stanu roślinności wymaga bardzo długiego czasu.

Oprócz roślin bardzo szybko kolonizujących teren, na którym zniszczono roślinność, istnieją też liczne gatunki leśne, w tym gatunki łęgowe, o bardzo słabych zdolnościach do rozprzestrzeniania. Pomimo, że dobrze rosną w nadrzecznych zaroślach nawet bez obecności drzewostanu, usunięcie wierzchniej warstwy gleby, zawierającej ich kłącza lub cebule, jest dla nich wyrokiem śmierci. Ich nasiona zwykle opadają zaraz koło rośliny macierzystej i nie są rozprzestrzeniane przez wiatr, czy ptaki. Jedynie powódź okazjonalnie zabiera ich kłącza i osadza gdzieś dalej. Jednak rozprzestrzenianie przez powodzie i zasiedlanie nowych terenów jest szybkie jedynie wówczas, gdy w najbliższym sąsiedztwie istnieją duże populacje tych gatunków. Jeśli mateczne populacje są zbyt małe, rekolonizacja gatunku może rozciągać się na okres dłuższy niż 100 lat. Obecność tych wolno rosnących i wolno rozprzestrzeniających się gatunków runa leśnego świadczy o tym, że dane miejsce przez setki lat nie podlegało większym perturbacjom, takim jak zaoranie, czy długotrwałe odlesienie.

Rekultywacja obejmuje przed wszystkim zapewnienie podłoża dla naturalnego rozpowszechnienia się charakterystycznych zespołów roślin, zabiegi pielęgnacyjne dla utrzymania ich pożądanego stanu i składu gatunkowego oraz ograniczenie dostępu dla niepożądanego ruchu pieszego i kołowego. W ostateczności potrzebne będą nasadzenia pożądanych gatunków roślin, najczęściej kosztem i staraniem użytkowników działek przylegających do cieków lub

użytkowników rybackich, którzy mogą być zainteresowani nasadzeniami roślin wodnych także jako substytutu nadbrzeżnych zadrzewień.

18.1. Dno cieku i roślinność zanurzona

Roślinność zanurzona posiada niebywałe zdolności do samodzielnego zasiedlania odpowiednich wód, charakteryzujących się spadkiem poniżej 0,2%, podłożem piaszczysto-mulastym, ustabilizowanym przepływem, brakiem zjawisk lodowych i silnym nasłonecznieniem. W takich miejscach problemem jest raczej nadmiar, a nie brak roślinności. Natomiast w żwirowych rzekach górskich i podgórskich roślinność zanurzona jest rzadka (tabela 10), a w skanalizowanych, silnie wciętych korytach praktycznie nie występuje. Dla zapewnienia odpowiednich warunków występowania roślinności zanurzonej w ciekach o spadku do 0,4% należy zapewnić trwałe podłoże w miejscu ich planowanego ukorzenienia się oraz miejsca stałego występowania, służące jako źródło rozpowszechniania się roślin po ich wykorzenieniu przez zjawiska lodowe lub powodziowe.

Wytypowanie miejsc możliwego występowania roślinności zanurzonej polega na znalezieniu odcinka rzeki o stosunkowo płytkim i szerokim korycie, dużej głębokości wody, małym spadku nurtu rzeki i dużym nasłonecznieniu (wystawa południowa). Stosowne miejsca występują najczęściej na końcu przegłębienia tuż przed wypłyceniem i bystrzem, które z kolei powinno być stosunkowo szerokie i bardzo mało wcięte w dno doliny. Podobne do opisanego są miejsca rozdzielania się nurtu rzeki w korycie przed łachą lub kępą. Także sztucznie utworzone rampy narzutowe i spiętrzenia wywołane regulacją progową są w przypadku szerokich teras zalewowych i stosunkowo płaskich koryt odpowiednie dla ukorzenienia się roślin zanurzonych. Ewentualne próby nasadzeń można dokonywać w takich miejscach w lokalizacjach wykazujących brak erozji i bardzo małą akumulację. W rzekach o dnie częściowo skalistym rośliny ukorzeniają się w szczelinach i pęknięciach piaskowców oraz w głąb przewarstwień łupków i iłów. Mchy wielu gatunków umocowują się do głazów trwale tkwiących w jednej pozycji w dnie, preferując wodę ubogą w wapń. Tylko mech zdrojek toleruje wapń i potrafi ukorzenić się w starym betonie.

Charakterystyczne miejsca stałego występowania roślin zanurzonych to starorzecza, szczególnie te ich odcinki, które są zasilane dopływami lub ewentualnie odnogami nurtu głównego. Prędkości przepływu podczas wezbrań nigdy nie są w takich miejscach tak duże, aby całkowicie zmienić ukształtowanie dna i spowodować kompletne wykorzenienie roślin zanurzonych. Bardzo podobne do opisanych są te przyujściowe odcinki dopływów rzeki głównej, które biegną równolegle do koryta rzeki, oraz młynówki.

Przenoszenie roślin podwodnych wiąże się nieodmiennie z przenoszeniem bezkręgowców z nimi związanych, a więc stwarza możliwość zawleczenia przenoszonych przez nie chorób ryb. Dlatego też wszelkie nasadzenia roślin wodnych nie pochodzących z tej samej zlewni nie powinny być stosowane.

Tabela 10. Rośliny zanurzone dające szansę zasadzeń w podgórskich rzekach żwirodennych

Roślina, nazwa polska:	**Nazwa łacińska:**	**Miejsce występowania:**	**Sposób nasadzeń:**
Mech zdrojek	*Fontinalis antipyretica*	Wszędzie: przyrośnięty do nieruchomych głazów i grubego rumoszu drzewnego w stosunkowo szybkim prądzie wody, niekoniecznie duże nasłonecznienie, nawet w bystrych potokach, całkiem zacienionych	Przenoszenie porośniętych kamieni, zawieszanie oderwanych łodyg na palikach wbitych w dno lub pomiędzy głazy w stosunkowo szybkim prądzie wody
Włosienicznik wodny	*Ranunculus aquatile*	(Czarny Dunajec, Słupia)	Przenoszenie pędów lub darni i głębokie zakopanie w dnie. Konieczny prąd wody nawet przy najniższych stanach wód. Konieczna czysta woda
Włosienicznik krążkolistny	*Ranunculus circinatus*	(Raba, Dunajec, Wisłok, San)	
Rdestnica kędzierzawa	*Potamogeton crispus*	(Raba, Dunajec, Wisłok, San)	Przenoszenie jak włosieniczników, może być żyzna woda, od stojącej wody do średnio szybkich prądów
Rdestnica grzebieniasta	*Potamogeton pectinatus*	(Raba)	
Rdestnica drobna	*Potamogeton pusillus*	(Czarny Dunajec)	
Moczarka kanadyjska	*Elodea canadensis*	(Raba, Dunajec, Wisłok, San, Sanka, Przemsza)	
Wywłócznik okółkowy	*Myriophyllum verticillatum*	(San, środkowy bieg)	
Rzęśl wiosenna	*Callitriche palustris*	(Raba, Wisłok, San, Przemsza, Mierzawa)	
Rogatek sztywny	*Ceratophyllum demersum*	(Krzczonówka)	Wody stojące mulistych zatok i kałuż nadbrzeżnych, roślina nie posiada korzeni

18.2. Roślinność ziemnowodna strefy przejściowej

Zespół roślin strefy ziemnowodnej jest stosunkowo najszybciej odtwarzającym się zespołem, gdyż dostosowany jest do opanowywania świeżo odsłoniętych skarp i plaż, jak również łach żwirowych i piaszczysto–mulastych. W jego skład wchodzą rośliny zespołów szuwarowych, np. jeżogłówkowego, pałkowego, mannowego, w tym między innymi: rdest ziemnowodny, żabieniec babka wodna, różne gatunki turzyc, rukiew wodna, rzeżucha gorzka, przetacznik bobowniczek, potocznik wąskolistny, niezapominajka błotna, mięta pieprzowa, mięta nadwodna, jeżogłówka zapoznana, jeżogłówka gałęzista, manna jadalna, mozga trzcinowata, sitowie leśne, sit rozpierzchły, sit siny, trzcinnik szuwarowy, a w miejscach starorzeczy wszelkie inne rośliny wodne, np. knieć błotna, kosaciec żółty, pałka wąskolistna, tatarak i inne.

Jednak to właśnie ten zespół jest najbardziej zniszczony wzdłuż wielu górskich i podgórskich rzek, gdyż:

- wcinanie się koryt cieków niszczy fizycznie siedliska, w których bytują rośliny strefy ziemnowodnej, a zwiększenie przepływów pełnokorytowych trwale uniemożliwia zasiedlenie obrzeży koryt,
- zanikają odcinki rozczłonkowanego koryta, gdzie warunki rozwoju są najlepsze,
- zakładanie plantacji wikliny zajmuje siedliska normalnie wykorzystywane przez ten zespół,
- brak dostatecznie dużych zespołów trwale bytujących wzdłuż cieków stanowi przeszkodę w szybkim opanowywaniu terenów nadających się do zasiedlenia, choćby okresowego,
- dotychczasowy sposób wykonywania robót ziemnych w korycie fizycznie usuwa roślinność ziemnowodną z proporcjonalnie dużych powierzchni.

Zrównoważone środowisko nie wymaga stosowania dodatkowych zasiewów czy nasadzeń, ale szczególnie wobec rozległych (dłuższych niż około 1 km) prac wzdłuż brzegu wklęsłego, polegających na stosowaniu głazów znacznie przekraczających możliwości transportowe nurtu rzeki, powstają siedliska z trudnością opanowywane przez charakterystyczną roślinność strefy przejściowej rzek żwirodennych. W takich przypadkach korzystne jest przewidywanie nasadzeń takich roślin strefy przejściowej (tabela 11), które:

- wytrzymują zróżnicowane prędkości wezbranej wody spotykane przy wklęsłych brzegach koryt,
- potrafią ukorzenić się w materiale znajdującym się w przestrzeniach pomiędzy głazami, którym jest najczęściej zamulony żwir lub muł,
- wytrzymują okresowe zanurzenie w wezbranej wodzie i długotrwałą ekspozycję ponad zwierciadłem niskiej wody,
- nie tworzą kęp poprzedzielanych korytarzami, ale raczej dywany o większej powierzchni,

- zatrzymują podczas wezbrań muł i piasek, przerastają go swym systemem korzeniowym i w ten sposób przyczyniają się do ustabilizowania narzutów z głazów.

W tym celu darnie zawierające mozgę trzcinowatą i turzyce oraz ewentualnie inne rośliny strefy ziemnowodnej znajdujące się w obrębie robót należy zebrać na palety transportowe i składować utrzymując w wilgoci. Użycie ich polega na wycięciu kawałków darni 20x20 cm i nasadzeniu w ilości 1 szt/m^2 (1m^2 zebranej darniny wystarcza do nasadzeń 25 m^2 lub 25 mb planowanego narzutu kamiennego). Taki sposób postępowania znacznie przyśpiesza trwałe przerośnięcie narzutu z głazów gatunkami odpornymi na zmienny poziom wody.

Tabela 11. Rośliny strefy przejściowej ziemno – wodnej przydatne do nasadzeń w narzutach z głazów (według Cowx 1998, DVWK 204/1984 i in.)

Roślina, nazwa polska	Nazwa łacińska	Opis i cechy	Miejsce i sposób nasadzeń
Mozga trzcinowata	*Phalaris arundinacea*	Podobna do wiotkiej i subtelnej, małej trzciny. W odróżnieniu od trzciny pospolitej po wyłożeniu wezbraną wodą ma możliwość powstania i dalszego wzrostu. Tworzy dywany przerastające kamienie i żwirowiska, zatrzymuje piasek na swym systemie korzeniowo – łodygowym.	Rozdzielanie i przenoszenie darni, umieszczanie w przestrzeniach pomiędzy głazami powyżej poziomu średniej wody, szczególnie w miejscach o dużych prędkościach wody niskiej i wezbranej
Turzyce	*Carex gracilis* *Carex acutiformis*	Tworzą rozłogi płożące się w kierunku wody i spowalniając nurt przybrzeżny powodują osadzanie się mulastego piasku na systemie łodygowo – korzeniowym, a w ten sposób tworzą struktury bardzo odporne na rozmycie. Darnie turzycy wykorzystywane są także przez inne rośliny (np. przez jeżogłówkę) do ukorzenienia się.	Rozdzielanie i przenoszenie darni, umieszczanie w przestrzeniach pomiędzy głazami na poziomie średniej i niskiej wody, szczególnie w miejscach o dużych prędkościach wody niskiej i wezbranej
Manna mielec	*Glyceria maxima*	Podobna do trzciny, ale bardziej zielona i krępa, z grubymi łodygami. Po wyłożeniu wezbraną wodą łodygi puszczają korzenie, a ich końcowa część dalej wzrasta prawidłowo. Tworzy silną darń, gromadząc muł na swym systemie korzeniowym.	Rozdzielanie i przenoszenie darni, umieszczanie w przestrzeniach pomiędzy głazami poniżej poziomu niskiej wody, szczególnie w miejscach żyznych o małej prędkości niskiej wody, np. jako filtr wysięków ścieków

18.3. Roślinność nadbrzeżna i terasy zalewowej

Obsiewanie odsłoniętych podczas robót regulacyjnych czy utrzymaniowych powierzchni gruntu powinno odbywać się wyłącznie miejscowym materiałem siewnym. Dobre rezultaty daje rozmieszczenie fragmentów oryginalnej darniny pozyskanej przed rozpoczęciem robót w taki sposób, by wyrośnięte rośliny rozsiały się same. Darnina jest bardziej odporna na wymycie przez przypadkowe wezbranie i pożarcie przez ptaki niż materiał siewny, jest tańsza i zawiera lokalne rośliny, które należy chronić.

Pielęgnacja niskiej roślinności (jeśli potrzebna) w części terasy zalewowej należącej do RZGW powinna ograniczać się do wykaszania traw powodującego ich lepsze ukorzenienie się i rozrost kęp. W celu ochrony roślin pasa ziemnowodnego w pasie około 1 do 2 m od granicy porostu traw nie przeprowadza się koszenia, a jeśli jest to niezbędnie konieczne, to koszenie wykonuje się w tym pasie późną jesienią.

Zadrzewienia terenów nadbrzeżnych uzyskuje się poprzez zachowanie samosiejek podczas wycinki plantacji wikliny i koszenia powierzchni trawników. Nasadzenia drzew powinno się dokonywać wyłącznie materiałem miejscowym w postaci:

- odtwarzania lasów dębowych zajmujących doliny podgórskich rzek w czasach historycznych (głównie dąb, grab), a obecnie prawie nieistniejących.
- poszerzania istniejących zespołów lasów łęgowych, z domieszką dębu i grabu,
- poszerzania lasów zasiedlających stoki sąsiadujące z łożyskiem cieku (głównie lipa, jawor, sosna, świerk, buk, jesion i olcha)

Dla zapewnienia właściwej osłony strefy nadbrzeżnej należy stosować:

- okresowe ogrodzenia zasiewów, lub nie zasianych stref przeznaczonych do zarośnięcia,
- ograniczenia ruchu kołowego poprzez stosowanie zamykanych na kłódkę szlabanów na drogach dojazdowych do koryta rzeki,
- biodegradowalną geowłoknię i siatki z juty dla osłony zasiewów i sadzonek narażonych na wymycie przez wezbrane wody.

Dla właściwej termiki wód górskich obsadzenie drzewami brzegów potoków pierwszego i drugiego rzędu powinno dać w wyniku tunel z koron drzew ponad wodą. Cieki trzeciego i wyższych rzędów powinny być obsadzone drzewami w stopniu zapewniającym ocienienie co najmniej 40% powierzchni wody w południe w czerwcu, lipcu i sierpniu. Nasadzenia drzew i krzewów powinny być zaplanowane po konsultacji biologicznej i przeciwpowodziowej, uwzględniającej okoliczne zespoły leśne. Przy mniejszym rozmiarze zamierzeń właściwe jest pozostawienie samosiejek (z wyjątkiem gatunków egzotycznych, np. akacji) i dosadzanie drzew i krzewów wskazanych w tabeli 12, właściwych dla danego siedliska, korzystając z miejscowych sadzonek.

Tabela 12. Gatunki do nasadzeń szpalerów drzew i krzewów wzdłuż brzegów rzek i potoków górskich i podgórskich (według Żbikowski, Żelazo 1993, zmienione)

Rejon nasadzeń	Gatunek	
Obszar średniej wody (od poziomu średniej wody do poziomu wody 50%)	Olsza czarna Olsza szara Wierzba krucha Wierzba siwa Wierzba purpurowa	*Alnus glutinosa* *Alnus incana* *Salix fragilis* *Salix eleagnos* *Salix purpurea*
Obszar zalewowy (wzdłuż krawędzi koryta i w głąb terasy zalewowej)	Dąb szypułkowy Czeremcha zwyczajna Jawor Jarząb posp. (jarzębina) Kruszyna pospolita Kalina koralowa	*Quercus robur* *Padus avium* *Acer pseudoplatanus* *Sorbus aucuparia* *Frangula alnus* *Viburnum opulus*
Obszar na zboczach doliny	Leszczyna Tarnina Dzika róża	*Corylus avellana* *Prunus spinosa* *Rosa canina*

Jeśli uzna się za potrzebne zakładanie i pielęgnację plantacji wikliny, to należy je zakładać poza strefą brzegową, na terasach nadzalewowych. Istniejące wikliny na brzegach potoków i rzek należy ciąć co cztery lata na 25% długości brzegów, aby pozostawić co najmniej 75% osłony brzegu wyrośniętą wikliną w różnym wieku. W trakcie wycinania wikliny w miejscach poza plantacjami (strefa brzegowa, odtwarzanie lasu łęgowego i terenów podmokłych) należy pozostawiać sadzonki innych drzew i krzewów, a nawet przewidzieć odpowiednio zróżnicowane nasadzenia dla uniknięcia banalizacji otoczenia rzek i potoków.

19 WYKORZYSTANIE GRUBEGO RUMOSZU DRZEWNEGO DO REWITALIZACJI CIEKÓW GÓRSKICH

Powalone do cieków drzewa i krzewy były dotychczas powszechnie usuwane z koryt w celu zwiększenia ich przepustowości dla wód wezbraniowych, uniknięcia uszkodzeń mostów i innych budowli przez płynące drzewa oraz pozyskania drewna opałowego. Liczne badania przeprowadzone w ostatnich trzydziestu latach wykazały jednak, że obecność w ciekach powalonych drzew, krzewów i ich większych fragmentów – określanych łącznie jako gruby rumosz drzewny – wpływa korzystnie na szereg fizycznych i biotycznych cech cieków. Ten korzystny wpływ został szczególnie dobrze rozpoznany w odniesieniu do górskich potoków i rzek. Obecność grubego rumoszu drzewnego powoduje wzrost oporów przepływu i ułatwia rozpraszanie energii wód wezbraniowych oraz prowadzi do zwiększenia morfologicznego zróżnicowania cieków.

Odzwierciedleniem dużego zróżnicowania morfologii koryt zawierających gruby rumosz drzewny jest zwiększone zróżnicowanie prędkości i głębokości przepływu, zarówno w przekroju poprzecznym, jak i w profilu podłużnym koryt. Obecność grubego rumoszu drzewnego zwiększa możliwości akumulacji materiału mineralnego w ciekach i sprzyja wyrównywaniu natężenia transportu rumowiska dennego wzdłuż ich koryt. Drewno powalonych drzew pełni także istotne funkcje w kształtowaniu ekosystemów wodnych w ciekach, zwiększając w nich fizyczną różnorodność siedlisk, tworząc siedliska dla wielu grup bezkręgowców oraz dla ryb i bobrów, stanowiąc pokarm dla wielu grup organizmów i zwiększając możliwości zatrzymywania drobnej materii organicznej w korytach.

Ponadto, rumosz drzewny zdeponowany w obszarach zalewowych stwarza osłonę dla roślinności zielnej i siewek drzew przed niszczącym oddziaływaniem wód wezbraniowych, a w przypadku drewna wierzb i topoli może się sam ukorzeniać i wypuszczać pędy, ułatwiając rozwój lasu łęgowego wzdłuż cieków górskich.

Z przedstawionej powyżej charakterystyki wynika, iż przywrócenie obecności grubego rumoszu drzewnego w korytach powinno ułatwić przywrócenie równowagi dynamicznej cieków górskich o tendencji do wcinania się oraz odtworzenie aluwialnego charakteru koryt przekształconych w koryta skalne i dobrego stanu ekologicznego cieków. Realizowane w niektórych krajach programy sztucznego umieszczania kłód w ciekach górskich rzeczywiście spowodowały

korzystne zmiany ich funkcjonowania, takie jak wzrost głębokości i średniej prędkości przepływu oraz efektywne zatrzymywanie w korytach materiału mineralnego i materii organicznej. W polskich realiach dobre wyniki mogłoby już przynieść samo zaniechanie usuwania powalonych drzew z cieków tam, gdzie ich obecność nie stwarza zagrożenia powodziowego dla zabudowy i infrastruktury w dnach dolin.

W rzekach o szerokości koryta większej od wysokości drzew porastających jego brzegi gruby rumosz drzewny cechuje znaczna mobilność. Dlatego też w rzekach tych usuwania powalonych drzew z koryt można zaniechać jedynie w ich odcinkach położonych w znacznej odległości powyżej:

- mostów o wąskim świetle, na których w czasie wezbrań mogłyby utworzyć się zatory z napławionego drewna, oraz
- budowli i urządzeń w korytach, takich jak np. brzegowe ujęcia wody i ich jazy, które mogą zostać uszkodzone przez płynące drewno (z uwagi na znaczny stopień wcięcia się rzek karpackich pominięto tutaj kwestię podniesienia się – wskutek zwiększenia oporów przepływu przy obecności rumoszu drzewnego – stanu wezbraniowego w danym przekroju dna doliny).

Prace studialne prowadzące do wytypowania odcinków rzek, w których można zaniechać usuwania grubego rumoszu drzewnego z koryt, przeprowadzono np. we Francji w odniesieniu do rzek na przedpolu Alp.

Znacznie mniej problemów nastręcza przywrócenie obecności grubego rumoszu drzewnego w potokach górskich o szerokości koryta mniejszej niż wysokość drzew porastających jego brzegi. Drzewa powalone do tych cieków cechuje bowiem znacznie większa stabilność, spowodowana łatwym ich zakotwiczeniem na jednym lub obu brzegach oraz występowaniem tu stosunkowo małych przepływów wezbraniowych. Naturalne tamy drzewne, powstające w wyniku przerzucenia jednego lub kilku pni drzew ponad brzegami potoku (fot. 14), stanowią bardzo stabilne struktury, których trwałość określona jest czasem rozkładu drewna. Oddziaływanie takich tam na hydraulikę przepływów wezbraniowych i procesy sedymentacyjne w korycie potoku górskiego jest identyczne, jak betonowych progów, mają one jednak istotne zalety w porównaniu z tymi drugimi:

- tworząc się samorzutnie, stanowią bardzo tanie struktury, których koszt sprowadza się do utraty możliwości pozyskania drewna jednego lub kilku pni drzew;
- ich wysokość jest możliwa do pokonania przez ryby łososiowate, zatem nie zaburzają one możliwości przemieszczania się ryb wzdłuż biegu potoku;
- stanowią naturalny element w krajobrazie leśnym;
- poszczególne tamy powstają w różnym czasie w różnych punktach wzdłuż biegu potoku, ulegając z czasem rozpadowi, ich obecność umożliwia zatem utrzymywanie aluwialnego dna cieku bez trwałego nadmiernego

Fot. 14. Tama drzewna utworzona przez kłodę świerkową łączącą brzegi potoku

wypłycenia jego dna w określonym przekroju, tak jak ma to miejsce w przypadku betonowych progów.

Wykorzystanie grubego rumoszu drzewnego do rewitalizacji potoków górskich przy jednoczesnym minimalizowaniu zagrożeń wynikających z jego obecności w korytach wymaga:

- zaniechania wycinki drzew w przylegających do koryt pasach nadrzecznego lasu, tak aby mogły one funkcjonować jako źródło dostawy powalonych drzew do potoków
- usuwania z cieków jedynie mniejszych, niestabilnych fragmentów drewna, które mogłyby łatwo zostać uruchomione przez przepływy wezbraniowe i utworzyć zatory w niższej części biegu potoku.

Oprócz pozostawiania w korytach potoków tam drzewnych powstałych samorzutnie możliwe jest także sztuczne formowanie progów z jednej lub kilku kłód. Jest to wskazane zwłaszcza tam, gdzie doszło do przekształcenia koryta aluwialnego w koryto skalne. Wysokość takich sztucznie formowanych progów drewnianych powinna wynosić 30 cm, natomiast więcej (do 50 cm) jedynie w sporadycznych, uzasadnionych przypadkach. W każdym wypadku należy jednak zapewnić wysokość piętrzenia nie większą niż 30 cm w obrębie strugi małej wody o szerokości przynajmniej 1 m. Można to osiągnąć za pomocą:

- wycięcia w kłodzie grubszej niż 30 cm obniżenia dla strugi małej wody
- uformowania progu ze skośnie ułożonej kłody, umożliwiającego powstanie nisko usytuowanego przelewu dla małych wód przy jednym z brzegów
- uformowania progu z dwóch kłód ułożonych skośnie w przeciwnych kierunkach, z nisko położonym trójkątnym przelewem dla małych wód w środkowej części progu.

Sztucznie formowane progi drewniane będą umożliwiać rozpraszanie energii płynącej wody jedynie wówczas, gdy u ich podnóża będą istnieć zagłębienia

wyerodowane w dnie, analogiczne do basenów wypadowych formowanych poniżej progów betonowych. Dlatego też niedopuszczalne jest układanie poziomego belkowania u podnóża progu w celu przeciwdziałania jego podmyciu. Stabilność progów drewnianych należy natomiast zapewnić kotwicząc oba końce przegradzających koryto kłód pomiędzy głazami narzutu kamiennego lub elementami kaszycowego umocnienia brzegów.

20 PODSTAWOWA LITERATURA

Andrews, E.D., 1982. Bank stability and channel width adjustment, East Fork River, Wyoming. Water Resources Research, 18: 1184-1192

Beauvais A.A., Montgomery D.R., 1996. Influence of valley type on the scaling properties of river planforms. Water Resources Research, 32(5): 1441-1448.

Brookes A., Shields F.D. Jr., 1996. River Channel Restoration. Guiding Principles for Sustainable Projects. Wiley, Chichester.

Buffagni A., Erba S., 2002. Guidance for the Assessment of Hydromorphological Features of Rivers within STAR Project. CNR-IRSA Water Research Institute, Italy.

Cowx I.G., Welcome R.L., 1998. Rehabilitation of Rivers for Fish. FAO/Fishing News Books.

DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of The Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.

Dorzecze Górnej Wisły, 1991. Praca zbiorowa pod redakcją I. Dynowskiej i M. Maciejewskiego, PWN Warszawa – Kraków.

Dumnicka E., Jelonek M., Klich M., Kwadrans J., Wojtala., Żurek R. (red.), 2004. Ichtiofauna i status ekologiczny wód Wisły, Raby, Dunajca i Wisłoki. Wydawnictwo Instytutu Ochrony Przyrody w Krakowie, 1-208.

DVWK[1] Merkblaetter zur Wasserwirtschaft 204/1984. Oekologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fliessgewaessern.

DVWK Merkblaetter zur Wasserwirtschaft 226/1993. Lanschaftsoekologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen.

DVWK/FAO: Fish passes: design, dimensions and monitoring (DVWK Merkblatt 232/1996, english version copyright 2002 by FAO) Rome 2002.

Gregory S.V, Boyer K.L., Gurnell A.M., 2003. Ecology and Management of Wood in World Rivers. American Fisheries Society, Bethesda.

[1] DVWK – Niemiecki Związek Gospodarki Wodnej i Melioracji

FAME Consortium, 2004. Manual of the application of the European Fish Index – EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive. Version 1.1.

Gospodarka wodna w dorzeczu Górnej Wisły, 1995. Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej, ODGW oraz RZGW w Krakowie.

Hey R.D., 1996. Environmentally sensitive river engineering. [w:] River Restoration, Petts G., Calow P. (red.), Blackwell, Oxford, 80 -105.

Identyfikacja i ocena skutków antropogenicznych oddziaływań na zasoby wodne dla wskazania części wód zagrożonych nie osiągnięciem celów środowiskowych, 2004. Praca zbiorowa pod redakcją Elżbiety Nachlik, Politechnika Krakowska, Kraków.

ISO 9195:1992(E) Liquid flow measurement in open channels – Sampling and analysis of gravel bed material.

Larinier M., Travade F., Porcher J.P., 2002. Fishways: Biological Basis, Design Criteria and Monitoring. Buletin francais de la peche at de la pisciculture, 364 suppl., 1-208.

Lubieniecki B., 2003. Przepławki i drożność rzek. Wydawnictwo Instytutu Rybactwa Śródlądowego.

Maciejewski M. i inni, 2004. Ustalenie warunków referencyjnych odpowiednich dla typów wód powierzchniowych, zgodnie z wymaganiami Zał. II do Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE. Ministerstwo Środowiska. Opracowanie Konsorcjum IMGW, IOŚ, IM.

Mikołajczyk T., Stańda W., Epler P., 2003. Ograniczona renaturalizacja koryt rzecznych poprzez dywersyfikację nurtu w korycie niskiej wody. Supplementa ad Acta Hydrobiologica, 6: 95-104.

Ohio Department of Transportation. Construction & Material Specifications, 1997.

Petts G., Calow P., 1996. River Restoration. Blackwell, Oxford.

Piégay H., Barge O., Landon N., 1996. Streamway concept applied to river mobility/human use conflict management. [w:] International Water Resources Association: Rivertech '96: new/emerging concepts for rivers, Chicago, USA, Sept. 96, 681-688.

PN-EN 14614:2005. Jakość wody. Przewodnik oceny hydromorficznych cech rzek.

Proceedings of the 13th International Salmonid Habitat Enhancement Workshop. Westport, Co. Mayo, Ireland, September 2002.

Radecki-Pawlik A., 2002. Bankfull discharge in mountain streams: theory and practice. Earth Surface Processes and Landforms, 27: 115-123.

Ratomski J., 2000. Podstawy projektowania zabudowy potoków górskich. Politechnika Krakowska, Kraków.

Regulacja rzek górskich. Wytyczne projektowania, 1987. CBSiPBW „Hydroprojekt", Warszawa.

Shields F.D. Jr, Copeland R.R., Klingeman P.C., Doyle M.W., Simon A., 2003. Design for stream restoration. Journal of Hydraulic Engineering, 129(8): 575-584.

Stan obecny i planowanie rozwoju gospodarki wodnej w dorzeczu Górnej Wisły, 2001. RZGW w Krakowie i Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej Politechniki Krakowskiej, Kraków.

Thorne C.R., Hey R.D., Newson M.D., 1997. Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management. Wiley, Chichester.

Witkowski A, Błachuta J., Kotusz J., Heese T., 1999. Czerwona lista słodkowodnej ichtiofauny Polski. Chrońmy Przyrodę Ojczystą, 55(4): 5-19.

Wyżga B., 1996. Metody oceny wpływu zmian morfologii koryta na przepływy wezbraniowe. Wiadomości IMGW, 19: 49-70.

Wyżga B., 2001. Regulacja koryt karpackich dopływów Wisły – ocena działań inżynierskich w świetle wiedzy geomorfologicznej i sedymentologicznej. Czasopismo Geograficzne, 72(1): 23-52.

Wyżga B., 2001. Wpływ pogłębiania się koryt karpackich dopływów Wisły na zmiany warunków sedymentacji pozakorytowej. [w:] W. Chełmicki (red.), Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim. Cześć I.: Procesy, gospodarka, monitoring, Wyd. Instytutu Geografii UJ, Kraków, 83-104.

Wyżga B., Kaczka R.J., Zawiejska J., 2003. Gruby rumosz drzewny w ciekach górskich – formy występowania, warunki depozycji i znaczenie środowiskowe. Folia Geographica, Series Geographica –Physica, 33-34: 117-138.

Yang, C.T., 1972. Unit stream power and sediment transport. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 98(HY): 1805-1826.

Zabudowa potoków górskich. Wytyczne projektowania, 1975. Ministerstwo Rolnictwa, Departament Gospodarki Wodnej i Melioracji, Warszawa.

Żbikowski A., Żelazo J., 1993. Ochrona środowiska w budownictwie wodnym, materiały informacyjne. Agencja Wydawnicza „Falstaff", Warszawa.

21 SPIS PODSTAWOWYCH ROZPORZĄDZEŃ I USTAW ZWIĄZANYCH Z TEMATYKĄ „ZASAD...”

Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/EC z dnia 23 października 2000 r.

Ustawa Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 (Dz. U. 01.115.1229 z dnia 11 października 2001r) z późniejszymi zmianami.

Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o zmianie ustawy - Prawo wodne (Dz.U. 2003 nr 228 poz. 2259)

Ustawa z dnia 6 lipca 2001 o zachowaniu narodowego charakteru strategicznych zasobów naturalnych kraju (Dz.U. 2001 nr 97 poz. 1051 2003.07.15)

Ustawa z dnia 8 maja 2003 r. o zmianie ustawy o zachowaniu narodowego charakteru strategicznych zasobów naturalnych kraju (Dz.U. 2003 nr 113 poz. 1068)

Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U.2001. 62.627 z dnia 20 czerwca 2001 r.)

Ustawa o Ochronie Przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. Nr 92 z roku 2004, poz. 880)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 listopada 1999 w sprawie organizacji i zakresu działania RZGW (Dz. U. 99.101.1180 z dnia 17 grudnia 1999)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 kwietnia 2004 r. w sprawie zakresu i trybu opracowywania planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy oraz warunków korzystania z wód regionu wodnego (Dz.U. 2004 nr 126 poz 1318)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. 2004 nr 32 poz. 284)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych (Dz. u. 2002 nr 176 poz. 1455)

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 września 2002 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych kryteriów związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięć do sporządzania raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz.U. 2002 nr 179 poz. 1490)

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 14 lipca 1998 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać oceny oddziaływania na środowisko inwestycji nie zaliczonych do inwestycji szczególnie szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi albo mogących pogorszyć stan środowiska, obiektów oraz robót zmieniających stosunki wodne (Dz.U. 1998 nr 93 poz. 590)

Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 20 grudnia 1996 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 21, poz. 111 z 1997 r.)

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 września 2004 roku w sprawie warunków i trybu udzielania pomocy finansowej w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego „Rybołówstwo i przetwórstwo ryb 2004-2006". Dz.U. Nr 213, poz. 2163.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 września 2004 roku w sprawie gatunków dziko występujących zwierząt objętych ochroną. Dz.U. Nr 220, poz 2237.

22 GOOD-PRACTICE MANUAL OF SUSTAINABLE MAINTENANCE OF MOUNTAIN STREAMS AND RIVERS IN SOUTHERN POLAND

Summary

The 20th-century changes of streams and rivers in the Carpathian part of the upper Vistula River drainage basin resulted in a number of threats to water management and the ecological status of aquatic and riparian ecosystems. Deep channel incision occurred along most reaches of the watercourses, reducing floodplain retention and increasing flood hazard to downstream reaches. Construction of dams and weirs disrupted the continuity of the watercourses for fish. Transformation of former alluvial streambeds to bedrock ones in many sections of streams and rivers as well as lowering of the water table on valley floors have become major harms to riverine biota.

This manual presents a new approach to maintenance of mountain streams and rivers in southern Poland which aims at re-establishing the disturbed balance between transport capacity of the watercourses and the sediment supply from their catchments as well as at restoring their high environmental value. It provides a methodology of the qualitative appraisal of present hydro-morphological conditions in streams and rivers that, together with water quality in the watercourses, determine their suitability for biota. The appraisal also allows to assess the dynamic equilibrium conditions in a channel and the degree of flood protection for the valley floor. It forms the basis for informed decisions as to which sections of the watercourse should be left intact and which require engineering interventions.

For gravel-bed streams and rivers with channel gradient flatter than 5%, considered in the manual, a methodology of calculations is presented which enables: (i) determination of equilibrium conditions for natural channels, and (ii) establishing the need and the manner of re-dimensioning of regulated river channels. General information about the morphology of natural, meandering gravel-bed rivers is presented, followed by a requirement that the morphological variability typical of such natural watercourses shall be preserved also in regulated channels.

Various methods of restoring the disturbed equilibrium conditions in mountain watercourses are described and discussed in terms of their usefulness under different styles of valley floor management. For narrow streams in forested

corridors, it is suggested to allow spontaneous formation of wood dams from fallen trees. For wider watercourses flowing far from settlements and infrastructure, free channel migration within erodible river corridors should be allowed, with anti-erosion revetments located at the boundaries of the floodplain area. Where planform stability of the stream or river in an urbanized area must be preserved, construction of artificially elevated riffles made of layers of boulders is recommended to reduce the excessive flow capacity of the incised channel.

In valley sections where high flow capacity of river channels is to be maintained for flood protection, the use of environmentally sensitive methods, including construction of two-stage channels and by-pass channels, instead of previously used channel re-sectioning is strongly recommended.

Instructions are provided on the rules of quantity survey for the earthworks, which are not deleterious to rivers, as well as on the rules of construction of bank revetments in channels, which are relatively resistant to erosion while remaining in harmony with the valley landscape. The approach to rehabilitate riparian and river areas is presented, based on the creation of appropriate substrate and ensuring the growth of appropriate species.

Instructions are also provided for the design of fish passage facilities where continuity of the watercourses for fish was disrupted by weirs or dams. On the basis of their hydraulic design and function, such structures can be classified into: (i) close-to-nature facilities, including bottom ramp and slope, fish ramp and natural by-pass channel; and (ii) technical fish passes (pool fishway, vertical slot fishway, baffle fishway and mechanical fishway). Key features of fish passage facilities are considered, with the emphasis placed on location of the inlet to the structure which must be easily found by fish. Conditions for the use of spawning channels are also formulated, followed by instructions for their construction.

NOTATKI

NOTATKI

NOTATKI

NOTATKI

NOTATKI