

# **URZĄDZENIA MIGRACJI RYB**

**Podstawy przyrodnicze,  
kryteria projektowe  
i monitoring**

Kraków 2014

Redakcja i weryfikacja merytoryczna wydania polskiego  
Marek Jelonek

Tłumaczenie  
Ewa Milewska

Redakcja techniczna  
Marta Jaszczuk

Publikacja jest tłumaczeniem suplementu *Fishways: biological basis, design criteria and monitoring* do czasopisma „Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture. Bulletin Francais de la Peche et de la Protection des Milieu Aquatiques” 2002 No. 364. *Connaissance et gestion du patrimoine aquatique* (Wiedza i zarządzanie ekosystemami wodnymi).

Copyright © 2014 Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

ISBN xxxxxxxxxxxxxxxx

Publikacja współfinansowana przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko

Beneficjent Projektu:  
Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie

ul. Marszałka Józefa Piłsudskiego 22 • 31–109 Kraków  
tel. 12 62–84–106 • [www.krakow.rzgw.gov.pl](http://www.krakow.rzgw.gov.pl)  
Strona internetowa projektu: [www.losos.org.pl](http://www.losos.org.pl)

## DO CZYTELNIKÓW

Od wielu lat polityka wydawnicza „Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture” popiera rozpowszechnianie wysokiej jakości artykułów naukowych dotyczących dyscyplin, które mają ogromne znaczenie dla zrównoważonego zarządzania ekosystemami wodnymi.

Reakcje naszych czytelników zachęcają nas do publikowania zarówno artykułów dotyczących różnorodnych tematów, jak również wydawnictw poświęconym konkretnym zagadnieniom. Wydanie to jest tłumaczeniem wydania francuskiego z 1992 roku (326/327), dotyczącego udoskonalania urządzeń migracji ryb (w górę i w dół rzeki), zlokalizowanych przy przegrodach hydrotechnicznych, lecz różni się nieco od oryginału, zawiera bowiem ilustrowane załączniki do osobnego przeglądu. Przekład wydania francuskiego rozpoczęli parę lat wcześniej nasi koledzy z Environment Agency (Angielska Agencja ds. Środowiska, poprzednio Krajowy Urząd ds. Rzek). Doceniając znaczenie tej inicjatywy postanowiliśmy przyłączyć się do niej.

Upłynęło prawie 10 lat od publikacji wersji francuskiej. Komentarze otrzymane od czasu pierwszego edycji oraz postęp wiedzy i technologii na przestrzeni tych lat znalazły odzwierciedlenie w uaktualnieniach niektórych części niniejszego wydania. Jedne części są wiernym przekładem oryginału, inne fragmenty zostały nieznacznie zmienione, a jeszcze inne napisane od nowa (na przykład kwestie związane z migracjami ryb w dół rzeki), w następstwie podjętych prac badawczo-rozwojowych (w szczególności we Francji).

Wierzmy, że niniejsza publikacja, będąca jednocześnie poradnikiem technicznym dla menadżerów oraz uaktualnioną bazą wiedzy dla specjalistów, uświadomi również czytelnikom, jak ważne jest multidyscyplinarne podejście do projektowania urządzeń migracji ryb, oparte na doświadczeniach biologów, specjalistów ds. hydrotechnicznych oraz inżynierów, a także jak niezbędne jest dokonanie powykonawczej oceny funkcjonowania tych urządzeń, w celu poszerzenia posiadanej wiedzy.

Ochrona populacji ryb dwuśrodowiskowych, bardziej niż kiedykolwiek, wymaga otwartej dyskusji pomiędzy wszystkimi interesariuszami (w tym reprezentantami przemysłu, lokalnymi władzami, administracją rządową, naukowcami i użytkownikami rzek). Mamy nadzieję, że to specjalne wydanie biuletynu dostarczy konkretnych odpowiedzi, jak poprawić perspektywę zachowania zagrożonych gatunków ryb wędrownych.

Dziękujemy Agencji ds. Środowiska za sfinansowanie przekładu. Szczególne podziękowania należą się Gregowi Armstrong, Specjaliście ds. Przepławek dla Ryb, który poświęcił dużo czasu i wysiłku aby zapewnić odpowiednią jakość tłumaczenia angielskiego wydania.

Składamy wyrazy podziękowania dla FAO (Inland Water Resources and Aquaculture Service, Dział Wód Śródlądowych i Akwakultury), który w geście poparcia dla publikacji wsparł finansowo jej druk oraz dystrybucję.

Na końcu chcielibyśmy wyrazić naszą wdzięczność dla Cemagref (The Scientific and Technical Information Service – DICOVA, Naukowo-Techniczny Serwis Informacyjny oraz „Inland Aquatic Living Resources”, dział naukowy Żywych Zasobów Wód Śródlądowych) za wsparcie logistyczne i wkład merytoryczny w wydanie niniejszego poradni.

Eric VIGNEUX  
Michel LARINIER

## NOTE TO READERS

Over the years, the editorial policy of the *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* has fostered the dissemination of high-quality scientific papers covering most of the disciplines crucial to the sustainable management of freshwater ecosystems.

The reaction of our readers encouraged us to alternate between traditional issues covering a variety of subjects and issues addressing a particular topic. This document is somewhat different in that it is the translation of a French issue (326/327) published in 1992 on how to improve fish passage (upstream and downstream) at obstructions. The issue included clearly illustrated complementary papers which could be consulted separately. This translation was initiated a few years ago by our colleagues from the Environment Agency (formerly the National River Authority) and, recognising the worth of such an action, we wished to be part of it.

Nearly ten years have passed since the publication of the original French issue. The feedback received during this time and developments over these past few years made it indispensable to update certain parts of the document. While most of it is a straightforward translation of the original publication, some papers have been slightly modified and others completely rewritten (like the last one on problems linked to downstream migration) following the substantial research and development work undertaken (especially in France) during this time.

We trust that this work, intended both as a technical guide for managers and an updated knowledge base for specialists, will also make the reader aware of the importance of a multidisciplinary approach based on the experience of biologists, hydraulic engineers and civil engineers, and the need for post-construction evaluation to extend current knowledge.

More than ever before, the presentation of diadromous species of migrating fish requires open dialogue between all partners (industrial firms, regional authorities, administrations, scientists and users). We trust that this special issue will help provide concrete answers so as to improve the outlook for threatened species of migrating fish.

We would like to thank the Environment Agency which instigated this translation, and especially our colleague Greg AMSTRONG, Fish Passage Officer, who spent much time and effort ensuring its quality.

We are also grateful to the FAO (Inland Water Resources and Aquaculture Service), which expressed its interest in this work to the point of sponsoring this edition, thus contributing to its publication and circulation.

Finally, we would like to mention our gratitude to Cemagref (the Scientific and Technical Information Service -DICOVA- and the "Inland Aquatic Living Resources" scientific unit) for its logistical support and contributions to this new edition.

Erick VIGNEUX  
Michel LARINIER

## NOTE AUX LECTEURS

Au fil des ans la politique editoriale du BFPP s'est employee a la diffusion d'articles scientifiques de qualite couvrant l'essentiel des disciplines indispensables a la mise en oeuvre d'une gestion durable des ecosystemes aquatiques.

Les reactions de nos lecteurs nous ont encourage a promouvoir l'alternance de numeros classiques traitant simultanement de themes varies et de numeros composes autour d'un axe thematique majeur. Le present ouvrage est particulier en ce sens qu'il constitue la traduction en langue anglaise d'un numero (326/327) publie en 1992 en langue francaise concernant la problematique de la restauration de la libre circulation des poissons migrateurs au niveau des obstacles en riviere et compose d'articles complementaires presentant chacun une unite de structure abondamment illustree et consultables separement. Cette traduction a ete initiee il y a plusieurs annees par nos collegues de l'Environment Agency (anciennement National River Authority) et il a paru important de nous y associer.

Pres de dix ans se sont ecoules depuis la sortie du document original en langue francaise. Compte tenu du retour d'experience et de l'evolution de la technique au cours de ces dernieres annees, il a paru indispensable d'actualiser certaines parties du document. Ainsi, si pour l'essentiel cet ouvrage consiste en une traduction fidele du document original, certains articles ont ete tres legerement modifies, voire profondement remanies comme le dernier article relatif aux problemes lies a la migration de devalaison, dans lesquels un gros effort de recherche et developpement a ete consenti, en particulier en France, et qu'il aurait ete regrettable d'ignorer.

Nous esperons que ce travail, a la fois concu comme un guide technique a l'usage des gestionnaires et comme une base de connaissances actualisee a l'attention des specialistes, sensibilisera egalement le lecteur a l'importance d'une approche pluridisciplinaire integrant l'experience des biologistes, hydrauliciens, ingenieurs en genie civil, et a la necessite de poursuivre constamment le travail d'evaluation des ouvrages en place pour ameliorer les connaissances acquises.

Plus que jamais la preservation des populations de poissons migrateurs amphihalins suppose le dialogue entre les partenaires (industriels, collectivites regionales, administrations, scientifiques et usagers). Nous esperons que ce numero special apportera au debat des elements de reponses concrets permettant de reconstruire un avenir plus optimiste aux populations de poissons migrateurs menacees.

Nous tenons a remercier l'Environment Agency qui a ete a l'origine de cette traduction, et plus particuliere-ment notre collegue Greg AMSTRONG, qui n'a pas menage son temps pour en ameliorer la qualite.

La FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Service des ressources des eaux interieures et de l'aquaculture) nous a fait l'honneur de s'interesser a ces travaux et de parrainer cet ouvrage contribuant ainsi de facon determinante a son edition et a sa diffusion.

Nous remercions egalement le Cemagref (Service de l'Information Scientifique et Technique DICOVA et l'Unite Ressources Aquatiques Continentales) pour son soutien logistique et sa participation a la presente edition.

Eric VIGNEUX  
Michel LARINIER

## SŁOWO WSTĘPNE

Rybołówstwo śródlądowe od wieków stanowi ważne źródło pożywienia dla ludzkości. W celu zapewnienia zrównoważonej eksploatacji zasobów oraz bezpieczeństwa żywnościowego i źródła utrzymania, Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) od dawna zajmuje się problemami rybołówstwa śródlądowego, prowadząc szereg przedsięwzięć terenowych i wdrażając programy działania FAO. Jednym ze sposobów realizacji tych celów jest rozwój zrównoważonych praktyk rybackich, które są nie tylko istotne w zarządzaniu rybołówstwem w krajach rozwijających się, ale również w krajach zamożnych.

Rybołówstwo śródlądowe charakteryzuje się wieloma powiązaniem z innymi rodzajami użytkowania zasobów wodnych. W wielu częściach świata główny wpływ na rybołówstwo, w szczególności to śródlądowe mają nie tyle połowy, co czynniki zewnętrzne. W rezultacie, wiele aspektów ochrony zasobów i ich zrównoważonego stanu jest uzależnionych od różnorodnych interesów, które często mają nadrzędne znaczenie społeczne lub finansowe. Unikanie lub minimalizowanie negatywnego wpływu tych czynników jest więc w dużej mierze kwestią negocjacji i konsultacji z innymi interesariuszami. Rybołówstwo powinno być zarządzane w ramach ograniczeń narzuconych przez strefy zewnętrzne, a jednocześnie pomimo możliwości stosowania konwencjonalnych metod zarządzania rybołówstwem, wiele uwagi należy poświęcić łagodzeniu i kompensowaniu wpływu czynników zewnętrznych.

Daleko posunięta degradacja środowiska wodnego spowodowana działalnością człowieka obejmującą na przykład rekultywację terenów podmokłych na potrzeby rolnictwa, budownictwo, wywóz śmieci, pobór wody, jak również żeglugę i budowę pięter na rzekach w celach nawadniania lub produkcji energii doprowadziły do znacznych przekształceń siedlisk wód śródlądowych i miały negatywny wpływ na populację ryb. Zgodnie z Kodeksem Odpowiedzialnego Rybołówstwa oraz Wytycznymi Technicznymi Departamentu Rybołówstwa FAO, w ramach programu podstawowego promuje rozwój zrównoważonego rybołówstwa, między innymi poprzez działania mające na celu renaturyzację środowiska wodnego, zalecanego jako właściwe narzędzie zarządzania zasobami ryb i rybołówstwem w wodach śródlądowych.

Książka „Przeplawki dla ryb: podstawy przyrodnicze, kryteria projektowania i monitoring” jest kompilacją współczesnej wiedzy w zakresie projektowania i budowy urządzeń migracji ryb, jak również zawiera ocenę skuteczności ich funkcjonowania. Książka podkreśla potrzebę ujęcia biologicznych i behawioralnych cech danego gatunku i opisuje szczegółowo różne, dostępne rozwiązania techniczne umożliwiające udzielenie barier migracji ryb. Tym samym publikacja dostarcza wiedzy w zakresie środków łagodzących skutki działania tych barier. Książka jest od paru lat dostępna w wersji francuskiej, ale jej publikacja w języku angielskim pozwoli na dostęp szerszemu gronu czytelników do zawartych w niej ważnych informacji. Publikacja przygotowana przy wsparciu FAO pozwoli na szersze propagowanie opracowania i poszerzenia wiedzy w zakresie środków łagodzących skutki oddziaływania przegród, również w krajach rozwijających się, w których buduje się nadal wiele zapór rzecznych bez urządzeń migracji ryb.

Wielkie doświadczenie autorów w dziedzinie projektowania i oceny efektywności działania przepławek dla ryb, jak również profesjonalizm wykazany przy zbieraniu cennych informacji promujących zrównoważone praktyki zarządzania zyskały uznanie FAO. Jesteśmy przekonani, że książka zostanie pozytywnie odebrana na całym świecie. Dział Wód Śródlądowych i Akwakultury FAO (FIRI) dostarczył funduszy na publikację angielskiej wersji. Również Dział Publikacji i Multimediów FAO dziękuje za dobrą współpracę.

Jiansan JIA  
Kierownik Działu Wód Śródlądowych i Akwakultury FAO  
Wydział Zasobów Ryb, Departament Rybołówstwa FAO

## FOREWORD

Fisheries in inland waters have long provided an important source of food for mankind. With the objective to make the use of the resources sustainable and to improve food security and livelihoods, the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has been concerned for decades with inland fishery issues, both through a variety of field-based activities and through its Regular Programme. One way to achieve this objective is through the development of sustainable fisheries management practices which are not only important to manage fisheries in developing countries but are also of relevance for more affluent countries.

Inland fisheries, in general, are characterised by the high degree with which they are inter-related with other uses of the aquatic resource. In most areas of the world, the principal impacts on fisheries do not originate from the fishery itself but from outside the fishery; this is particularly true for inland fisheries. Consequently, most aspects of conservation and sustainability of the resource are under the control of a wide range of interests which are often perceived to be of superior social and financial importance for society. Avoiding or mitigating negative impacts is thus very much a question of negotiation and consultation with these other stakeholders. The fishery has to be managed within the constraints imposed by external sectors and, while there is space for conventional management of the fishery as such, much attention needs to be paid to techniques for mitigation or rehabilitation of external impacts.

Far reaching changes to the aquatic environment arising from human activities such as wetland reclamation for agriculture, urbanization, waste disposal, water extraction and transfer, as well as navigation and damming for irrigation and hydropower production have led to major modifications of inland water habitats with significant repercussions on fish stocks. In accordance with the Code of Conduct for Responsible Fisheries and the related relevant Technical Guidelines, FAO's Fisheries Department, through its Major Work Programme Activities, aims at promoting sustainable development of responsible fisheries by advocating inter alia the rehabilitation of the aquatic environment as a proper tool for management of inland waters for fish and fisheries.

This book “Fishways: Biological Basis, Design Criteria and Monitoring” is a compilation of modern knowledge of all aspects concerning the planning and construction of fishpasses as well as their monitoring for effectiveness. Emphasising the need to take into consideration biological and behavioural characteristics of the species, it describes in detail the engineering options that are available today to make obstacles passable. It thus helps to raise awareness with regard to the availability of mitigation measures. This book was already available in French for some years but translating it and publishing it in English will make the valuable information contained in it accessible for an even broader audience. By co-publishing it with FAO, the book gets a much wider distribution that is important to make known as widely as possible the availability of these mitigation measures. It will thus also more easily reach developing countries where dam constructions are still frequently undertaken and where there is a great need to incorporate mitigation measures into dam projects.

The extraordinary experience of the authors in the field of fishway design and evaluation and their professionalism in compiling the valuable information is much appreciated by FAO in its efforts to promote sustainable management practices. Being fully convinced of the positive impact this book will have on a global scale, the Inland Water Resources and Aquaculture Sen/ice (FIRI) has contributed funds for publishing the English version. The good cooperation of the Publishing and Multimedia Sen/ice of FAO is herewith thankfully acknowledged.

Jiansan JIA  
Chief, Inland Water Resources and Aquaculture Sen/ice (FIRI)  
Fishery Resources Division Fisheries Department. FAO

## PREFACE

La pêche en eau douce a de tous temps, été pratiquée comme activité de subsistance par l'homme. Avec pour objectifs de rendre durable l'utilisation de la ressource et d'améliorer la sécurité alimentaire et les sources de revenus. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) s'est intéressée depuis plusieurs dizaines d'années aux problèmes des pêches continentales, à la fois par diverses actions de terrain et dans le cadre de son Programme Régulier. L'un des moyens pour atteindre ces objectifs est le développement de pratiques de gestion durable des pêcheries qui sont primordiales non seulement dans les pays en voie de développement mais qui présentent aussi un intérêt certain dans les pays plus riches.

Les pêches continentales, en général, sont caractérisées par une forte interdépendance avec les usages de la ressource « eau ». Dans la plupart des régions du globe, le principal impact sur les pêches ne provient pas des pêches elles-mêmes mais de facteurs externes. C'est particulièrement le cas pour les pêches continentales. En conséquence, la plupart des aspects de la conservation et de la pérennité de la ressource est sous le contrôle d'intérêts très divers qui sont souvent perçus comme d'une importance sociale et financière plus importante pour la société. C'est la raison pour laquelle éviter ou atténuer les impacts négatifs est plus une question de négociation et de consultation avec les autres détenteurs d'intérêts. La pêche doit être gérée dans le cadre de contraintes imposées par des secteurs externes et, alors qu'il y a de la place pour une gestion conventionnelle de la pêche en tant que telle, une attention particulière doit être accordée aux techniques de mitigation ou de réhabilitation des impacts externes.

Les atteintes à l'environnement aquatique induites par les activités humaines telles que la mise en valeur des zones humides pour l'agriculture, l'urbanisation, l'évacuation des déchets, les prélèvements et les transferts d'eau, ainsi que la navigation et la construction de barrages pour l'irrigation ou la production d'électricité ont conduit à des modifications majeures des habitats aquatiques avec des repercussions significatives sur les stocks de poissons. En accord avec le Code de Conduite pour une Pêche Responsable et les Directives Techniques afférentes, le Département des Pêches de la FAO, à travers son programme d'activité, vise à la promotion d'un développement durable de pêches responsables, en préconisant notamment la réhabilitation de l'environnement aquatique en tant qu'outil approprié de gestion des eaux continentales pour le poisson et la pêche.

Cet ouvrage « Passes à poissons: bases biologiques, critères de dimensionnement et contrôle » est une synthèse de la connaissance moderne de tous les aspects concernant la conception et la construction des passes à poissons aussi bien que le contrôle de leur efficacité. En insistant sur la nécessité de prendre en compte les caractéristiques biologiques et comportementales des espèces. Il décrit en détail l'éventail des solutions disponibles aujourd'hui pour rendre les obstacles franchissables. Il constitue une aide précieuse dans la prise de conscience de l'existence de mesures de mitigation. Cet ouvrage était déjà disponible en langue française depuis plusieurs années mais sa traduction et sa publication en anglais va permettre de rendre accessible les informations à une plus large audience. Par sa co-publication avec la FAO, ce livre permet de diffuser plus largement le fait qu'il existe des mesures de mitigation. Il atteindra plus facilement les pays en voie de développement où la construction de barrages est encore fréquente et où il existe un besoin impérieux d'incorporer des mesures de mitigation dans les projets.

L'extraordinaire expérience des auteurs dans le domaine de la conception et du contrôle des passes à poissons ainsi que leur professionnalisme dans la compilation de la connaissance dans le domaine sont particulièrement appréciés par la FAO dans ses efforts à promouvoir des pratiques de gestion durable. Étant pleinement convaincu de l'impact positif de cet ouvrage, le Service des Ressources des Eaux Intérieures et de l'Aquaculture a contribué à la publication de la version anglaise. Le Service de Publication et Multimedia de la FAO doit être ici remercié pour sa bonne coopération.

Jiansan JIA  
Kierownik Działu Wód Śródlądowych i Akwakultury FAO  
Wydział Zasobów Ryb  
Departament Rybołówstwa FAO

## PRZEDMOWA

W rzekach Anglii i Walii istnieje wiele barier migracji ryb. Wiele z nich ma negatywny wpływ na ekologiczny dobrobyt lokalnych zasobów ryb, w szczególności gatunków ryb wędrownych o dużym znaczeniu ekonomicznym i turystycznym, takich jak łosoś i troć.

Stan populacji łososia pogorszył się znacznie w ostatnim dwudziestolecu z powodu wielu czynników. Niektóre z nich mają związek ze środowiskiem morskim i nie są w pełni zrozumiałe i kontrolowane. Niezbędne jest więc zapewnienie, że czynniki mające negatywny wpływ na fazę cyklu życia spędzaną w wodach fazę śródlądowych, które są lepiej zrozumiane i kontrolowane, zostaną usunięte w celu maksymalizacji liczby smoltów. Usunięcie barier migracyjnych lub konstrukcja przepławek umożliwiających migrację w górę i w dół rzeki mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia powyższego celu.

Usunięcie barier migracyjnych jest też ważnym elementem skutecznego systemu zarządzania zasobami ryb słodkowodnych, którym oprócz ryb łososiowatych, również należy umożliwić nieskrępowane wędrówki. Należy również zapewnić możliwość migracji rzadkim gatunkom ryb o dużym znaczeniu przyrodniczym, takim jak na przykład ałoza, w celu utrzymania ich zasobów dla przyszłych pokoleń. Faktem jest, że wszystkie gatunki ryb powinny mieć możliwość optymalnego wykorzystania siedlisk charakterystycznych dla różnych etapów ich cyklu życiowego, często oddalonych od siebie w czasie i przestrzeni.

W ostatnich 40 latach w Anglii i Walii podjęto ważne kroki w celu usunięcia głównego czynnika negatywnie wpływającego na stan zasobów ryb, tzn. złej jakości wody, będącej efektem rozwoju przemysłowego. Po usunięciu tego czynnika pozostał inny, odziedziczony z przeszłości powód ograniczający nieskrępowany dostęp ryb do wszystkich siedlisk w postaci zapór zbudowanych na potrzeby przemysłu.

Przepławki są ważnym sposobem na pokonanie negatywnych skutków przegradzania rzek. Agencja ds. Środowiska dziękuje za możliwość uczestniczenia w udostępnieniu źródła wiedzy i doświadczenia w zakresie przepławek szerszemu gronu odbiorców w wyniku współpracy z kolegami z Francji i przetłumaczeniu na język angielski publikacji po raz pierwszy wydanej w roku 1992 we Francji. Mamy nadzieję, że ta współpraca pomoże szerzej skorzystać z doświadczeń zdobytych w zakresie konstrukcji przepławek we Francji.

David CLARKE  
Dyrektor ds. rybołówstwa  
Agencja ds. Środowiska Anglii i Walii

## FOREWORD

There are a large number of obstructions to fish passage on rivers and watercourses in England & Wales. Many of these have a harmful effect on the ecological well-being of the native fish populations, and particularly on those of migratory species such as salmon and sea trout, which are of significant economic and recreational value.

Salmon populations have declined considerably in the last two decades probably as a result of many different factors. Some of these are linked to the marine environment and are not yet well understood, let alone within our control. It is therefore essential to ensure that constraints that lie in the freshwater phase of the fishes' life cycle - which are much better understood and also more often within our control - are removed so that smolt output is maximized. The removal or bypassing of obstructions, to both upstream and downstream migration, is a vitally important part of achieving this objective.

The removal and reduction of barriers to migration is also an important element of the successful management of coarse fish stocks, which also need to migrate freely, if not in such spectacular fashion as the salmonid species. In addition, we need to ensure the free passage of rare fish species of high conservation value, such as shad, to protect stocks for future generations. Indeed, it is a fact that all fish species benefit from the ability to exploit fully their optimum habitats, which for different parts of their life-cycle are nearly always separated in both time and space.

In England & Wales great strides have been taken in the last 40 years to remove the primary restraint on fish populations, poor water quality, which was the legacy of industrialization. Now that this constraint has been removed it is often the case that another legacy of the past, industrial weirs on watercourses, prevents the fish from exploiting the full potential range of habitat.

Fishways are an important means of redressing the detrimental effects of obstructions. The Environment Agency is therefore delighted to have been able to play a part in bringing an important contribution to our knowledge and experience of fish passes to a wider audience, by collaborating with our French colleagues to translate this journal, first published in 1992, into English. It is hoped that by doing so we will pave the way for the more recent experiences with fishways in France to be similarly made more widely available.

David CLARKE  
Head of Fisheries Environmental Agency,  
England & Wales

## PREFACE

Il existe un grand nombre d'obstacles à la migration des poissons sur les fleuves et rivières d'Angleterre et du Pays de Galles. Beaucoup ont un effet néfaste sur l'équilibre des populations de poissons, et plus particulièrement des espèces migratrices comme le saumon et la truite de mer, qui ont une valeur économique et patrimoniale importante.

Les populations de saumon ont décliné considérablement au cours des deux dernières décennies, la cause de ce déclin pouvant être attribuée à la conjonction de nombreux facteurs. Certains, relatifs à la phase de vie en mer, ne sont pas encore bien appréhendés et sont en dehors de notre contrôle. C'est pourquoi il est essentiel d'assurer que les contraintes relatives à la phase de vie en eau douce - qui sont beaucoup mieux connues et sur lesquelles il est possible d'agir - soient levées de façon à maximiser la production de smolts. La suppression ou le contournement des obstacles, que ce soit lors de la migration vers l'amont ou vers l'aval, est l'un des éléments essentiels permettant d'atteindre cet objectif.

La suppression et l'atténuation des obstacles à la migration est aussi un élément important pour une bonne gestion des stocks d'espèces de poissons de rivière, qui présentent également des exigences en terme de libre circulation, bien que moins spectaculaires que le saumon. De plus il est indispensable d'assurer la libre circulation des espèces rares d'une forte valeur patrimoniale, telle que l'aloise, de façon à protéger les stocks pour les générations futures. En fait, toutes les espèces bénéficient de leur capacité à exploiter pleinement leurs habitats essentiels, qui pour certaines phases de leur cycle de vie sont pratiquement toujours éloignés à la fois dans le temps et l'espace.

En Angleterre et au Pays de Galles, de grands progrès ont été effectués au cours des 40 dernières années pour supprimer le principal facteur pénalisant les populations piscicoles, à savoir la mauvaise qualité de l'eau, héritage de l'industrialisation. Maintenant que cette contrainte a été levée, il apparaît que l'autre héritage du passé que constituent les barrages industriels sur les cours d'eau empêche les poissons d'exploiter la totalité de leur habitat potentiel.

Les passes à poissons sont un moyen essentiel permettant d'atténuer les effets négatifs des obstacles. C'est pourquoi l'Agence de l'Environnement est heureuse d'avoir pu aider à élargir l'audience d'une contribution importante à notre connaissance et expérience des passes à poissons, en collaborant avec nos collègues français à la traduction en langue anglaise de cet ouvrage publié en 1992. On peut espérer ainsi faire connaître et rendre plus largement disponible les expériences les plus récentes effectuées en France dans le domaine des passes à poissons.

David CLARKE  
Dyrektor ds. rybołówstwa  
Agencja ds. Środowiska Anglii i Walii

## STRESZCZENIE

W publikacji autorzy przedstawiają podstawowe zasady projektowania urządzeń migracji ryb przy zaporach i przeszkodach. Na wstępie omówiono negatywne oddziaływanie fragmentacji koryt rzecznych na naturalne populacje ryb, których efektem jest spadek liczebności populacji lub nawet wyginięcie poszczególnych gatunków ryb. Przedstawiono przepisy prawne w zakresie przeszkód i urządzeń migracji ryb obowiązujące we Francji. Dalej opisano cechy techniczne i parametry konstrukcyjne różnych typów urządzeń migracji ryb, skupiając się na zaletach, ograniczeniach stosowania i kosztach wykonania każdego typu urządzenia, tj.: przepławek komorowych (pool type), przepławek deflektorowych (baffle fish passes), śluz i wind dla ryb, obejmujących bliskich naturze (natural bypass channels), kaskad gurtów (pre-barrages). Położono nacisk na znaczenie usytuowania urządzeń migracji ryb, warunki hydrauliczne oraz prąd wabiący na wejściu do przepławki od wody dolnej. Specjalną wzmiankę poświęcono urządzeniom migracji ryb dedykowanym dla alosy, młodych węgorzy i narybku (montee). Zaprezentowano różne metody oceny efektywności funkcjonowania urządzeń migracji ryb (pułapki, automatyczne liczniki, video monitoring, telemetria). Poruszono też kwestie migracji ryb przez przepusty, przegrody skalne oraz bariery występujące w przyujściowych odcinkach rzek. W ostatniej części publikacji przedstawiono problemy związane z migracjami ryb, w dół rzeki, przez przegrody wyposażone w elektrownie wodne i informacje o śmiertelności ryb w przelewach i turbinach hydroelektrowni oraz podano zasady minimalizacji tych oddziaływań przez montowanie ekranów ochronnych lub alternatywne metody behawioralne kierujące ryby poza obszar zagrożenia. Specjalną wzmiankę poświęcono kryteriom projektowym, zaletom i ograniczeniom popularnego we Francji sposobu rozwiązania kwestii migracji ryb w dół rzeki tj. połączeniu przelewu migracyjnego z typowym systemem usuwania zanieczyszczeń gromadzących się na ekranach (kratach) ochronnych wlotów wody do hydroelektrowni.

## SUMMARY

The authors outline in this paper the basic principles which can be used as a guide for planning fish passage facilities at dams or obstructions. The first part addresses the negative effect of barriers across rivers on natural fish population, contributing to the reduction of abundance and even the extinction of species. French statutory legislation on fish passage at obstructions is given. Functional features and design parameters are described for different types of fish facilities, focusing on the advantages, the limits and the cost of each type: pool type fish passes, baffle fish passes, fish locks, fish elevators, natural bypass channels, pre-barrages. Stress is laid on the importance of the location of the fishway, hydraulic conditions and the flow discharge at the entrance. Special mention is made of fish facilities for shad, young eels and elvers. Various monitoring techniques to evaluate fish passage efficiency are presented (trapping, automatic counters, video recording, telemetry). Fish passage through culverts, rock weirs and at estuarine obstruction are addressed. Downstream migration problems at hydroelectric power plants are discussed in the last part: evaluation of fish mortality in spillways and hydraulic turbines, design of fish screening and alternative behavioural diversionary techniques used to prevent entry of downstream migrants into intakes. Special mention is made of the most popular technology in France, i.e. surface downstream bypasses associated with conventional trash racks, focusing on their design criteria, advantages and limits.

## ROZDZIAŁ 1

### PRZEPLAWKI: PODSTAWY BIOLOGICZNE, ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE I ZAGADNIENIA PRAWNE

J.P. PORCHER<sup>1</sup>, F. TRAVADE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Conseil Supérieur de la Pêche, DR 2, 84 Rue de Rennes, 35510 CESSON SÉVIGNÉ – France.

<sup>2</sup> Electricité de France, Research and Development, 6 Quai Watier, 78401 CHATOU Cedex – France.

#### 1. RYBY WĘDROWNE; DEFINICJE

Populacje ryb są ściśle zależne od specyfiki siedlisk wodnych, w których bytują i które umożliwiają im realizację wszystkich biologicznych funkcji (rozmród, odżywianie, lokomocja itp.).

Te zależności są najbardziej widoczne w przypadku ryb wędrownych, które wymagają różnych rodzajów środowisk w poszczególnych etapach życia, takich jak odbycie tarła, odchów stadiów młodocianych, wzrost osobników dorosłych i dojrzewanie. Przemieszczanie się pomiędzy odmiennymi środowiskami jest niezbędne dla przetrwania tych gatunków.

Wyróżnia się dwie główne grupy wędrownych gatunków ryb.

- **Gatunki potamodromiczne** (jednośrodowiskowe), ryby których cały cykl życiowy odbywa się w wodach śródlądowych, a tarliska i żerowiska dzielą mniejsze lub większe odległości.

Wszystkie gatunki jednośrodowiskowe przemieszczają się w systemach rzecznych, a wędrówki mają istotne znaczenie dla spełnienia ich cykli życiowych. W przypadku szczupaka (*Esox Lucius*), pstrąga potokowego (*Salmo trutta fario*) oraz troci wędrownej (*Salmo trutta trutta*), strefy niezbędne dla realizacji kolejnych faz cyklu życiowego różnią się i często są znacznie oddalone od siebie. Warunki migracji ryb muszą być zapewnione w celu utrzymania silnych i zdrowych populacji, pozwalających przetrwanie gatunku. Potrzeby te są mniej wyraźne w przypadku takich gatunków jak ukleja lub płoć, ale ich realizacja jest niezbędnie potrzebna do utrzymania łączności między poszczególnymi populacjami i odcinkami rzek w celu uniknięcia izolacji rozrodowej.

- **Gatunki diadromiczne** (dwuśrodowiskowe), ryby których cykl życiowy jest odbywa się w dwóch różnych środowiskach, słodkowodnym i morskim, a miejsca rozrodu i miejsca żerowania dzielą często tysiące kilometrów.

U ryb diadromicznych, podczas wędrówek pomiędzy środowiskiem słodkowodnym i morskim, zachodzą zmiany morfologiczne i fizjologiczne, które sprawiają, że ich organizmy stają się wrażliwe. Proces ten, u młodocianych osobników wędrownych ryb łososiowatych nazywany jest smoltyfikacją i polega na adaptacji do życia w wodach słonych.

Gatunki diadromiczne dzielą się na odmienne dwie grupy.

- **Gatunki anadromiczne**, np. łosoś atlantycki (*Salmo salar*), aloza (*Alosa alosa*), minóg morski (*Petromyzon marinus*), jesiotr zachodni (*Acipenser sturio*), których rozmród ma miejsce w wodach śródlądowych, a okres szybkiego wzrostu i dojrzewania następuje w morzu. Dla odbycia tarła konieczne są powrotne migracje do wód śródlądowych. Gatunki anadromiczne są w stanie rozpoznać rodzimą rzekę i powrócić do niej na tarło, przy bardzo niskim wskaźniku błędów. Zjawisko powracania ryb do rzeki, w której przyszły na świat ("homing") zależy w dużej mierze od pamięci węchowej, pozwalającej na rozpoznanie rzeki. W ten sposób, każda rzeka posiada swoje rozpoznawalne i unikalne stado (subpopulację), które powinno podlegać osobnemu systemowi zarządzania.
- **Gatunki katadromiczne**, np. węgorz europejski (*Anguilla anguilla*), którego cykl życiowy przebiega odwrotnie niż u ryb anadromicznych. Migracja do wód słodkich pozwala na kolonizację rzeki w celach pokarmowych. W przypadku węgorza europejskiego całe stado tarłowe gromadzi się w Morzu Sargassowym i nie wyodrębnia się stad tarłowych dla poszczególnych zlewni rzek. Przyjmuje się, że dla europejskiego wybrzeża Atlantyku istnieje jedno wspólne stado tarłowe węgorza.

#### 2. BARIERY SWOBODNEJ MIGRACJI:

##### GŁÓWNA HISTORYCZNA PRZYCZYNA SPADKU POPULACJI RYB WĘDROWNYCH

Spadek geograficznego zasięgu występowania ryb wędrownych był obserwowany we Francji na przestrzeni ostatnich dwóch stuleci, lecz od niedawna uległ znacznemu przyspieszeniu.

Spadek liczebności ryb wędrownych dotyczy w szczególności gatunków diadromicznych. W większości przypadków, głównym powodem spadku liczebności są bariery migracji uniemożliwiające swobodne wędrówki ryb. Po dziś dzień, bariery migracji mają większy negatywny wpływ na populacje ryb wędrownych niż zanieczyszczenie wód, czy też nadmierne połowy. Bariery te były przyczyną wyginięcia całych populacji (np. łososa w Renie, Sekwanie i Garonnie itp.) lub ograniczenia zasięgu występowania pewnych gatunków do bardzo ograniczonych odcinków rzek (np. łososa w Loarze, czy alozy w Garonnie i Rodanie).

Dopiero od niedawna (od lat 70-tych XX wieku), dzięki specjalistycznym udoskonaleniom technologicznym urzędów migracji ryb udało się odwrócić tendencje spadkowe i można było rozważyć przywrócenie rybnym wędrownym dostępu do ich historycznych siedlisk. Ta wiedza pozwoliła na opracowanie programów odbudowy populacji ryb wędrownych.

#### 3. WYMAGANIA RYB W ZAKRESIE SWOBODNEJ MIGRACJI

##### 3.1 Wymagania migracyjne są różne dla różnych gatunków ryb

Tabela I przedstawia biologiczną charakterystykę najważniejszych gatunków ryb dwuśrodowiskowych. Strefy reprodukcji dla gatunków anadromicznych są rozmieszczone w różnych odcinkach systemów rzecznych: w górnych i środkowych biegach rzek dla ryb łososiowatych, a w środkowych i dolnych biegach rzek dla alozy i minogów. Węgorz ma tendencję do kolonizowania całych dorzeczy.

Zlewnie rzek uchodzących do Oceanu Atlantyckiego są więc domem dla wędrownych gatunków ryb w różnych stadiach życiowych.



Tabela I: Charakterystyka cyklu życiowego najważniejszych gatunków ryb wędrownych.

Węgorz	Charakterystyka cyklu życia		Troć <i>Salmo trutta</i>	Aloza <i>Alosa alosa fallax</i>	Minogi <i>Petromyzon marinus</i> <i>Lampetra fluviatilis</i>	Jesiotr <i>Acipenser sturio</i>
	miejsca reprodukcji	lokalizacja tarlisk				
Morze Sargassowe		lokalizacja tarlisk	górny i środkowy bieg rzek	środkowy i dolny bieg rzek	środkowy i dolny bieg rzek	środkowy i dolny bieg rzek
marzec - lipiec	okres trwania rozrodu	charakterystyka tarlisk	żwirowe dno w strefie nurtu	kamieniste dno w strefie nurtu, ikra pelagiczna	podłoże żwirowe	głębokie kamieniste ryyny w strefie nurtu
?	okres inkubacji	okres trwania rozrodu	listopad - styczeń	maj - lipiec	<i>P. marinus</i> : marzec - czerwiec, $1^{\circ}>8-10^{\circ}$ , <i>L. fluviatilis</i> : $1^{\circ}>15^{\circ}$	marzec - czerwiec
przypuszczalnie 1 rok	okres inkubacji	okres inkubacji	wylęg + resorpcja ok. 3 miesiące	wylęg: 7 dni w temp. $18^{\circ}\text{C}$ , 4 dni w temp. $22^{\circ}\text{C}$	wylęg: <i>P. marinus</i> 10-13 dni w temp. $18,5^{\circ}\text{C}$	wylęg: 3 dni w temp. $19^{\circ}\text{C}$ , 7 dni w temp. $14^{\circ}\text{C}$
wiele faz w okresie letnim	okres migracji w morzu	okres życia w wodach słodkich	1-2 lata	3-6 miesięcy	osobniki w stadium larwalnym: ok. 4-5 lat	ok. 6 miesięcy + wiele miesięcy w ujściach rzek
3-10 lat	okres kolonizacji wód słodkich	okres migracji młodocianych ryb do morza (w dół rzeki)	marzec - czerwiec	lato i jesień: okres spędzony w ujściach rzek	<i>P. marinus</i> : październik - luty, <i>L. fluviatilis</i> : październik - kwiecień	zima
5-12 lat	okres życia w wodach słodkich	okres życia w morzu	1-3 lata	3 - 5 lat	<i>P. marinus</i> : 20-31 miesięcy; <i>L. fluviatilis</i> : 17-29 miesięcy	długość życia > 60 lat, niedojrzałe osobniki wracają do ujścia rzek
jesień i zima (szczyt podczas zwiększonych przepływów)	min. wiek osiągnięcia dojrzałości	min. wiek osiągnięcia dojrzałości	ok. 3 lat	samce: 3 lata, samice 4 lata	6-7 lat	ok. 10 lat
nie	okres migracji tarłowej (dół rzeki)	okres migracji tarłowej (w górę rzeki)	różny w różnych populacjach migracje powrotne mogą trwać nawet cały rok	marzec - lipiec	<i>P. marinus</i> : grudzień-maj, <i>L. fluviatilis</i> : październik - kwiecień	marzec - czerwiec
	wielokrotne tarło	wielokrotne tarło	bardzo często	<i>A. alosa</i> : rzadko, <i>A. fallax</i> b. często	nie	tak
<b>Gatunki katadromiczne</b>	<b>Gatunki anadromiczne</b>					

Odbudowa i zachowanie populacji ryb wędrownych jest możliwe tylko przy zachowaniu dostępu do wszystkich niezbędnych siedlisk. Strategie zarządzania powinny uwzględniać charakterystykę i lokalizację wszelkich barier migracyjnych w zlewni oraz wymagania występujących tam gatunków:

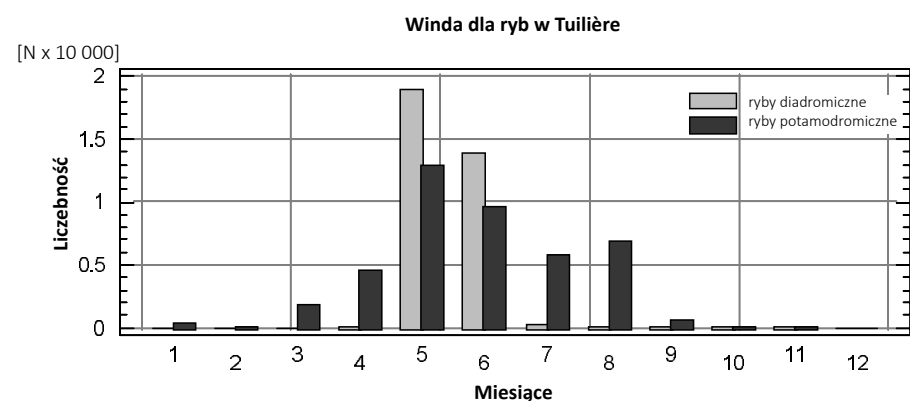
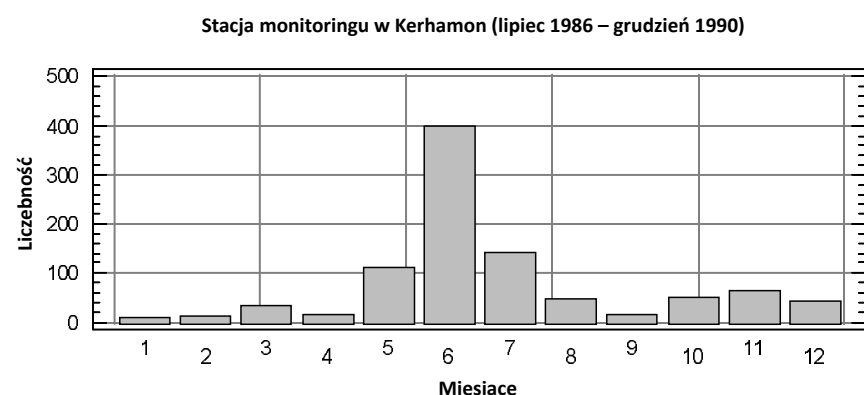
- W odcinkach rzeki **poniżej stref rozrodu** (w przypadku łososa i troci) należy zapewnić **stałą możliwość swobodnej migracji** przez wszystkie przegrody. Wszystkie przegrody bez wyjątku muszą być drożne, a powodowane przez nie opóźnienia w migracji ryb ograniczone do minimum.
- Jeżeli przegrody znajdują się **w obrębie tarlisk lub stref wzrostu stadiów młodocianych**, budowa przepławek przy tych przegrodach skutkuje natychmiastowym zwiększeniem produkcji narybku daleko w dół rzeki. Zależność tę zaobserwowano u węgorza i ałoży. W przypadku obu tych gatunków należy również dążyć do minimalizacji opóźnienia przy pokonywaniu przegród, ponieważ okres aktywnych wędrówek tych gatunków jest ograniczony w czasie, a dodatkowo u ałoży wstępuje tuż przed tarłem.
- W przypadku potamodromicznych gatunków ryb, które mają bardziej ograniczone wymagania migracyjne niż ryby diadromiczne, należy zapewnić możliwość wędrówek w górę i w dół rzeki, ale liczba ryb pokonujących barierę ma mniejsze znaczenie. Szczególną uwagę należy zwrócić na hydrauliczne parametry przepływu wody, przy czym dopuszczalny jest słabszy prąd wabiący w przypadku przeznaczenia przepławki tylko dla tych gatunków.

### 3.2 Swobodne wędrówki są warunkiem istnienia populacji ryb

Nakładające się okresy migracji wielu gatunków ryb występujących w większych rzekach powodują konieczność zapewnienia im stałej swobodnej migracji przez bariery. Wykres 1 przedstawia wyniki miesięcznego liczenia ryb przechodzących przez przepławkę w Bergerac w rzece Dordogne. Wiosenny szczyt (kwiecień – czerwiec) odpowiada migracjom tarłowym diadromicznej ałoży oraz wędrówkom ryb potadromicznych. Poza okresem wiosennym cały czas występują wędrówki ryb, przy czym dla pewnych gatunków koncentrują się w określonych porach (na przykład szczyt nasilenia migracji łososa i troci występuje pod koniec roku, w okresie październik – grudzień). Warto pokreślić, że konstrukcja przepławki w Bergerac nie pozwala na monitoring migracji minogów i węgorzy, które zapewne zwiększyłyby ogólną liczbę ryb zarejestrowanych w okresie wiosennym i letnim.

Na podstawie ostatnich kilku lat można przyjąć, że wędrówki łososa występują przez cały rok i zależą od warunków hydroklimatycznych sprzyjających migracji. Wykres 2 przedstawia średnie miesięczne liczby łososa zarejestrowanych w stacji monitoringu migracji ryb Kerhamon (rzeka Elorn, Francja). Wyraźny szczyt występujący w maju, czerwcu i lipcu odpowiada pojawieniu się grilse (młody łosoś, który spędza krótki czas w morzu, charakterystyczny dla rzek Masywu Armorykańskiego). Jednakże, aktywność migracyjna łososa utrzymuje się przez okrągły rok, mimo pewnych wahań intensywności.

Pomimo szerokiego spektrum gatunków ryb, ich nasilone wędrówki pojawiają się w podobnych okresach czasu, co pozwala na czasowe wyłączanie urządzenia/urządzeń migracji ryb. Takie sytuacje mogą mieć miejsce w górnych odcinkach zlewni, do których nie docierają ryby wędrowe poza okresem wędrówek rozrodczych i tarła ryb łososiowatych. Jednak niezależnie od powodu czasowego wyłączenia przepławki, swobodna migracja musi zostać przywrócona przed dotarciem ryb do przegrody. Próby pokonania bariery bez przepławki (lub przez źle funkcjonującą przepławkę) mogą zakończyć się zranieniem lub śmiercią wędrujących ryb. Obserwacje młodych węgorzy, których wędrówka została zatrzymana poniżej przegrody wskazują również na znaczną śmiertelność spowodowaną przez drapieżniki.

**Wykres 1. Liczba ryb korzystających z windy dla ryb przy zaporze Tuilière na rzece Dordogne****Wykres 2. Liczba ryb przechodzących przez stację monitoringu w Kerhamon na rzece Elorn**

### 3.3 Swobodne wędrówki nie mają wieczystej gwarancji

Udrożnienie barier migracyjnych dla ryb nie rozwiązuje problemu swobodnej migracji. Każde urządzenie musi podlegać regularnej konserwacji oraz okresowej ocenie skuteczności działania, ponieważ wszelkie zmiany w środowisku wodnym mogą wpłynąć na jego funkcjonowanie:

- Zmiany poziomu wody powyżej lub poniżej przegrody wynikające z prac prowadzonych w korycie lub niestabilności dna rzeki,
- Modyfikacje urządzeń hydraulicznych w bezpośrednim sąsiedztwie urządzenia migracji ryb (modyfikacje wyposażenia, instalacja lub demontaż turbin, nowe procedury funkcjonowania).

**Awaria tylko jednej przepławki na szlaku migracji** może podważyć wszelkie wysiłki mające na celu odbudowę lub zachowanie populacji ryb.

Rzeka w której przywrócono swobodną migrację ryb instalując urządzenie/urządzenia migracji ryb wymaga więc szczegółowego i **stałego monitoringu**. Odcinek rzeki z przepławką nie może być uważany za całkowicie naturalny i musi być aktywnie zarządzany oraz utrzymywany.

## 4. PRZYWRÓCENIE SWOBODNEJ MIGRACJI: METODY, WYZWANIA, OGRANICZENIA

### 4.1 Projektowanie przepławek wymaga łącznej wiedzy z zakresu biologii i hydrologii.

Biologiczne wymagania ryb wędrownych stanowią podstawę projektowania urządzeń migracji ryb. Określenie „przepławka” kryje w sobie wiele rodzajów różnych urządzeń. Tak naprawdę powinno się operować wieloma nazwami, np. przepławka: dla ryb łososiowatych, dla ałoży, dla ryb karpiniowatych lub dla węgorzy. Zrozumienie możliwości ryb wędrownych w kwestiach szybkości pływania i umiejętności odbywania skoków, jak również ich zachowań w obliczu napotkanej bariery umożliwiło określenie kryteriów projektowych i rozmiarów przepławek dla poszczególnych gatunków ryb. Przyszli specjaliści od projektowania przepławek nie powinni ignorować tych kryteriów. W fazie projektowania należy również wziąć pod uwagę wszelkie informacje dotyczące miejsca budowy. Należy również wykorzystać wiedzę z zakresu hydrologii i hydrotechniki celem zapewnienia dobrej pracy urządzenia w zakresie przepływów występujących w trakcie okresów migracji ryb.

### 4.2 Zbudowanie przepławek nigdy nie rekompensuje całkowicie szkód wyrządzonych populacjom ryb wędrownych

Dostępność wiedzy dotyczącej przywrócenia swobodnej migracji ryb nie oznacza, że liczba zapór i innych obiektów hydrotechnicznych może rosnąć bez ograniczeń. Po pierwsze, niektóre szkody spowodowane rosnącą liczbą barier w danej rzece są nieodwracalne, na przykład zatopienie tarlisk lub miejsc odchowu stadiów młodocianych, zmiany w charakterystyce fizykochemicznej wody lub modyfikacje naturalnego reżimu hydrologicznego. Po drugie, nawet najlepiej zaprojektowane i najbardziej atrakcyjne dla ryb przepławki zawsze opóźniają proces migracji, a skumulowany efekt wszystkich barier w korycie rzeki może szybko osiągnąć wielkość opóźnienia nie dającą szans na zachowanie populacji ryb wędrownych. Ten aspekt ma fundamentalne znaczenie w przypadku gatunków o krótkim okresie tarła (ałoża), jak również w przypadku migracji w dół rzeki, którym może towarzyszyć wysoka śmiertelność ryb w turbinach lub na przelewach.

### 4.3 Swobodna migracja ryb to tylko jeden aspekt zarządzania populacjami ryb wędrownych

Swobodna migracja jest czynnikiem niezbędnym do zachowania lub odbudowy populacji ryb wędrownych. Kiedyś w przeszłości ten czynnik był głównym powodem spadku liczebności lub wyginięcia niektórych gatunków, obecnie stał się tylko jednym z wielu czynników, które należy brać pod uwagę przy zarządzaniu zasobami ryb wędrownych.

Stan populacji ryb wędrownych zależy od wielu czynników, z których niektóre pojawiły się niedawno:

- Pogorszenie jakości wody oraz modyfikacje naturalnych przepływów rzek,
- Pojawienie i rozprzestrzenianie się chorób oraz pasożytów, które mają wpływ na populacje ryb wędrownych,
- Zmiany jakości siedlisk, powodowane fizycznymi ingerencjami w koryta rzek (wydobycie osadów dennych, roboty przeciwpowodziowe), lub w pobliżu środowiska lądowe (osuszanie mokradła, izolacja terenów zalewowych) lub w obszarze zlewni,
- Rozwój nowych łowisk (np. na żerowiskach łososia) lub zwiększenie nakładów połowowych.

Strategia w zakresie zarządzania zasobami ryb wędrownych może powstać jedynie po dokładnej analizie powyżej przedstawionych czynników. Musi uwzględniać wszystkie problemy jednocześnie tak, aby zapobiec zniweczeniu efektów działań przez przeoczenie któregoś z nich.

#### 4.4 Wartość biologiczna, ekonomiczna oraz analiza kosztów przepławek dla ryb

Udrożnienie barier migracyjnych służy następującym celom:

- Minimalizacji wpływu barier na cykl życia ryb wędrownych, w celu zachowania lub wzrostu liczebności pogłowia;
- W niewielkiej liczbie przypadków powiększeniu powierzchni łowisk, pod warunkiem, że poziom eksploatacji pozwala na zachowanie zasobów.

W absolutnie każdym przypadku, należy ocenić możliwe korzyści i porównać je kosztem budowy przepławki. Takie podejście pozwala na:

- Analizę kosztów i korzyści przedsięwzięcia, które zależą od lokalizacji budowli hydrotechnicznej w obszarze rozmieszczenia gatunku. Urządzenie migracji ryb przy przeszkodzie poniżej miejsc rozrodu ryb wędrownych jest absolutnie niezbędne, jeśli nie ma miejsc rozrodu tych samych gatunków np. w dolnym biegu rzeki. W tym przypadku, najpierw należy ocenić czy budowa przepławki jest niezbędna dla zapewnienia swobodnej migracji stada tarłowego powyżej bariery, w sytuacji kiedy obszary produkcji stadiów młodocianych położone w dolnym biegu rzeki nie są w pełni wykorzystane. Następnie trzeba przeanalizować efektywność funkcjonowania miejsc rozrodu i produkcji stadiów młodocianych, powyżej planowanej do udrożnienia bariery, pod kątem śmiertelności narybku w trakcie migracji w dół rzeki:
- Ustalenie priorytetów działań w harmonogramie realizacji, jeżeli w zlewni jest wiele przegród wymagających wyposażenia w urządzenia migracji ryb.
- Dokonanie wyboru pomiędzy wieloma wariantami udrożnienia bariery, oceniając urządzenia migracji ryb pod względem korzyści środowiskowych i określonych kosztów realizacji.

Główne kryteria, które należy wziąć pod uwagę, są następujące:

- Potencjał rozrodczy i powierzchnia tarłisk oraz potencjał produkcyjny stadiów młodocianych powyżej zaplanowanej do udrożnienia bariery.
- W stosownych przypadkach, dostępność i poziom intensywności produkcji stref położonych poniżej bariery.
- Wymagania w zakresie migracji ryb i narybku w dół rzeki oraz możliwość zagwarantowania bezpiecznego pokonania bariery podczas migracji w dół rzeki (przewidywana śmiertelność).
- Koszt urządzeń migracji ryb zapewniających możliwość swobodnych wędrówek w górę i w dół rzeki.
- Dostępność i koszt alternatywnych rozwiązań kompensacyjnych (hodowla i zarybianie, usuwanie przestarzałych budowli w celu odtworzenia miejsc tarła i wzrostu stadiów młodocianych itp.).

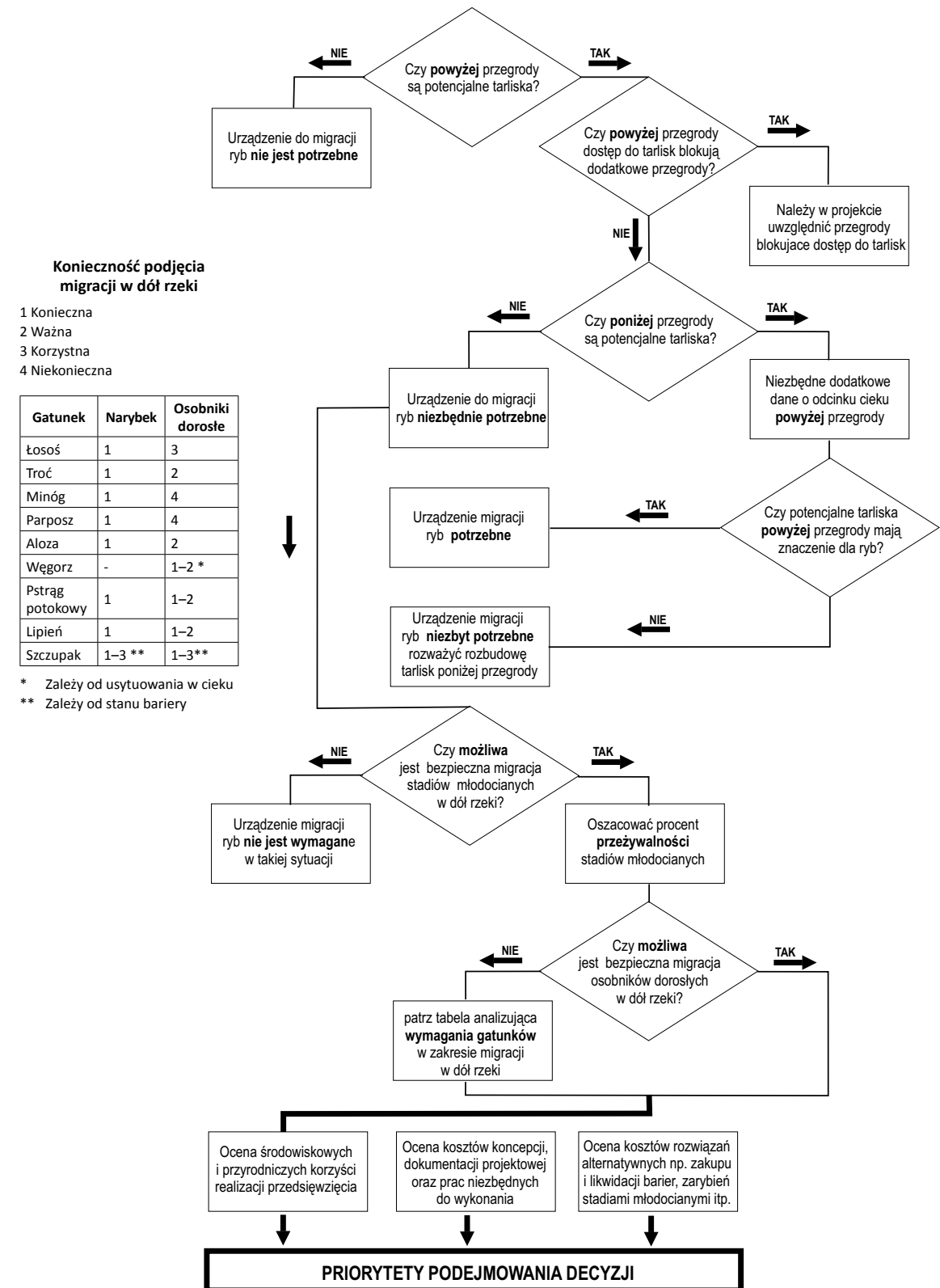
Proces decyzyjny oceny zasadności budowy przepławki dla anadromicznych gatunków ryb przedstawiono na wykresie 3.

Dla niektórych gatunków ryb (łososia i w mniejszym stopniu troci) dostępne są inne metody pozwalające na wielokryterialną ocenę zasadności budowy przepławek i podejmowanie racjonalnych decyzji:

- Szacunkowa ocena możliwości produkcyjnych w oparciu o ilościowo/jakościowy opis potencjalnych siedlisk ryb (tarłisk, miejsc odchowu stadiów młodocianych),
- Ocena bieżącego stanu populacji poprzez liczenie migrujących ryb, liczenie gniazd łososia i troci na tarłiskach, elektropłowy lub inne badania młodocianych stadiów ryb).
- Ocena problemów związanych z migracją w dół rzeki oraz szacowanie śmiertelności ryb przy przechodzeniu przez turbiny lub przelewy.
- Oszacowanie kosztów różnych innych urządzeń umożliwiających swobodną migrację (w dół lub w górę rzeki) lub alternatywnych rozwiązań kompensacyjnych.

Z drugiej strony, poziom wiedzy na temat pozostałych gatunków (np. aloy, minogów) jest znacznie mniej zaawansowany i nie wystarczający do podejmowania zadawalających długofalowych decyzji.

Wykres 3. Ocena potrzeby budowy przepławek w celu zapewnienia swobodnej migracji dla ryb potamodromicznych i diadromicznych



## 5. PRZEPISY USTAWOWE

### 5.1 Streszczenie

Artykuły od L.432–5 do L.432–8 Kodeksu Środowiska (poniżej) określają zarówno obowiązki posiadaczy pozwoleń wodnoprawnych w zakresie zapewnienia swobodnej migracji dla ryb wędrownych, jak również kary za ich naruszenie.

Na mocy przepisów posiadacze pozwoleń wodnoprawnych dla elektrowni wodnych są zobligowani do zapewnienia:

- Ciągłości bytowania populacji, możliwości migracji i rozrodu dla ryb na odcinku rzeki płynącym obok lub przez budowle hydroenergetyczne. Przepisy dotyczą gatunków “które zamieszkują środowisko wodne w momencie budowy tych urządzeń.”
- Włączenia urządzeń migracji ryb zlokalizowanych w dowolnej rzece do infrastruktury elektrowni wodnych, jako część tej infrastruktury, zgodnie z ustawodawstwem krajowym, dla gatunków ryb wyznaczonych na mocy rozporządzenia.

Ostateczny termin dostosowania istniejących elektrowni wodnych, po wyznaczeniu oraz opublikowaniu wykazu rzek i listy wędrownych gatunków ryb, wynosi 5 lat.

Minimalny przepływ jaki powinien zostać zachowany w rzekach i potokach jest określony przez prawo, a utrzymanie właściwego przepływu jest obowiązkowe.

Zmiany dokonane przez hydroelektrownie w celu uzyskania właściwego, minimalnego przepływu wody lub realizacja środków wymaganych przez przepisy prawa nie mogą stać się podstawą do żądania rekompensat.

Należy również określić tryb zastosowania powyższych przepisów, w tym w szczególności:

- Elektrownie wodne nie posiadające aktualnych pozwoleń wodnoprawnych, jak również takie, których pozwolenia są w trakcie odnawiania lub uzyskiwania, klasyfikowane są jako nowe inwestycje i muszą spełniać warunki określone przez prawo.
- Odpowiednie władze mogą określić potrzebę wykonania przepławek dla ryb, niezbędnych dla zapewnienia swobodnej migracji ryb w obrębie nowych inwestycji, również na rzekach nie objętych w wykazem, zgodnie z artykułem L.432–6 Kodeksu Środowiska.

### 5.2 Teksty przepisów

#### **KODEKS ŚRODOWISKA (ENVIRONMENT CODE)**

##### *SEKCJA III:*

##### *RYBACTWO ŚRÓDLĄDOWE ORAZ ZARZĄDZANIE ZASOBAMI RYB (FRESHWATER FISHING AND MANAGEMENT OF FISHERY RESOURCES)*

##### *ROZDZIAŁ II: Zachowanie środowiska wodnego oraz ochrona narodowych zasobów ryb (Preservation of aquatic environments and protection of the national fishery heritage)*

##### *Sekcja III:*

##### *Zobowiązania odnoszące się do urządzeń wodnych: (dawniej Część II. Część 3 Kodeksu Rolnego)*

#### **Artykuł L.432–5 (dawniej artykuł L.232–5 Kodeksu Rolnego)**

Każdy projekt hydroelektrowni musi zawierać urządzenia gwarantujące minimalny, wymagany przepływ w rzece, niezbędny dla zachowania życia, zapewnienia swobodnej migracji oraz rozrodu gatunków ryb zamieszkujących środowisko wodne w momencie rozpoczęcia budowy elektrowni. W razie potrzeby należy również wykonać zabezpieczenia uniemożliwiające dostęp rybam do kanału wlotowego i wylotowego elektrowni.

Minimalny przepływ powinien wynosić **nie mniej niż jedną dziesiątą** średniorocznego dziennego przepływu z wielolecia w przekroju elektrowni wodnej (obliczonego na podstawie danych z co najmniej 5 kolejnych lat), ale nie mniej niż wynosi przepływ w rzece powyżej elektrowni, jeżeli ten ostatni jest mniejszy.

W przypadku rzek lub ich odcinków, dla których średnioroczny dzienny przepływ z wielolecia jest większy niż 80 m<sup>3</sup>/s, Rada Państwa może zdecydować o wyznaczeniu, dla każdego z odcinków stałego minimalnego przepływu wynoszącego nie mniej niż jedną dwudziestą średniorocznego dziennego przepływu z wielolecia.

Użytkownik hydroelektrowni zobowiązuje się do eksploatacji elektrowni w taki sposób, aby utrzymać minimalny przepływ, określony w dwóch paragrafach powyżej.

Przepisy przedstawione powyżej dotyczą wszystkich elektrowni wodnych powstałych po 30 czerwca 1984 roku i obejmują progresywne obniżanie różnicy pomiędzy wielkością przepływu określoną w licencji lub pozwoleniu na użytkowanie a jedną dziesiątą średniorocznego dziennego przepływu.

Minimalny przepływ musi zostać zwiększony w okresie 3 lat, z datą wejścia ustaloną na 30 czerwca 1984 roku, aby osiągnąć jedną czwartą wartości przepływów określonych w 2 i 3 akapicie tego artykułu, chyba że projekt urządzenia nie dopuszcza takiego technicznego rozwiązania. Rząd powinien przedstawić parlamentowi ocenę wdrożenia niniejszych przepisów po upływie 5 lat.

Zapisy tej ustawy wchodzą w życie bezpośrednio i w całości w momencie przedłużania pozwolenia wodnoprawnego dla elektrowni.

Zastosowanie tych przepisów nie może stanowić podstawy do uzyskania rekompensaty.

Zapisy tego artykułu nie mają zastosowania do urządzeń umieszczonych na rzekach Ren i Rodan z uwagi na międzynarodowy charakter tych dwóch rzek.

#### **Artykuł L 432–6 (dawniej artykuł L.232–6 Kodeksu Rolnego)**

Wszystkie elektrownie wodne usytuowana na rzekach, kanałach lub ich częściach wyszczególnionych na wykazie ujętym w niniejszej ustawie, w okresie 6 miesięcy od wysłania wezwania przez właściwe władze muszą zostać wyposażone w urządzenia zapewniające migrację ryb wędrownych. Użytkownik hydroelektrowni jest zobowiązany do zapewnienia konserwacji i właściwego działania tych urządzeń.

Istniejące elektrownie wodne muszą zostać dostosowane do obowiązujących przepisów niniejszego artykułu w okresie pięciu lat od publikacji listy gatunków ryb wędrownych w poszczególnych zlewniach lub częściach zlewni, sporządzonej przez

ministra odpowiedzialnego za rybactwo śródlądowe oraz, w stosownych przypadkach, przez ministra gospodarki morskiej, bez prawa do rekompensaty.

**Artykuł L.432–7 dawniej artykuł L.232–7 Kodeksu Rolnego)**

Klasyfikacja rzek lub ich części oraz kanałów wykonana na potrzeby przepisów dotyczących przepławek przed 10 stycznia 1986 pozostaje w mocy zgodnie z pierwszym akapitem artykułu L.232–6.

**Artykuł L.432–8 (dawniej artykuł L.232–8 Kodeksu Rolnego)**

Naruszenie postanowień artykułów L.432–5 i L.432–6 podlega karze grzywny w wysokości 1.000–80.000 franków. Jeżeli osoba zostanie skazana na mocy tego artykułu, sąd może zdecydować, że niepodjęcie działań podanych w wyżej wymienionych artykułach w określonym terminie skutkować będzie opłatą grzywny zgodnie z artykułem L.438.7.

## 5. SKUTECZNOŚĆ URZĄDZEŃ MIGRACJI RYB

Ustawowy obowiązek zapewnienia swobodnej migracji ryb powoduje konieczność określenia pojęcia skuteczności funkcjonowania tych urządzeń, w chwili obecnej słabo zdefiniowanego. Czy skuteczność przepławki dla określonego gatunku ryb ma być wyrażona możliwością przejścia jednego osobnika, zdefiniowanej części populacji, czy całej populacji bytującej poniżej bariery? Czy należy brać pod uwagę czas przechodzenia populacji przez przepławkę (opóźnienie w migracji)?

Definicja pojęcia nie jest łatwa, ponieważ pojęcie efektywności wiąże się z wymogami biologicznymi (lub poziomem potrzeb) ryb korzystających z przepławki. Skuteczność zależy więc od gatunków ryb, liczby barier oraz ich lokalizacji na szlaku migracji.

Przepławki mają umożliwiać przemieszczanie się całych populacji łososi lub troci wędrownych na tarliska z miejsc znajdujących się poniżej barier. Jeżeli w rzece istnieje wiele barier, celem zlokalizowanych przy nich przepławek jest maksymalne ograniczenie czasu potrzebnego rybnom na ich pokonanie, co pozwala na osiągnięcie tarlisk w odpowiedniej porze. Z drugiej strony, jeżeli przepławka znajduje się w górnym odcinku rzeki, w obrębie tarliska, jej skuteczność ma mniejsze znaczenie.

W przypadku ałozy, która charakteryzuje się bardzo krótkim okresem migracji, skuteczne funkcjonowanie przepławek powinno również oznaczać skrócenie do minimum opóźnienia w migracji.

Dla ryb karpiowatych, których głównym celem biologicznym jest unikanie izolacji między populacjami w różnych odcinkach rzeki, nie jest konieczne zapewnienie przejścia przez przepławkę do górnego biegu rzeki, dla całej populacji. Przepławka jest uważana za skuteczną, jeśli przepływa przez nią „pewna liczba” osobników (w rozsądnej proporcji do ogółu populacji).

Efektywność przepławek zależy także od liczby barier w zlewni. W rzece, w której występują trzy bariery migracyjne, instalowanie przepławek o 60% skuteczności zapewni przejście co piątej rybce. Jeżeli w rzece jest 30 barier, przepławki powinny mieć skuteczność rzędu 95% dla uzyskania podobnego wyniku.

Te same zasady obowiązują przy ocenie skuteczności przepławek, których celem jest zmniejszenie śmiertelności ryb młodocianych podczas przejścia przez turbiny lub przelewy. Jeżeli przy-

miemy, dopuszczalny z biologicznego punktu widzenia, odsetek śmiertelności na każdej barierze, przepławka zapewniająca migrację w dół rzeki powinna być tym bardziej skuteczna, im większa jest potencjalna śmiertelność przy przejściu przez turbiny. Na przykład, jeśli przyjmiemy średnią śmiertelność ryb przy pokonywaniu każdej elektrowni wodnej na poziomie 10%, a śmiertelność dla elektrowni A wyniesie 20%, to przepławka dla migracji ryb w dół rzeki powinna mieć skuteczność 50%. Jeżeli prześledzimy ten przykład dla elektrowni B, w której śmiertelność tuż przy przejściu wynosi 60%, to zainstalowana przy niej przepławka powinna mieć skuteczność rzędu 83%.

Generalnie, w celu ograniczenia szkód przy przyjętej maksymalnej śmiertelności w całej zlewni, wymagana skuteczność przepławek umożliwiających przejście w dół rzeki powinna zwiększać się proporcjonalnie do liczby barier.

Ogólnie rzecz biorąc, potencjalny wpływ przepławek na populację ryb wędrownych jest tym większy i bardziej krytyczny, im niżej w biegu rzeki usytuowana jest przepławka. Szczególną uwagę należy więc poświęcić skuteczności przepławek usytuowanych w dolnych biegach rzek, zarówno w przypadku wędrówek ryb w dół, jak i w górę rzeki.

Podsumowując, planowany poziom efektywności danego urządzenia powinien być określony w odniesieniu do celów biologicznych, opartych na badaniach naukowe i nie powinien być uważany za ostateczny. Należy go ustalić w oparciu o lokalizację przepławki w danej zlewni, ich efektywność w odniesieniu do migracji w dół i w górę rzeki oraz wpływ innych barier na migrację ryb. Cele określone dla danej zlewni zostaną osiągnięte tylko w przypadku zintegrowanych działań podejmowanych zarówno przez użytkowników elektrowni wodnych, jak i instytucje odpowiedzialne za zarządzanie zasobami ryb.

## ROZDZIAŁ 2

### URZĄDZENIA MIGRACJI RYB – ZAŁOŻENIA OGÓLNE

M. LARINIER

CSP-CEMAGREF, GHAAPPE – Institut de Mécanique des Fluides, Avenue du Professeur Camille Soula, 31400 TOULOUSE – France.

#### 1. ZASADY FUNKCJONOWANIA

Urządzenia służące migracji ryb w górę rzeki, powinny **przywabić ryby** do wybranego punktu w korycie rzeki poniżej przegrody, a następnie nakłonić je lub niekiedy zmusić do przejścia powyżej przegrody. Można to osiągnąć zarówno przez umożliwienie samodzielnego pokonania urządzenia (tj. przepławki dla ryb w ścisłym tego słowa znaczeniu) lub przez zwabienie ryb do pułapki w formie klatki z basenem i przemieszczenie ich do części rzeki powyżej bariery (np. windą dla ryb lub samochodem wyposażonym w baseny).

Aby uznać przepławkę za efektywnie działającą, ryby powinny łatwo odnaleźć jej wejście (od dolnej wody) i pokonać ją **bez nadmiernego opóźnienia w migracji, stresu lub urazów**, które mogą przekreślić sukces migracji w górę rzeki.

Projekt przepławki powinien brać pod uwagę pewne aspekty behawioru gatunków wędrownych zwłaszcza, że efektywność działania przepławki jest ściśle powiązana z prędkością przepływów oraz układem prądów (reżimem przepływów) wody w urządzeniu.

Prędkość przepływu wody w urządzeniach migracji ryb musi odpowiadać zdolnościom pływackim występujących gatunków ryb oraz umożliwiać przejście wszystkim osobnikom, a nie tylko tym najsilniejszym.

Niektóre gatunki ryb są szczególnie wrażliwe na reżim i zmienne parametry przepływów, takie jak zbyt duża różnica poziomów wody między poszczególnymi basenami, nadmierna aeracja lub turbulencja, występowanie dużych wirów oraz zastoisk (martwych stref). Wszystkie te czynniki mogą stanowić bariery migracji ryb.

Oprócz czynników hydraulicznych, ryby reagują na inne czynniki środowiskowe (poziom rozpuszczonego tlenu, temperatura, hałas, zapach itp.), które mogą mieć wpływ odstraszący. W szczególności efekt odpychający może wystąpić w przypadku, kiedy jakość wody w płynącej w przepławce jest inna niż jakość wody przelewającej się przez budowlę (niski poziom tlenu, różna temperatura itp.).

Ryby mają również wymagania lub preferencje związane z natężeniem światła. Inne natężenia światła na wejściu i wewnątrz urządzeń migracji ryb, różniące się znacznie od warunków panujących poniżej budowli (zbyt duża redukcja oświetlenia na wejściu, niedostateczne oświetlenie w przepławce lub odwrotnie, nocne oświetlenie w przypadku gatunków unikających światła), mogą wpływać niekorzystnie na migrację ryb.

Wpływ większości z tych parametrów na zachowanie ryb wędrownych jest niestety, w chwili obecnej, niewystarczająco udokumentowany, a dostępne informacje pochodzą zazwyczaj z lo-

kalnych obserwacji. To dlatego nie jest łatwo opracować kryteria projektowania urządzeń migracji ryb dla inżynierów.

#### 2. RÓŻNE TYPY URZĄDZEŃ MIGRACJI RYB

Bez wątplenia najczęściej stosowanymi urządzeniami migracji ryb są **przepławki komorowe**. Składają się z serii schodkowo ułożonych komór, łączących dolne stanowisko budowli hydrotechnicznej z korytem rzeki powyżej tej budowli. W ścianach działowych między komorami znajdują się przelewy górne, przesmyki dolne lub pionowe szczeliny, które pozwalają utrzymać poziomy wody w poszczególnych komorach oraz właściwy przepływ wody w przepławkach. Komory mają podwójną funkcję, z jednej strony zapewniają rozproszenie (dysypację) **energii wody przepływającej przez urządzenie**, a z drugiej strony stanowią **miejsca odpoczynku** dla wędrujących ryb. Różnice poziomów wody między dwoma kolejnymi komorami zależą od wymagań gatunków ryb, dla których przeznaczona jest przepławka. Spadki jednostkowe przepławek komorowych są różne, najczęściej wahają się pomiędzy 10% a 15%.

Przepławki deflektorowe „**Denila**” (nazwane tak od nazwiska twórcy) składają się z szeregu deflektorów, o różnym stopniu komplikacji, umiejscowionych na dnie lub na dnie i po bokach stromo nachylonego kanału przepławki (spadek do 20%). Deflektory wytwarzają spiralne prądy rozpraszające energię i redukujące prędkość płynącej wody, którą muszą pokonać wędrujące w górę rzeki ryby. Przepływ wody w tego typu przepławkach jest burzliwy (intensywna aeracja) i charakteryzuje się silniejszymi turbulencjami niż w przepławkach komorowych.

Urządzenie migracji w formie **śluzy dla ryb** (śluz „Borlanda”) działają na podobnej zasadzie jak śluzy żeglugowe: ryby wabione są do komory śluzy, a następnie przemieszczane w górę rzeki podobnie jak statki.

Inne stosowane urządzenia migracji ryb mają formę pułapek, w których schwytane ryby są transportowane w górę rzeki, albo mechanicznie z wykorzystaniem zbiorników i wind, albo przy pomocy transportu samochodowego.

**Bliskie naturze obejścia dla ryb** lub oboczne kanały migracyjne składające się z wykopanego kanału, pomiędzy górnym i dolnym stanowiskiem budowli, umieszczonego na jednym z brzegów rzeki. Kanał ten ukształtowany jest naturalnymi lub sztucznymi elementami zwiększającymi szorstkość dna, takimi jak kamienne progi, bloki skalne i osady rzeczne (aluwia), które upodabniają go do naturalnego potoku. Nachylenie budowli nie powinno przekraczać kilku procent, co powoduje zwiększenie długości tego typu urządzeń i ograniczenie ich stosowania w przypadku braku odpowiedniej powierzchni zabudowy. Z drugiej strony, takie obejścia zazwyczaj bardzo dobrze harmonizują z krajobrazem dolin rzecznych.

Istnieje wiele innych, mniej eleganckich i prostszych sposobów na ułatwienie migracji ryb, zasadniczo ograniczonych do barier przeciętnej wysokości. Jednym z nich jest kaskada gurtów (pre-barrage) poniżej przegrody, składająca się z jednego lub wielu progów, które tworzą serię dużych basenów dzielących wysokość przegrody. Pre-barrages mogą być konstruowane na istotnej części lub nawet na całej szerokości rzeki poniżej bariery. Inne sposoby, takie jak wycięcie zwykłego przelewu w koronie, w przypadku pionowego gurtu niecki wypadowej albo ułożenie ukośnej belki w przypadku pochyłego ubezpieczenia dna poniżej progów, mogą być wystarczające aby przywrócić możliwość migracji ryb.

Innym rozwiązaniem, zarówno skutecznym jak i radykalnym, jest usunięcie bariery. Jest to możliwe w przypadku starego jazu piętrzącego wodę dla nieużywanego młyna. Takie rozwiąza-

nie daje możliwość odtworzenia zasięgów migracji i naturalnych warunków środowiskowych z okresu przed spiętrzeniem rzeki, przez przywrócenie możliwości naturalnego tarła i odchowu ryb młodocianych.

### 3. KRYTERIA WYBORU URZĄDZEŃ MIGRACJI RYB

Poza rozwiązaniem zakładającym likwidację przegród, nie istnieje żadne „cudowne” urządzenie migracji ryb, które będzie skuteczniejsze niż wszystkie inne. Doświadczenia pokazują, że przepławki komorowe, przepławki Denila, windy dla ryb i bliskie naturze obejścia mogą okazać się tak samo skuteczne albo nieskuteczne.

Kusząca jest idea opracowania wykazu różnych przegród i ich klasyfikacja według rozmaitych cech, na przykład wysokości, po to aby zaproponować urządzenie migracji ryb odpowiednie dla każdej z tych przegród, zależnie od składu gatunkowego zespołu ryb wędrownych. Jednakże różnorodność ograniczeń i czynników, które należy wziąć pod uwagę przy wyborze (behawior gatunków kluczowych, hydrologia, hydraulika, topografia terenu itp.) sprawiają, że każdy przypadek jest wyjątkowy. Dotychczasowe doświadczenia wykazały, że sztywna klasyfikacja może powodować albo poważne błędy, albo generować ogromne koszty.

Poniżej przedstawiono kryteria, które mogą pomóc w wyborze najodpowiedniejszego typu urządzenia migracji ryb w każdych warunkach lokalizacyjnych.

1. Jeżeli urządzenie ma służyć wędrownym gatunkom ryb (łosoś, troć wędrowna, aloza, gatunki rzeczne itp.), generalnie najlepszym rozwiązaniem jest **przepławka komorowa lub bliskie naturze obejście dla ryb**, ponieważ są mniej selektywne niż przepławki deflektorowe. Przepławkę taką należy zaprojektować pod kątem potrzeb najbardziej wymagającego gatunku (pod względem spadku między basenami, prędkości i turbulencji wody oraz aeracji).

Przepławki komorowe z przelewami górnymi oraz z przesmykami dolnymi lub bez, są interesujące ponieważ można je dopasować do różnych sytuacji. Przepływ wody, w takich przepławkach, waha się od kilkudziesięciu litrów do kilku metrów sześciennych na sekundę. Mogą one niwelować wahania poziomu wody górnej bez potrzeby instalowania sekcji sterujących regulujących ten poziom (automatycznych śluz, zatopionych otworów przesmykowych itp.), tak długo jak przelewy górne zachowują dostateczną głębokość.

Przepławki szczelinowe (vertical slot) są szczególnie zalecane w miejscach, gdzie występują znaczne wahania poziomów wody górnej i/lub dolnej. Jednakże w przypadku dużych ryb wędrownych jak łosoś, zastosowanie minimalnych zalecanych szerokości szczelin wiąże się ze znacznym przepływem wody, powyżej 0,75 m<sup>3</sup>/s.

Ogólnie rzecz biorąc przepławki komorowe z podwodnymi przesmykami są mało interesujące, za wyjątkiem wykorzystania w sekcjach sterujących, które służą do regulacji poziomu wody w przepławkach przy znacznych wahaniami stanu wody górnej. Wadą tego typu przepławk jest zatrzymywanie spływających zanieczyszczeń (jak drewno, butelki, plastiki itp.), które zbierają się w komorach, bez możliwości wypłynięcia.

W rzekach, które transportują znaczne ilości osadów dennych, zbyt głębokie komory przepławk mogą gromadzić gruboziarniste osady i nie powinny być stosowane. Połączenia pomiędzy komorami (pionowe szczeliny lub przesmyki) powinny być jak najbliżej dna dla ułatwienia usuwania osadów.

Gatunki z rodzaju *Alosa* mają szczególne wymagania dotyczące konstrukcji przepławk komorowych. Są bardziej wrażliwe na układ prądów wody w komorach niż łososiowate i wymagają specjalnych warunków i zabezpieczeń dla skutecznego pokonywania przepławk. Dobre rezultaty osiągnięto w Stanach Zjednoczonych dla alozy amerykańskiej (*Alosa sapidissima*) oraz we Francji dla alozy (*Alosa alosa*) przy zachowaniu następujących reguł: niskiej turbulencji w komorach, szerokich przelewów lub pionowych szczelin (>0,45 m) przylegających do bocznych ścian komór oraz właściwego dobrania przepływów tak, aby między komorami nie powstawały przelewy niezatopione (plunging flow) i nie pojawiały się wsteczne prądy wirowe. Przepławki szczelinowe wyposażone w jedną lub dwie szczeliny wyglądają na skuteczne, pomimo przypadków wycofywania się ryb z kanału przepławki, co może być związane z behawiorem tych gatunków.

2. **Przepławki deflektorowe** (baffle fishways) działają dosyć selektywnie i są skuteczne jedynie w przypadku gatunków, które potrafią pływać szybko i posiadają niezbędną wytrzymałość (łosoś, troć, minóg oraz brzana itd.). Ten rodzaj przepławk nie nadaje się dla małych ryb, poniżej 30 cm długości.

Podczas monitoringu aloz w różnych rodzajach przepławk deflektorowych zaobserwowano, że gatunki te nie radzą sobie ze spiralnymi prądami, charakterystycznymi dla tego typu przepławk. Niechęć aloz do korzystania z przepławk deflektorowych, może także wynikać z powodu aeracji i turbulencji przepływu.

Przepławki deflektorowe są szczególnie zalecane dla małych rzek, w których dostępny przepływ wody dla urządzeń migracji ryb wynosi nie więcej niż kilkaset litrów na sekundę i starych jazów lub niskich tam młyńskich o pochylonym ubezpieczeniu dna wypadu poniżej przegrody, gdzie mogą zostać łatwo zainstalowane.

Ten rodzaj przepławk jest ogólnie mniej odpowiedni w przypadku wysokich barier. Konieczność zastosowania komór spoczynkowych (co około dwa metry różnicy wysokości) zwiększa długość urządzenia i sprawia, że dogodniejszym rozwiązaniem staje się przepławka komorowa.

Niektóre rodzaje przepławk deflektorowych (przepławka z wysokim deflektorem dennym ustawionym w jodełkę tzw. chevron floor baffle) mogą być wykorzystywane do spływu kajaków, pod warunkiem zachowania odpowiedniej szerokości (minimum 1,40 m).

Przepławki deflektorowe nie powinny być stosowane w rzekach niosących duże ilości gruboziarnistych osadów, takich jak gruby żwir lub otoczaki, które mogą osadzać się pomiędzy deflektorami, obniżając ich skuteczność lub uniemożliwiając ich działanie. Z drugiej strony, spiralne prądy, powstające w tego typu przepławkach mogą wypłukiwać muł, piasek i drobny żwir.

3. W przypadku wysokich zapór, winda dla ryb lub śluza Borlanda są łatwiejsze i tańsze do wykonania aniżeli tradycyjne przepławki. Główną wadą śluz dla ryb jest ich przerywana praca. Stąd windy dla ryb, których technologia we Francji rozwinęła się w ostatnich latach, są lepszym rozwiązaniem. Jednakże, śluzy dla ryb mogą być stosowane w przypadku zapór o umiarkowanym spadzie, jeśli konstrukcja zapory wyklucza budowę tradycyjnej przepławki.

Skuteczność windy jest ściśle powiązana z czystością ekranów kierujących ryby do komory windy, których otwory muszą być dostatecznie małe, aby uniemożliwić przechodzenie ryb. Stosowanie ekranów kierujących jest problematyczne w przypadku małych gatunków ryb wymagających użycia przegród o bardzo małych otworach, które są bardzo trudne w utrzymaniu.

Relatywnie skomplikowane funkcjonowanie tych dwóch typów przepławk (zastosowanie wielu zautomatyzowanych, ruchomych części, jak wrota, komory i ekrany kierujące) może powo-

dować częste awarie lub czasowe, długotrwałe nieskuteczne działanie. Koszty ich utrzymania są również wyższe niż w przypadku tradycyjnych przepławek. Z tego powodu „statyczne” (bez ruchomych części), tradycyjne urządzenia migracji ryb są rozwiązaniami preferowanymi we Francji. Mimo, że droższe z techniczno-budowlanego punktu widzenia, są łatwiejsze w utrzymaniu i bardziej niezawodne.

#### 4. GŁÓWNE PRZYCZYNY WADLIWEGO DZIAŁANIA URZĄDZEŃ MIGRACJI RYB

Podczas analizy przyczyn słabej skuteczności urządzeń migracji ryb często powtarzają się następujące czynniki.

- **Problemy ze znalezieniem wejścia** do urządzeń, wynikające z niekorzystnej lokalizacji przepławki lub niewystarczającego wabiącego przepływu wody przy wejściu do urządzenia w stosunku do przepływu w rzece.
- **Błędy projektowe** urządzeń, efekt nie uwzględnienia wahań poziomu wody górnej i dolnej w okresach migracji ryb, które mogą powodować zbyt małe lub zbyt duże przepływy wody w przepławce albo nadmiernie zwiększać spad pomiędzy poziomem wody na wejściu do urządzenia a poziomem wody dolnej. Błędy te mogą być spowodowane słabym rozpoznaniem zakresu wahań wody górnej i/lub dolnej na etapie projektowania lub zmianą tych poziomów w okresie późniejszym (np. na skutek zmian w funkcjonowaniu zapory, erozji dna rzeki poniżej przegrody itp.).
- **Błędne wymiary** urządzeń: komory o zbyt małej objętości powodujące nadmierną turbulencję i aerację wody, zbyt duży spad między komorami, niedostateczna głębokość komór dla ryb lub charakterystyka przepływu wody w komorach nieodpowiednia dla kluczowych gatunków ryb.
- **Częste zatykanie się lub niedrożność** urządzeń migracji ryb wynikająca z niewystarczającego zabezpieczenia przed niesionymi przez wodę zanieczyszczeniami, złej lokalizacji sprzyjającej zbieraniu się zanieczyszczeń lub po prostu z niedostatecznego utrzymania lub konserwacji urządzenia. Niedrożność spowodowana nagromadzeniem zanieczyszczeń może ograniczać przepływ wody (np. przez blokowanie przesmyków lub szczelin, zatykanie ekranów kierujących lub systemów dodatkowej wody wabiącej itp.) i utrudniać rybom pokonywanie przepławki. Szczególnie wrażliwe na zanieczyszczenia są przepławki deflektorowe oraz przepławki komorowe z dolnymi otworami przesmykowymi. Nawet częściowe utrudnienia migracji (nie powodujące istotnego zakłócenia przepływu) mogą uniemożliwić rybom przejście przez przepławkę.
- **Źle funkcjonujące elementy urządzeń migracji ryb** regulujące przepływ wody lub spad pomiędzy komorami (automatyczne zasuwki itd.) lub zapewniające funkcjonowanie wind lub śluz dla ryb (automatyczne wrota śluz, podnośniki basenów, ruchome systemy/ekrany kierujące itp.).

Czynniki zewnętrzne bezpośrednio niezwiązane z urządzeniami migracji ryb również mogą mieć wpływ na ich skuteczność. Najczęstszym powodem jest utrata funkcjonalności tych urządzeń w wyniku skorygowania/zmiany systemu działania wrót lub pracy turbin lub, ogólnie rzecz biorąc, zmiany parametrów przepływu i rozdziału wody poniżej bariery. Zmiany te, które z oczywistych powodów nie zostały uwzględnione na etapie projektowania, mogą powodować istotne zaburzenia warunków hydraulicznych przy wejściu do przepławki [od wody dolnej – red.] lub zwabić i okresowo zatrzymać ryby w strefie stosunkowo odległej od tego wejścia.

Doświadczenie zdobyte we Francji dowodzą, że najczęstsze powody złego funkcjonowania urządzeń migracji ryb to ich wadliwa obsługa i utrzymanie oraz problemy ze znalezieniem wejścia [zła lokalizacja i zbyt słaby prąd wabiący – red.].



## ROZDZIAŁ 3

**CZYNNIKI BIOLOGICZNE, KTÓRE NALEŻY UWZGLĘDNIĄĆ  
PRZY PROJEKTOWANIU URZĄDZEŃ MIGRACJI RYB  
W GÓRĘ RZEKI**

M. LARINIER

---

CSP-CEMAGREF, GHAAPPE – Institut de Mécanique des Fluides, Avenue du Professeur Camille Soula, 31400 TOULOUSE – France.

**1. UMIEJĘTNOŚCI PŁYWACKIE RYB, PREDKOŚĆ WODY  
W URZĄDZENIACH MIGRACJI RYB****1.1 Poziomy aktywności pływackiej ryb**

W zależności od rodzajów wykorzystywanych mięśni można wyróżnić kilka poziomów aktywności pływackiej ryb odpowiadających różnym typom mięśni (BLAXTER, 1969; BELL, 1986; WEBB, 1975).

- **Prędkość ekonomiczna** [*cruising activity* – red.] może być utrzymywana godzinami, dzięki aktywności mięśni aerobowych („czerwonych”), bez powodowania jakichkolwiek znacznych zmian fizjologicznych w organizmach ryb.
- **Prędkość maksymalna/zrywu** [*burst activity* – red.] dotyczy nie trwającej zbyt długo maksymalnej aktywności organizmu wymaganej podczas intensywnego wysiłku (od kilku do kilkudziesięciu sekund, w zależności od długości ryby oraz temperatury wody). Ten poziom aktywności związany jest zarówno z ekstremalnym przyspieszeniem ruchu ryb („rzutem do przodu”, „nagłym zrywem”) jak i skokiem, tzn. szybką ale krótkotrwałą aktywnością. Praktycznie cała siła mięśni pochodzi z beztlenowych mechanizmów energetycznych zachodzących w mięśniach anaerobowych („białych”), podczas których ulegający rozkładowi mięśniowy glikogen tworzy kwas mlekowy. Choć reakcje anaerobowe dają mięśniom ryb znaczną, bardzo szybko generowaną siłę, to mogą wyprodukować limitowaną ilość energii ze względu na ograniczone rezerwy glikogenu w mięśniach oraz rosnące w trakcie tego procesu stężenie kwasu mlekowego, który powyżej pewnego poziomu hamuje skurcze mięśni.
- **Prędkość użyteczna** [*sustained activity* – red.] może być utrzymywana przez kilka minut, ale powoduje zmęczenie ryb. Ten rodzaj aktywności pływackiej wykorzystuje mechanizmy aerobowe i anaerobowe w zmiennych proporcjach, im większy wysiłek, tym większe zapotrzebowanie na mechanizmy anaerobowe.

**1.2 Prędkość pływania i wytrzymałość ryb**

Jednym z głównych czynników, które należy brać pod uwagę podczas projektowania urządzeń migracji są umiejętności pływackie wędrownych gatunków ryb korzystających z tych urządzeń, wyrażone prędkością pływania oraz wytrzymałością, tzn. czasem, podczas którego ryby mogą utrzymać określoną prędkość pływania.

Źródłem napędu większości gatunków ryb są falowanie ciała i uderzenia płetwy ogonowej (szczególnie podczas pokonywania przeszkód).

Eksperymenty wykazały, że odległość **A** przebyta przez ryby podczas każdego falowego ruchu ciała może wynosić od 0,6 do 0,8 ich długości **L** (WARDLE, 1975). Stąd prędkość pływania może być wyrażona przy pomocy następującego wzoru:

$$V = A f$$

Gdzie **f** oznacza częstotliwość falowania ciała i płetwy ogonowej (liczba ruchów ciała na sekundę).

Maksymalna prędkość pływania jest więc funkcją maksymalnej częstotliwości uderzeń płetwy ogonowej. Częstotliwość ta jest ograniczona przez minimalny czas **t** pomiędzy dwoma skurczami mięśni przykręgowych, które zapewniają rybom napęd. Zdaniem WARDLE (1975), można tę zależność wyrazić przy pomocy poniższego wzoru, w którym średnia, oszacowana wartość **A** wynosi 0,7:

$$V = 0,7 L / 2t$$

Eksperymentalnie wykazano (WARDLE, 1975), że czas pomiędzy dwoma skurczami mięśni jest krótszy u małych ryb. Skurcze „białych” mięśni anaerobowych są bardzo wrażliwe na temperaturę, a minimalny czas pomiędzy dwoma skurczami spada wraz ze wzrostem temperatury.

Oznacza to, że maksymalna prędkość pływania zależy w szczególności od **długości osobnika** i **temperatury wody**.

Wytrzymałość ryb zależy od poziomu glikogenu odłożonego w mięśniach. Rezerwa ta jest uruchamiana natychmiast po przekroczeniu przez rybę prędkości ekonomicznej, a wskaźnik wyczerpania jest funkcją prędkości pływania ryby oraz temperatury. Wytrzymałość zależy również od długości ryby, jej morfologii (stosunek długości do ciężaru ciała, procent masy mięśniowej) oraz temperatury wody.

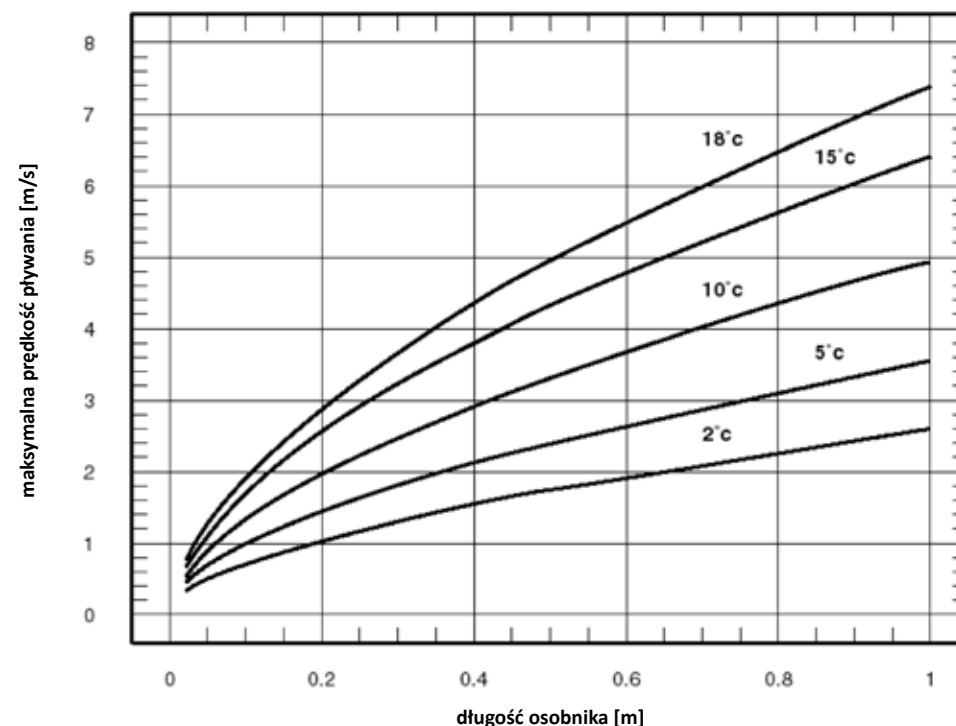
Badania eksperymentalne prowadzone w Wielkiej Brytanii (WARDLE, 1980; ZHOU, 1982; BEACH, 1984) pozwoliły na sformułowanie szeregu empirycznych równań, które określają zależności między prędkością pływania, wytrzymałością, temperaturą, długością oraz morfologią ryb.

Równania te pozwalają na obliczenie maksymalnych prędkości pływania oraz wytrzymałości ryb przy danej prędkości pływania w różnych temperaturach i dla osobników o różnych długościach ciała. Zależności te zobrazowano na wykresach 1 i 2 (według BEACH, 1984), a zależności między prędkościami pływania i wytrzymałością ryb o różnych długościach i w różnych temperaturach przedstawiono na wykresie 3.

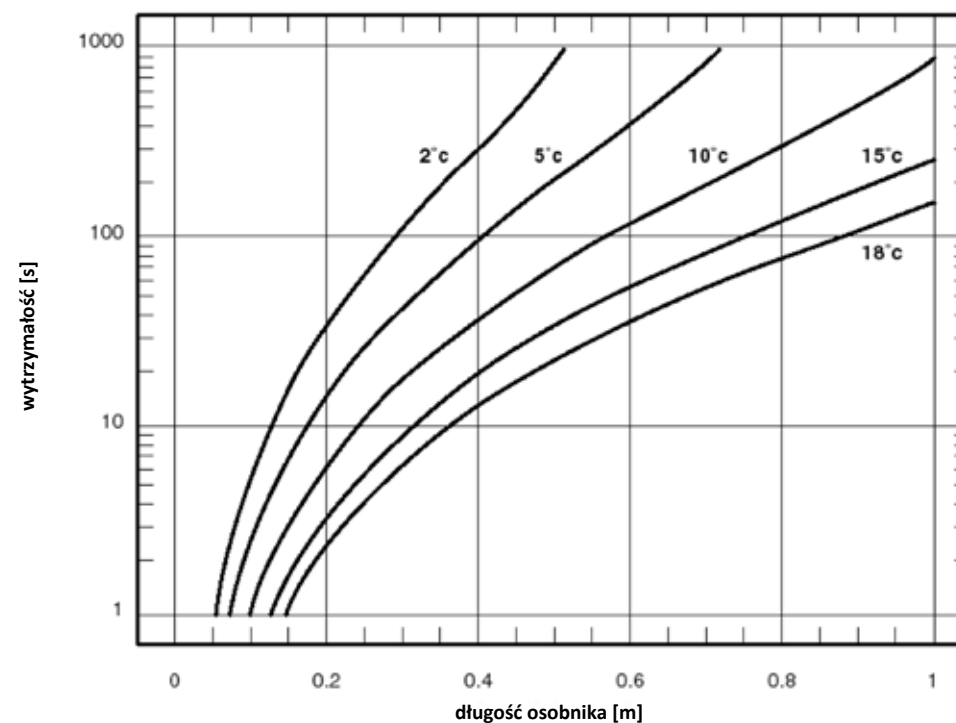
Powyżej podane zależności dostarczają przekonujących dowodów dotyczących znaczenia temperatury i długości osobników dla maksymalnej prędkości pływania ryb, a w szczególności pokazują fundamentalny wpływ długości ciała ryb na ich wytrzymałość pływacką. Maksymalne prędkości pływania mogą wahać się u tej samej ryby, w stosunku 1:2, w zależności od temperatury.

Wyniki te wydają się być w doskonałej zgodności z danymi innych autorów (BELL, 1986), dotyczących maksymalnych prędkości pływania, możliwych do osiągnięcia w korzystnych temperaturach wody. Najwyższe prędkości pływackie wahają się od 6 do 8 m/s dla łososia, od 3 do 4 m/s dla pstrąga i od 4 do 5 m/s dla alozy.

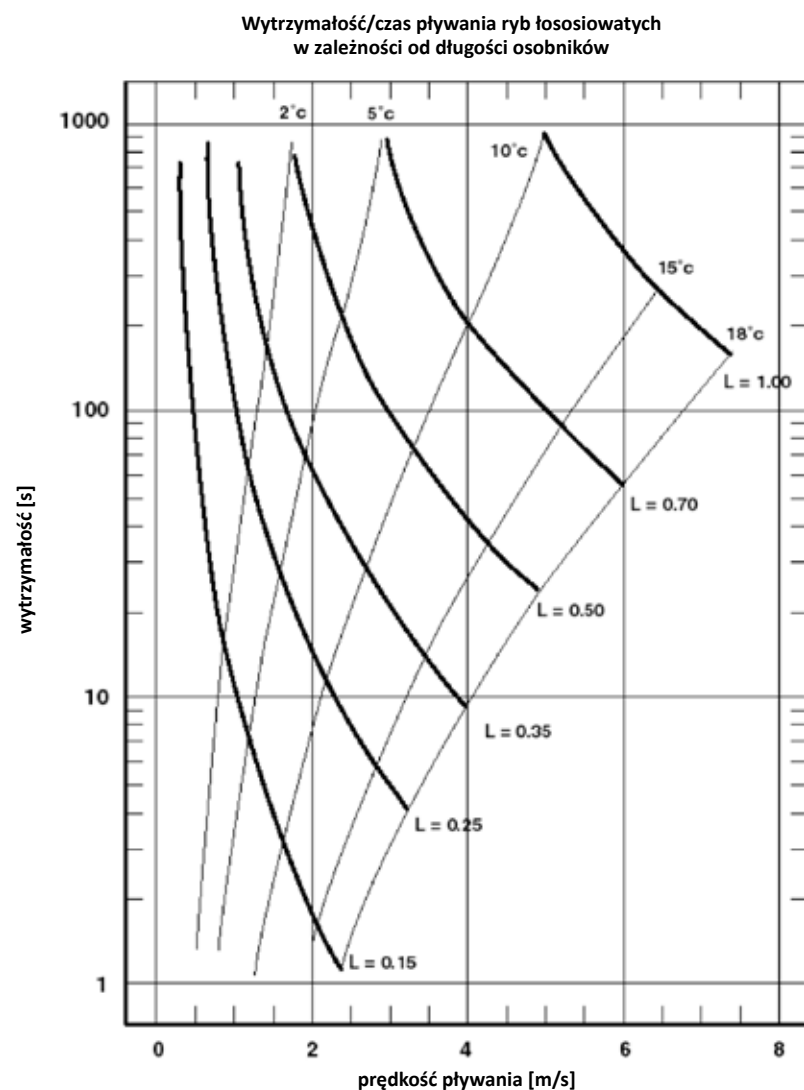
**Wykres 1. Maksymalne prędkości pływania ryb łososiowatych w zależności od długości osobnika i temperatury wody (według BEACH, 1984).**



**Wykres 2. Wytrzymałość ryb łososiowatych przy maksymalnych prędkościach pływania w zależności od długości osobnika i temperatury wody (wg BEACH, 1984).**



**Wykres 3. Prędkości pływania i wytrzymałość ryb łososiowatych w zależności od długości osobnika i temperatury wody**



VIDELER (1993) zaproponował wzór empiryczny (dla osobników o długości < 0,50 m), który pozwala na obliczenie maksymalnej prędkości pływania [prędkość zrywu – red.]  $V_{max}$  [m/s] dla ryb o długości ciała  $L$  [m]:

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

Należy zauważyć, że dla ryb o określonej długości ciała, wzrost temperatury wody skutkuje znacznym obniżeniem wytrzymałości. Spadek wytrzymałości wynika z faktu, że wyższa temperatura odpowiada wyższej maksymalnej prędkości pływania i szybszemu wyczerpywaniu rezerw glikogenu w mięśniach, co wpływa na obniżenie wytrzymałości.

Największa ekonomiczna prędkość pływania (czyli maksymalna prędkość z jaką ryby mogą utrzymywać bez okazywania objawów zmęczenia) wzrasta szybko wraz ze wielkością osobników. VIDELER (1993) zaproponował równanie oparte na wybranych danych eksperymentalnych (dla osobników o długości < 0,55 m) pozwalające obliczyć największą prędkość ekonomiczną  $V_{cr}$  [m/s] dla ryb o długości ciała  $L$  [m]:

$$V_{cr} = 0,15 + 2,4 L$$

Te same dane eksperymentalne mogą również zostać opisane następującym równaniem:

$$V_{cr} = 2,3 L^{0,8}$$

Największa ekonomiczna prędkość pływania wynosi waha się od 1,7 do 2,5 m/s dla łosia i od 0,60 do 1,3 m/s dla troci wędrownej w zależności od długości osobników oraz około 0,50 do 0,60 m/s dla smoltów łosia atlantyckiego o długości 0,15 - 0,20 m.

### 1.3 Maksymalne dystanse, które mogą być pokonane przez ryby przy danej prędkości przepływu wody

Z przytoczonych powyższych empirycznie obliczonych zależności (BEACH, 1984) można ustalić maksymalną odległość  $D$ , którą mogą przebyć ryby przy danej prędkości przepływu wody  $v$ .

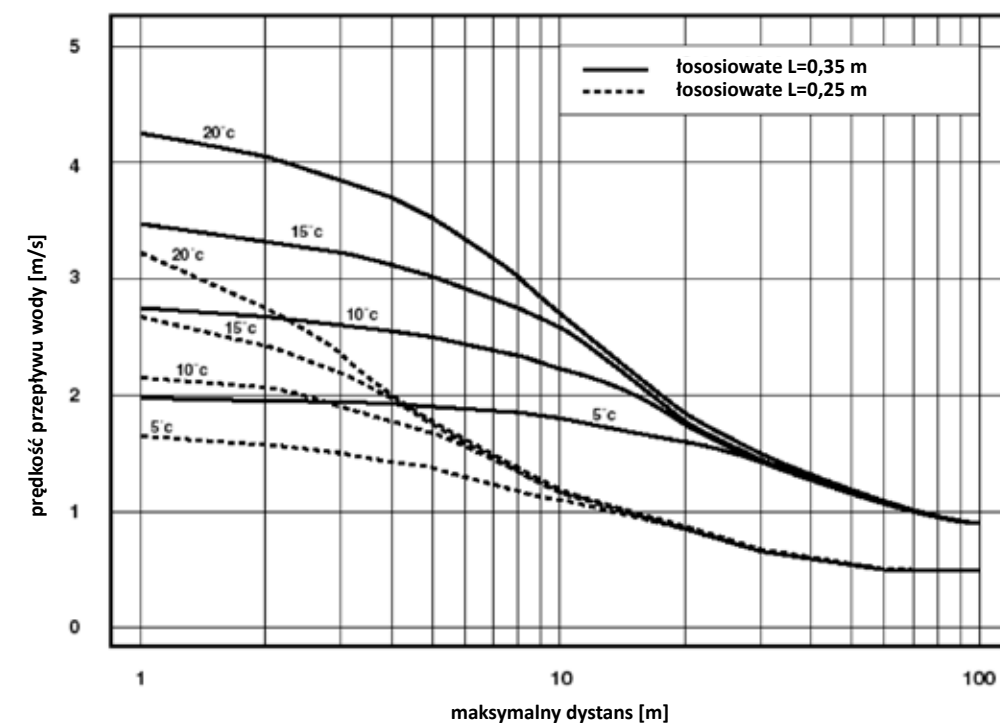
Dystans ten wyrażony jest równaniem:

$$D = (V - v) T$$

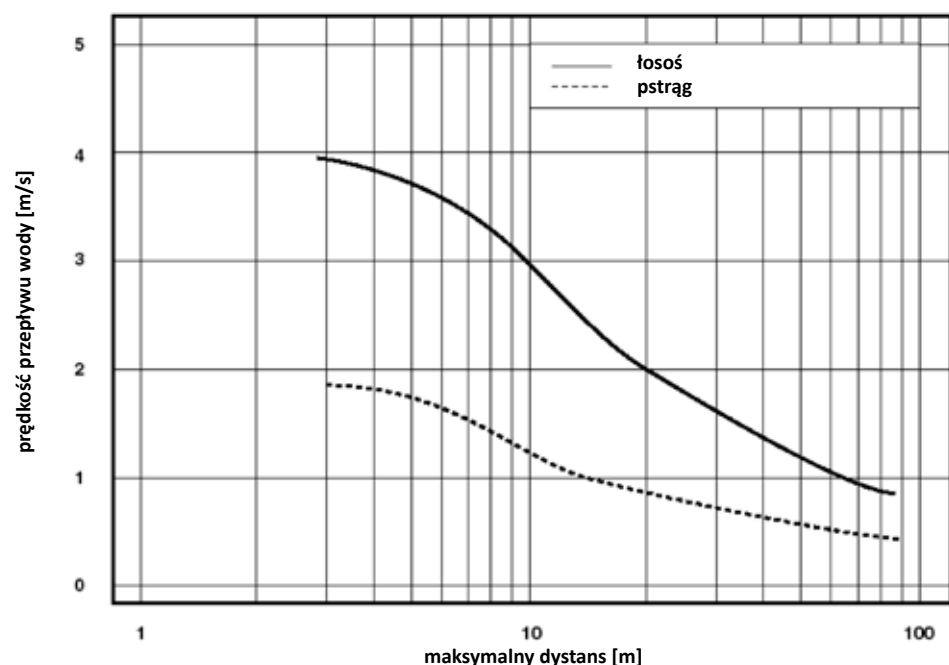
gdzie  $T$  [s] oznacza wytrzymałość osobnika płynącego z prędkością  $V$ .

Wyrażenie to może być stosowane do obliczenia maksymalnych dystansów, które mogą zostać przebyte przez ryby łososiowate o określonej długości ciała oraz wyrażenie ich w formie wykresu. Przykładowo, wykres 4 przedstawia maksymalne odległości pokonywane przez ryby łososiowate o długości ciała 0,35 m oraz 0,25 m.

**Wykres 4: Maksymalne dystanse pływackie w zależności od prędkości przepływu oraz temperatury wody dla dwóch grup ryb łososiowatych o różnych długościach osobniczych**



**Wykres 5: Możliwości pływackie migrujących łososia i pstrąga (wg ZIEMER, 1961 oraz EVANS i JOHNSTON, 1980).**



Kształt krzywych na wykresie 4 jest zbliżony do zaprezentowanych na wykresie 5 pół-empirycznych krzywych możliwości pływackich ryb, podanych przez ZIEMER (1961) i EVANS oraz JOHNSTON (1980), nie uwzględniających temperatury wody.

#### 1.4 Możliwości pokonania barier skokiem

Niektóre gatunki ryb, w szczególności ryby łososiowate potrafią przeskakiwać bariery migracji, jeżeli u podnóża przegrody znajdują się odpowiednie warunki, umożliwiające im wykorzystanie swoich umiejętności.

Ruch skaczącej ryby można porównać do trajektorii pocisku. Równanie trajektorii może być wyrażone w następującej formie:

$$X = (V_0 \cos a) t \quad Y = (V_0 \sin a) t - 0,5 g t^2$$

gdzie X i Y - to odległość horyzontalna i wertykalna przebyta przez pocisk (w tym wypadku przez rybę);  $V_0$  - to prędkość początkowa, przy wierzchołku kąta pomiędzy trajektorią a płaszczyzną horyzontalną; g - to przyspieszenie ziemskie ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ). Trajektoria skoku ma kształt paraboli, a maksymalna wysokość osiągnięta przez rybę  $Y_{\max}$  zależy od prędkości początkowej oraz kąta wyjścia z wody:

$$Y_{\max} = (V_0 \sin a)^2 / 2g$$

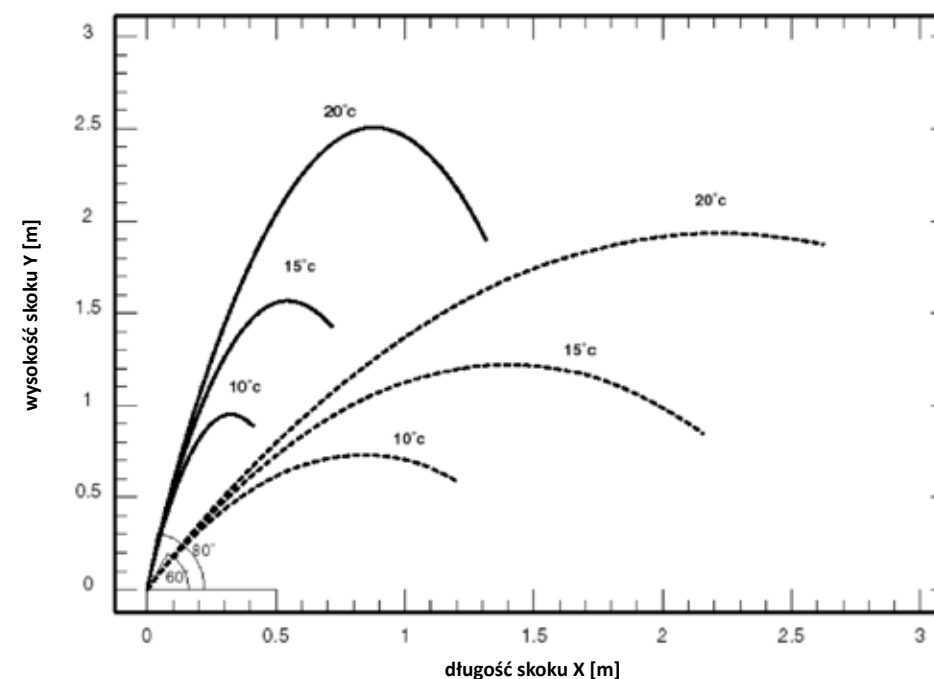
Odległość horyzontalna  $X_{\max}$  odpowiadająca maksymalnej wysokości skoku jest wyrażona równaniem:

$$X_{\max} = V_0^2 \cos a \times \sin a / g$$

Wykres 6 przedstawia teoretyczne krzywe skoku łososia jako funkcje kąta wyjścia z wody oraz temperatury. Wykres wyraźnie wykazuje na dominujący wpływ temperatury wody na zdolność ryb do pokonywania skokiem wysokich przeszkód.

Warto jednak zauważyć (POWERS i OSBORN, 1985), że celem uzyskania lepszej dokładności obliczeń, należy do wysokości  $Y_{\max}$  dodać wysokość odpowiadającą znacznej części długości ciała ryby, ponieważ ryba wykorzystuje siłę napędową płetwy ogonowej do momentu wyjścia z wody. Z drugiej strony, analizowane równanie nie uwzględnia również rosnącego znaczenia prędkości przepływu wody u podnóża bariery, który ryba wykorzystuje. Z tych względów wyniki obliczeń z wykorzystaniem przytoczonej powyżej formuły należy traktować z rezerwą.

**Wykres 6. Teoretyczne krzywe skoku łososia jako funkcja kąta wyjścia oraz temperatury wody.**



#### 1.5 Możliwości pływackie ryb a przepławki

Maksymalne prędkości pływackie wykazane powyżej odnoszą się do osobników w doskonałej kondycji fizycznej (nie posiadających obrażeń, krótko przebywających w wodach słodkich dużych ryb anadromicznych, itd.). Ponadto trzeba pamiętać, że wytrzymałość odnosi się do okresu maksymalnego wysiłku, który decyduje o całkowitym wyczerpaniu fizycznym ryb. W praktyce, przy podejmowaniu decyzji i/lub szacowaniu wysiłku potrzebnego do pokonania urządzenia migracji ryb przez ryby wędrownie, należy zdecydowanie trzymać się podanych powyżej granic.

Zastosowanie średniej prędkości przepływu wody (stosunek przepływu i powierzchni przekroju poprzecznego do kierunku prądu wody) jako jedynego kryterium oceny drożności przegrody lub przesłanki do projektowania parametrów urządzeń migracji ryb nie jest właściwe:

- Po pierwsze, ryby odczuwają nawet niewielkie zmiany prędkości przepływu wody i generalnie wybierają najbardziej sprzyjające strefy prądowe do pokonania przeszkody. Na przykład, do przemieszczania się mogą wykorzystywać strefy niższych prędkości wody znajdujących

ce się w warstwach granicznych blisko powierzchni stałych (ściany lub dno) lub odpoczywać w strefach przepływów recyrkulowanych/wstecznych (takich jak wiry poniżej przeszkody).

- Z drugiej strony, przy znacznych przestrzennych lub czasowych wahaniami prędkości prądu wody (na przykład, przy bardzo turbulentnych przepływach) **energia, której ryby potrzebują do przepłynięcia pewnej odległości może ulec znacznemu zwiększeniu**, w porównaniu do energii wymaganej o pokonania tej samej odległości przy bardziej regularnym, warstwowym przepływie o takiej samej prędkości średniej. Może to mieć szczególne znaczenie, kiedy maksymalna prędkość przepływu jest zbliżona do maksymalnej prędkości pływania osobników (burst speed).

Uwagi te odnoszą się w szczególności do przepławek deflektorowych systemu Denila, które charakteryzują się bardzo dużą aeracją i trójwymiarowymi przepływami powiązаныmi ze stonkowo umiarkowanymi średnimi prędkościami przepływu oraz bardzo intensywnymi turbulencjami wody.

Podane powyżej wykresy dowodzą, że niewielkie gatunki ryb osiągają mniejsze prędkości maksymalne i mogą utrzymać te, lub nieco mniejsze prędkości, jedynie przez bardzo krótki okres czasu (kilka sekund).

Dla gatunków o niewielkich rozmiarach odpowiednie są tylko bliskie naturze obejścia lub przepławki komorowe. W przepławkach komorowych ryby muszą podjąć jedynie wysiłek konieczny do pokonania przelewu, szczeliny lub przesmyku na odcinku nie większym niż kilka decymetrów. Ryby mogą również unikać stref maksymalnej prędkości wody, występujących w przelewach pomiędzy komorami i wykorzystywać warstwy graniczne o wolniejszym przepływie przy ścianach lub dnie albo miejsca wstecznych prądów wody pojawiające się po obu stronach przelewów [zwłaszcza przelewów niezatapionych – red.].

Przepławki deflektorowe wyposażone w aktywne deflektory denne [tzw. *Larinier fish pass* – red.], w których prędkość wody w najlepszych przypadkach wynosi około 1 m/s (przepławka o małym przepływie, z deflektorami o dużej sprawności hydraulicznej) są bardzo wrażliwe na wahańa poziomu wody powyżej bariery i mogą być stosowane jedynie dla dużych ryb (łosoś, troć wędrowna).

Przepławki deflektorowe typu Plane, FATOU lub Alaska, w których prędkość przepływu może wynosić tylko 0,7–0,8 m/s umożliwiają migrację niewielkich gatunków ryb lub osobników, pod warunkiem, że długość przęsła [odcinków pomiędzy komorami spoczynkowymi –red.] będzie mniejsza niż 6–8 m, a wymiary deflektorów zostaną zmniejszone stosownie do wielkości ryb.

## 2. OŚWIETLENIE W URZĄDZENIACH MIGRACJI RYB

Jeżeli urządzenie migracji ryb jest przykryte lub poprowadzone w przepuszczeniu, należy rozważyć kwestię jego oświetlenia.

Liczne obserwacje wędrówek ryb łososiowatych (AITKEN et al., 1966; ROGERS i CANE, 1979) wykazały, że ryby mogą przechodzić przez bardzo długą przepławkę lub tunel bez oświetlenia.

Według BELL (1986), skuteczność migracji nie zmniejsza się w ciemności.

Eksperymenty przeprowadzone na zachodnim wybrzeżu Stanów Zjednoczonych (LONG, 1959) dowiodły, że anadromiczne pstrągi tęczowe [pstrągi stalowogłowe – red.] wahały się dłużej

przed wejściem do ciemnego przejścia, ale po wejściu pokonywały je szybciej niż oświetloną przepławkę. Przejście przez nieoświetloną przepławkę zajmowało rybam dwie minuty, a przejście przez oświetloną przepławkę ponad osiem minut.

Eksperymenty przeprowadzono w celu oceny możliwości użycia oświetlenia do zachęcenia ryb do korzystania z przepławki w nocy. Próby nie dały jednoznacznych wyników. Z przepławki przy zaporze Dalles (Zachodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych) skorzystało, w godzinach od 20.00 do 4.00, mniej niż 10% migrujących ryb, niezależnie od tego czy przepławka była oświetlona czy też nie. Badania na zaporze McNary wykazały, że ryby nie wchodziły przepławki nocą, niezależnie od warunków oświetlenia. Natomiast oświetlenie pozwoliło rybam, które weszły do przepławki przed zapadnięciem zmroku, na jej skuteczne pokonanie (FIELDS, 1966).

Obserwacje dokonane na niektórych obiektach (Grand Sault na rzece Madeleine, Quebec) wykazały, że łososi atlantyckie nie wchodziły do podziemnego odcinka przepławki komorowej jeżeli przejście z części oświetlonej do nieoświetlonej było nagłe. Przepławka nie funkcjonowała poprawnie bez oświetlenia.

Podziemny odcinek przepławki powyżej wyjścia z windy dla ryb [w górę rzeki – red.] przy elektrowni wodnej Tuilières na rzece Dordogne składa się z dziewięciu komór. Ryby schwytywane w zbiorniku/klatce windy są uwalniane do najniższej położonej komory podziemnego odcinka przepławki. Sztuczne oświetlenie tego odcinka okazało się niezbędne, aby umożliwić ałozie skuteczne pokonanie urządzenia. W przypadku braku oświetlenia ryby zatrzymywały się w naturalnie oświetlonych, najniższej położonej komorach przepławki (DARTIGUELON-GUE et al., 1992).

Z drugiej strony, sztuczne oświetlenie urządzenia migracji ryb może również ograniczyć lub nawet całkowicie powstrzymać nocne wędrówki niektórych gatunków unikających światła (np. węgorzy).

Przeprowadzono również badania mające na celu oszacowania wpływu oświetlenia na migrację różnych gatunków łososa pacyficznego i pstrąga przez rury o średnicy 0,60 i 0,90 metra (SLATICK, 1970). Wyniki wskazują, że wszystkie gatunki mogły przechodzić przez rury bez dodatkowego oświetlenia. Stwierdzono (na podstawie procentu osobników, które pokonały urządzenie migracji), że z czterech badanych gatunków (łosoś czawycza, łosoś kiżucz, łosoś nerka i anadromiczny pstrąg tęczowy/stalowogłowy) [*Oncorhynchus tshawytscha*, *Oncorhynchus kisutch*, *Oncorhynchus nerka*, *Oncorhynchus mykiss* – red.] jedynie pstrąg stalowogłowy korzystał z oświetlenia umieszczonego w rurach. Prędkość pokonywania przepławki przy sztucznym oświetleniu wydawała się być wyższa w przypadku pstrąga stalowogłowego oraz łososi kiżucz i nerka, niż w przypadku łososa czawycza.

Podsumowując, należy unikać nagłych zmian intensywności pomiędzy oświetleniem na zewnątrz i wewnątrz urządzenia migracji albo rury przepustu, przez zastosowanie jakiejś formy oświetlenia w pierwszej sekcji urządzenia (sztuczne światło, okno doświetlające, poszerzenie wejścia). Niektórzy autorzy (METSKEK, 1968) zalecają stosowanie roślinności na wejściu i wyjściu z urządzeń migracji (również w przypadku przepustów), celem zapewnienia stopniowej zmiany natężenia oświetlenia.

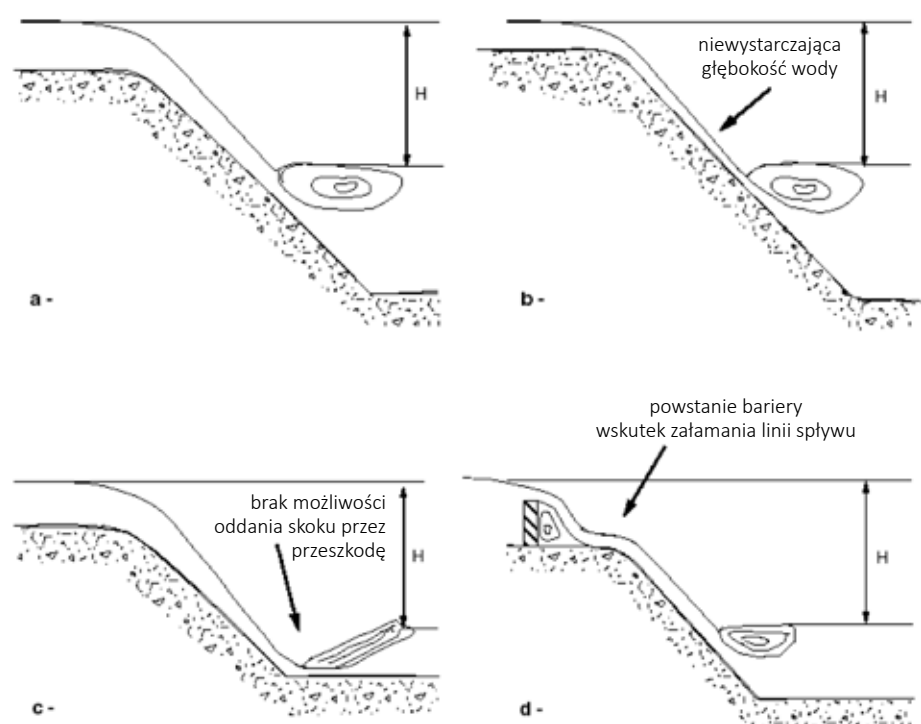
Jeżeli z doświadczenia wynika, że oświetlenie całego urządzenia migracji nie jest niezbędne dla skutecznej migracji większości gatunków ryb (oprócz niektórych gatunków, takich jak ałoz), można je zawsze zastosować podczas projektowania przepławek jako czynnik bezpieczeństwa.

### 3. POJĘCIE BARIERY MIGRACYJNEJ

Istnieje tendencja do kojarzenia pojęcia bariery migracji ryb z wysokością przegród. Rzeczywistość jest znacznie bardziej skomplikowana. To czy dana bariera może zostać pokonana czy też nie, zależy od warunków hydrodynamicznych na jej dolnym stanowisku (prędkość, głębokość wody, konfiguracja przelewów, aeracja, turbulencja, itp.), w odniesieniu do możliwości pływackich oraz zdolności pokonywania przegród skokiem przez migrujące gatunki ryb.

Warunki hydrodynamiczne zależą zarówno od geometrii przegród (wysokość i konfiguracja, nachylenie, długość, itd.) oraz od przepływu przez przegrody, który zależy od warunków hydrologicznych w okresie migracji ryb, jak również od funkcjonowania korzystających z wody zakładów przemysłowych.

**Wykres 7. Schemat ilustrujący wpływ profilu podłużnego przelewu na możliwość migracji ryb.**



Rysunek 7 pokazuje zestawienie różnych konfiguracji barier o takiej samej różnicy poziomów wody pomiędzy stanowiskiem górnym i dolnym. Pokonanie bariery (a) jest możliwe, jeżeli zdolności pływackie ryb są wystarczające. W przypadku (b) głębokość wody na pochyłej części bariery jest niedostateczna i uniemożliwia migrację ryb. Bariera (c), płytkie zabezpieczenie dna niecki wypadowej i zbyt mała głębokość wody dolnej uniemożliwiają pokonanie przegrady, niezależnie od możliwości pływackich ryb. W przypadku (d), zastosowanie dodatkowego progu w celu wzmocnienia czoła budowli blokuje migrację ryb w miejscu nagłej zmiany profilu przepływu wody.

Jak wspomniano, zdolności pływackie ryb oraz możliwości pokonania skokiem bariery zależą od gatunku i rozmiarów osobników oraz ich fizjologicznej kondycji i temperatury wody. Trudności przy pokonywaniu bariery wynikają z jej geometrii, składu gatunkowego zespołu migrujących ryb oraz warunków hydrologicznych i termicznych podczas sezonu migracyjnego. Z tego

względu większość autorów uważa, że nawet przegrody o wysokości poniżej 0,50–0,60 metra są w stanie uniemożliwić migrację dużych wędrownych ryb łososiowatych, a niższe przegrody mogą udaremnić wędrówki gatunków ryb o słabszych zdolnościach pływackich, takich jak na przykład węgorz.

Drożność przegród migracji należy oceniać pod kątem wszystkich **gatunków** ryb wędrownych występujących w danej rzece. Dla niektórych gatunków ryb przegroda może okazać się **całkowicie niedrożna**, co oznacza niemożność jej pokonania przez **wszystkich przedstawicieli** danego gatunku. Drożność przegrady może być tylko **częściowa**, jeśli jeżeli stanowi barierę migracji tylko dla niektórych osobników. Drożność **okresowa** oznacza, że w pewnych porach roku (poniżej pewnych określonych warunków hydrologicznych lub termicznych) przegroda jest niemożliwa do pokonania przez ryby. Często niskie stopnie mogą być niemożliwe do pokonania podczas niżówek, ponieważ zbyt mała głębokość wody na dolnym stanowisku uniemożliwia rybam pływanie. Niektóre niskie progi mogą być niemożliwe do pokonania przy niskich temperaturach wody, ograniczających zdolności pływackie ryb.

Należy również odnotować negatywny wpływ tymczasowych przegród opóźniających migrację ryb, które mogą zatrzymywać ryby w trakcie wędrówek. Przegrody te mogą sprawić, że ryby pozostaną w nieodpowiednich dla nich strefach w dolnym biegu rzeki i pośrednio wywoływać obrażenia wynikające z powtarzanych, bezowocnych prób podjęcia przerwanych migracji.

### BIBLIOGRAFIA

- AITKEN P.L., DICKERSON L.H., MENZIES W.J.M., 1966. Fish passes and screens at water power works. Proc. Inst. Civ. Eng., 35: 29–57.
- BEACH M.H., 1984. Fish pass design - criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fishes in rivers. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Lowestoft, Fish. Res. Tech. Rep. 78, 45 p.
- BELL M.C., 1986. Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria. Fish. Eng. Res. Prog., U.S. Army Corps of Eng., North Pacific Div., Portland, Oregon, 290 p.
- BLAXTER J.H.S., 1969. Swimming speeds of fish. FAO Fish. Rep., 62 (1): 69–100.
- DARTIGUELONGUE J., LARINIER, M., TRAVADE, F. 1992. *Etude du comportement de l'aloise dans la passe à poissons à l'usine de Tuilières sur la Dordogne.* (Study of the behaviour of shad in the fishway at the Tuilières power station on the Dordogne.), CSP/EDF Rep., 55 p.
- EVANS W.A., JOHNSTON F.B., 1980. Fish migration and fish passage: a practical guide to solving fish passage problems. USDA Forest Serv., Region 5, 43 p.
- FIELDS P.E., 1966. Final report on migrant salmon light guiding studies at Columbia rivers dams. Fish. Eng. Res. Prog., U.S. Army Corps of Eng., North Pacific Div., Portland, Oregon, 266 p.
- LONG C.W., 1959. Passage of salmonids through a darkened fishway. U.S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep. Fisheries 300, 9 p.
- METSKER H.E., 1970. Fish versus culverts, some considerations for resource managers. USDA Forest Serv., Ogden, Utah, Eng. Tech. Rep. ETR-7700–5, 22 p.
- POWERS P., OSBORN J., 1985. Analysis of barriers to upstream fish migration. U.S. Dept. of Energy, Bonneville Power Adm., Div. of Fish and Wildlife, Final Project Rep., 120 p.
- ROGERS A., CANE A., 1979. Upstream passage of adult salmon through an unlit tunnel. Fish. Mgmt., 10 (2): 87–92.
- SLATICK E., 1970. Passage of adult salmon and trout through pipes. U.S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep. Fisheries 92, 18 p.
- VIDELER J., 1993. Fish swimming. Chapman & Hall, Fish and fisheries series 10, 260 p.
- WARDLE C.S., 1975. Limit of fish swimming speed. Nature, London, 225: 725–727.

- WARDLE C.S., 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. pp. 519–531. In "Environmental Physiology of Fishes", Plenum Press (ed.), New York and London, 723 p.
- WEBB P.W., 1975. Hydrodynamics and energetics of fish propulsion. Bull. Fish. Res. Bd. Can., 190, 158 p.
- ZHOU Y., 1982. The swimming speed of fish in towed gears, a re-examination of the principles. Dept. of Agriculture and Fisheries for Scotland, Work. Pap. 4, 55 p. ZIEMER G.L., 1961. Fish transport in waterways. Alaska Dept. of Fish and Game, 10 p.