

MARIUSZ ADYNKIEWICZ-PIRAGAS, IWONA LEJCUŚ

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie
Oddział we Wrocławiu

OCENA CIĄGŁOŚCI EKOLOGICZNEJ KORYTA RZECZNEGO NA PRZYKŁADZIE NYSY ŁUŻYCKIEJ NA ODCINKU PORAJÓW–SOBOLICE

Streszczenie. Zabudowa hydrotechniczna swobodnie płynących rzek niewątpliwie oznacza fundamentalne zmiany ich funkcji i struktury. Naturalne ekosystemy wód płynących tworzą nieprzerwany ciąg od źródeł do ujścia, w którym efekty procesów przebiegających w górnym biegu rzeki oddziałują na dynamikę procesów zachodzących w dolnym odcinku. Zabudowa hydrotechniczna koryta rzeczne zakłóca działanie tych naturalnych połączeń, zarówno z pobliskimi terenami zalewowymi, jak i biegnącymi z prądem rzeki. Zatem przywrócenie biologicznej ciągłości wód płynących jest podstawą ekologicznej funkcjonalności tych wód. W związku z dużą liczbą rozmaitych budowli wodnych przegradzających koryta rzeczne niezbędne jest opracowanie koncepcji pilności działań na rzecz poprawy tej sytuacji i wprowadzenie zabudowy bliskiej naturze. Tego rodzaju koncepcja może być przygotowana jedynie na podstawie bieżącej inwentaryzacji zabudowy hydrotechnicznej. Obecnie jeszcze nie powstał w Polsce jednolity system oszacowania drożności biologicznej budowli hydrotechnicznych, który wskaże priorytety działań w zakresie udrożnienia koryt rzecznych. W artykule zaprezentowano metodykę kartowania i inwentaryzowania budowli wodnych, jak również wstępną ocenę drożności koryta rzeczne Nysy Łużyckiej na odcinku 196+360 km – 111+630 km. Analiza stanu aktualnego na omawianym odcinku rzeki pozwoli na wytypowanie budowli hydrotechnicznych, w których przeprowadzenie przebudowy lub remontu umożliwi swobodne wędrówki organizmów wodnych.

Słowa kluczowe: rzeka, budowla hydrotechniczna, ciągłość biologiczna

Wstęp

Poprzeczne budowle hydrotechniczne wywierają znaczny wpływ na ekosystem rzeki i zachodzące w nim zmiany. Obiekty te budowane na rzekach są elementami sztucznymi, które naturalnie nie występują (ŻBIKOWSKI i ŻELAZO 1993). Zabudowa rzek swobodnie płynących powoduje zmiany zarówno w ich funkcjonowaniu, jak i strukturze

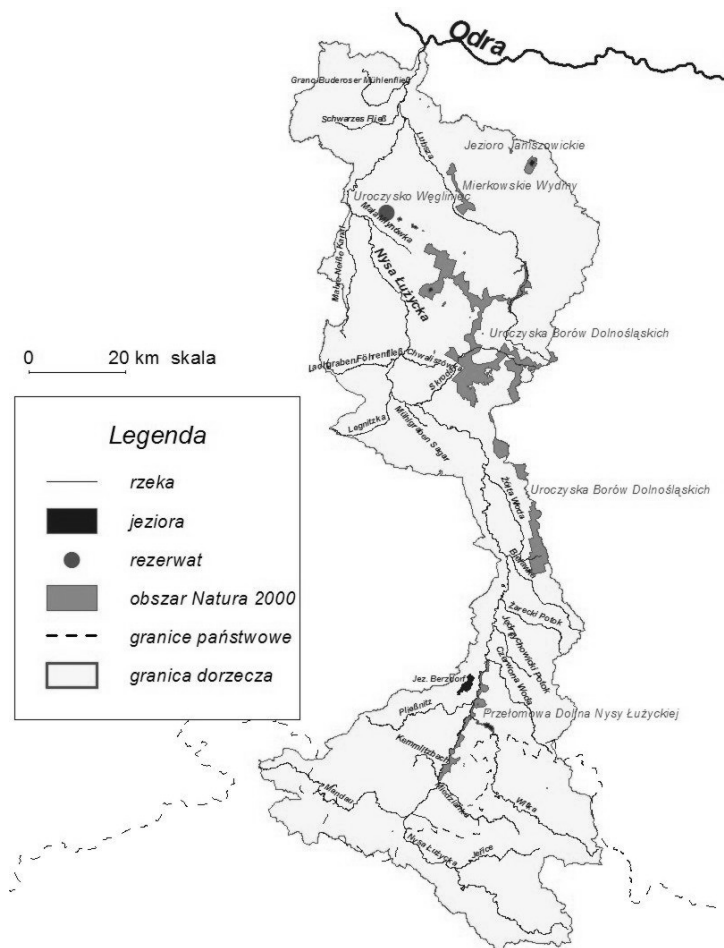
ekosystemu rzecznego. Przegradzanie cieków na izolowane odcinki uniemożliwia wędrówki organizmów wodnych, a w szczególności ryb wędrownych. Do ryb wędrownych dwuśrodowiskowych zaliczamy gatunki wpływające na tarło do rzek (idące pod prąd), do których należą: łosoś, certa i troć, oraz gatunek wpływający na tarło do morza (spływający z prądem) – węgorz (ALLAN 1998, CZAMARA 1993, 1996, ILNICKI 1988). Dodatkowo zachowanie biologicznej drożności cieku oraz połączeń z dopływami o zróżnicowanych parametrach środowiskowych jest niezbędnym warunkiem utrzymania stabilnych populacji wielu gatunków ryb potamodromicznych, wymagających różnorodnych siedlisk w poszczególnych cyklach rozwojowych. Ważnym elementem jest prędkość wody. Oprócz łososia i wyrosniętych egzemplarzy pstrągów większość ryb nie potrafi pokonać prądu o prędkości przekraczającej 2 m/s. Prędkość ponad 1 m/s ogranicza możliwość swobodnego przemieszczania się ryb (ZGRABCZYŃSKI 2007). Średnia prędkość, z jaką płyną ryby w górę cieku, wynosi zazwyczaj od 0,15 do 0,40 m/s. Maksymalne wysokości, jakie mogą pokonać łososie (1,0-1,7 m), i pstrągi (0,7-0,8 m), nie mogą stanowić danych wyjściowych przy projektowaniu jazów. W wytycznych stosowanych w Niemczech zaleca się, aby wysokość stopnia wodnego w wodach pstrągowych nie przekraczała 0,3 m, a w pozostałych 0,2 m (ILNICKI 1988). Podawane wysokości graniczne progów dla podejścia ryb nie uwzględniają podejścia małych ryb i bezkręgowców.

Przywrócenie biologicznej przepustowości wód płynących jest podstawą ekologicznej funkcjonalności tych wód. Zgodnie z zasadą ekologicznej ciągłości ekosystemu rzeki (tzw. *river continuum*) rzekę tworzy jeden ekosystem, rozciągający się wzdłuż jej całego biegu, w którym ulegają stopniowym zmianom warunki fizyczne i żywność, co z kolei pociąga za sobą przekształcenia struktury gatunkowej zespołów flory i fauny. Pod względem geomorfologicznym rzeki są systemami otwartymi. Od źródeł do ujścia czynniki fizyczne, takie jak szerokość i głębokość koryta, prędkość prądu, ilość wody i temperatura, zmieniają się w sposób ciągły. Na tle tych gradientów geomorfologicznych i fizyczno-chemicznych również biologiczna organizacja rzeki tworzy pewien ciągły system – *continuum* rzeczne (SZYMANOWSKI i IN. 2001).

Material i metody

Nysa Łużycka jest lewostronnym dopływem Odry, jej całkowita długość wynosi około 256 km, z czego odcinek o długości 196,5 km stanowi granicę polsko-niemiecką, a pozostały odcinek znajduje się na obszarze Republiki Czeskiej. Badany odcinek rzeki rozciąga się pomiędzy miejscowościami Porajów (punkt trójgraniczny 196+630 km) a Sobolice (111+630 km) (rys. 1). Na tym odcinku rzeka jest zabudowana licznymi budowlami poprzecznymi, w większości piętrzącymi wodę na potrzeby elektrowni wodnych.

Już na początku XX wieku rozpoczęła się intensywna regulacja i poprzeczna zabudowa Nysy Łużyckiej. W roku 1905 powstały elektrownie Gubin, Przesieka i Zasięki, pięć lat później elektrownia Bukówka, w 1922 roku zaś elektrownia Sobolice. Także na omawianym odcinku, pomiędzy punktem granicznym a Sobolicami, powstawały liczne budowle hydrotechniczne. Spośród zinventaryzowanych budowli poprzecznych część została utworzona jeszcze przed 1930 rokiem.



Rys. 1. Mapa sieci hydrograficznej Nysy Łużyckiej
Fig. 1. Hydrographic network of the Nysa Łużycka River

Ze względów praktycznych rzekę dzieli się na krainy rybne, których nazwy pochodzą od przewodniego gatunku, i tak kolejno od źródeł do ujścia mamy następujące po sobie krainy: pstrąga, lipienia, brzany i leszcza. W przypadku Nysy Łużyckiej wyróżnić można dwie krainy: od punktu trójgranicznego do ujścia Czerwonej Wody – krainę lipienia i następnie do ujścia do Odry – krainę brzany.

Kraina lipienia według BŁACHUTY (2006) charakteryzuje się następującymi cechami: duży spadek, szybki prąd rzeki, średni przepływ, w dzień dominacja grubego żwiru, temperatura wody do 15°C. Gatunkiem przewodnim jest lipień, a gatunkami towarzyszącymi są: pstrąg potokowy, głowacica, świnka, jelec, kleń, miętus, piekielnica, kiełb, brzana. Dla gatunków anadromicznych kraina lipienia stanowi obszar tarliskowy certy i obszar tranzytowy dla łososia i troci.

Krainę brzany charakteryzują następujące cechy: średni spadek, średni prąd rzeki, duży przepływ, w dzień dominacja grubego piasku i żwiru, temperatura wody do 18°C. Gatunkiem przewodnim jest brzana, a gatunkami towarzyszącymi są: lipień, jelec, boleń, jaź, kleń, płoć, okoń, sandacz, jazgarz. Dla gatunków anadromicznych kraina brzany stanowi obszar tranzytowy dla certy, łososia i troci.

Niemiecka metoda określania drożności budowli hydrotechnicznych pod kątem możliwości wędrówek organizmów wodnych została opracowana przez Bawarski Krajowy Urząd Gospodarki Wodnej i Bawarski Związek Rybołówstwa (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Landesfischereiverband Bayern). Metoda ta opiera się na opracowaniu materiałów kartograficznych (map), istniejących informacji o budowlach hydrotechnicznych oraz materiałów z inwentaryzacji przeprowadzonej w terenie (obejmującej pomiary budowli hydrotechnicznych, pomiar lokalizacji GPS, archiwizację fotograficzną, wypełnione protokoły). Badania w terenie należy przeprowadzać podczas stanów średnich – średnich niskich. Informacje, które zawiera protokół, obejmują:

- rodzaj obiektu (stopień wodny, jaz, rampa denną, przepust, przepławka itd.),
- pełnioną funkcję (elektrownia odpływowa, elektrownia przepływowa, śluza dla statków itd.),
- stan budowli (działająca, nieużytkowana).

Kolejnym elementem protokołu jest zamieszczenie informacji dotyczących danych technicznych obiektów hydrotechnicznych, takich jak:

- wysokość spadku,
- szybkość przepływu na/w obiekcie,
- struktura dna (nierówne/gładkie),
- występowanie swobodnego spadku wody (pionowo spadająca woda tracąca ewidentnie kontakt z podłożem),
- minimalna głębokość wody na drodze wędrówki organizmów wodnych (zwierciadło wody dla przepływu nienaruszalnego).

Następna część protokołu dotyczy opisu i wymiarów przepławek (jeśli występują). Ma to na celu sprawdzenie, czy analizowany obiekt spełnia swą funkcję. Należy podać m.in.:

- najwyższą wysokość spadku między dwoma zbiornikami (m),
- występowanie swobodnego spadku,
- wymiary najmniejszych komór (dł. · szer. · gł.),
- strukturę dna budowli (nierówna/gładka),
- przepustowość przepławki (m^3/s),
- długość całkowitą przepławki (m),
- liczbę komór,
- maksymalną prędkość przepływu wody (m^3/s),
- minimalną głębokość wody na drodze wędrówki organizmów wodnych,
- opis struktury progów poprzecznych.

W kolejnej części należy odpowiedzieć twierdząco lub przecząco na ogólne sformułowania uściślające możliwość pokonania danych obiektów przez organizmy wodne. Zapytania dotyczą następujących zagadnień:

- czy ilość wody na obiekcie jest wystarczająca (np. czy istnieje prąd wabiący)?
- czy przepławka, bystrotok, obejście są dostępne/osiągalne dla organizmów wodnych?
- czy wlot obiektu jest dostępny przy zmiennych stanach wód, np. niżówkach?
- czy stan techniczny obiektu wymaga konserwacji (czy nie jest zastawiony napływowymi konarami drzew lub gałęzi)?

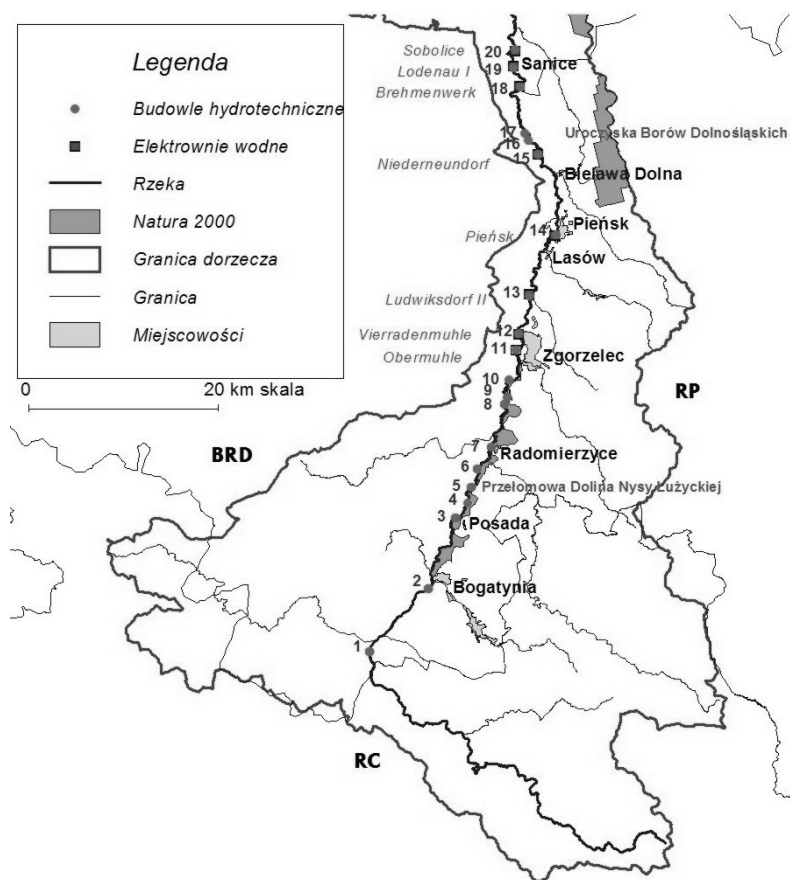
Na koniec w protokole obserwator zamieszcza subiektywną ocenę możliwości pokonania przez ryby omawianego obiektu hydrotechnicznego. Skala oceny zawiera się w przedziale od 1 do 4. Najkorzystniejsza jest ocena 1, oznaczająca „obiekt drożny”, pozwalający na migrację wszystkich gatunków i stadiów rozwoju organizmów bez ograniczeń przez cały rok. Ocena 2 oznacza „ograniczoną drożność”, czyli przez obiekt może przepłynąć ograniczona ilość wszystkich gatunków w różnych stadiach rozwoju (wielkości). Ocena 3 oznacza „drożność w niedostatecznym stopniu”, w tym przypadku przepłynięcie jest znacznie utrudnione i organizmy wodne mogą pokonać obiekt tylko w określonym czasie i/lub tylko mogą tego dokonać określone gatunki lub dorosłe osobniki. Najgorsza ocena 4 oznacza „brak drożności”, czyli przepłynięcie budowli jest właściwie niemożliwe, może zdarzać się sporadycznie silniejszym egzemplarzom poszczególnych gatunków organizmów wodnych.

Wyniki

Dla badanego odcinka Nysy Łużyckiej przeprowadzono inwentaryzację obiektów hydrotechnicznych w terenie, z uwzględnieniem propozycji oceny według metody niemieckiej. Ocena biologicznej drożności obiektów z uwzględnieniem metody niemieckiej została zamieszczona w tabeli 1.

Z przeprowadzonej wstępnej oceny ekologicznej ciągłości Nysy Łużyckiej na odcinku Porajów–Sobolice (km 196+360 ÷ 111+630) wynika, że rzeka jest tam zabudowana 20 budowlami hydrotechnicznymi, piętrzącymi wodę od 0,6 do 4,6 m (rys. 2). Są to głównie jazy (stałe, kłapowe, zasuwowe, walcowe, powłokowe). Niezależnie od aktualnego stanu technicznego tych budowli hydrotechnicznych, stanowią one przegrody utrudniające naturalne wędrówki organizmów wodnych, w tym ichtiofauny.

Z oceny ciągłości cieką przeprowadzonej skali 4-punktowej według metody niemieckiej wynika, że Nysa Łużycka na odcinku Porajów–Sobolice jest niedrożna. Jest to spowodowane tym, iż występują tam budowle piętrzące przegradzające koryto rzeczne, które nie są wyposażone w przepławki. Związane jest to z ośmioma budowlami hydrotechnicznymi o spadzie > 2,0 m (nr 20, 19, 17, 15, 14, 12, 5, 2), przez które nie mają możliwości przepłynięcia ryby ani inne organizmy wodne (4 pkt.). Nysa Łużycka jest częściowo biologicznie drożna na odcinkach Ręczyn–Zgorzelec i Krzewina–Posada; ocena drożności wynosi tam od 1 do 3 pkt. Nysa Łużycka jest drożna lokalnie w rejonie budowli z przepławkami i rampami. Przepławki dla ryb są zlokalizowane tylko na czterech niemieckich obiektach, które spełniają swoje funkcje zgodnie z przyjętą metodyką. Są to: 18 Sobolice – jaz dachowy z przepławką ryglową, 13 Jędrzychowice – jaz stały z przepławką szczelinową, 6 Ręczyn – jaz stały z przepławką ryglową, 3 Posada – jaz stały z przepławką ryglową.



Rys. 2. Lokalizacja budowli hydrotechnicznych na Nysie Łużyckiej
 Fig. 2. Localization of the hydrotechnical construction on the Nysa Łużycka River

Tabela 1. Zestawienie budowli hydrotechnicznych na Nysie Łużyckiej (Porajów–Sobolice)
 Table 1. Inventory of the hydrological constructions on the Nysa Łużycka River (section Porajów–Sobolice)

Numer budowli	Miejscowość	Rodzaj przeszkody	Przeplawka aktualna	Przeplawka projektowana	Utrudnienia dla ryb*	Ocena
1	2	3	4	5	6	7
1	Porajów	Jaz walcowy	Brak	Ryglowa	Tak	4
2	Turów	Jaz zasuwowy	Brak	Ryglowa	Tak	4
3	Posada	Jaz stały	Jest	Ryglowa	Nie	1
4	Krzewina	Jaz stały	Brak	Ryglowa	Tak	3
5	Krzewina II	Jaz stały	Brak	Ryglowa	Tak	4

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6	7
6	Ręczyn	Jaz stały	Jest	Rampa ryglowa	Nie	1
7	Radomierzyce	Jaz stały	Brak	Rampa ryglowa	Tak	2
8	Deutsch Ossig	Jaz stały	Brak	Rampa ryglowa	Tak	2
9	Koźlice	Jaz stały	Brak	Rampa ryglowa	Tak	3
10	Weinhubel	Jaz stały	Brak	Rampa ryglowa	Tak	3
11	Goerlitz	Jaz stały	Brak	Rampa ryglowa	Tak	3
12	Zgorzelec-Goerlitz	Jaz stały	Brak	Ryglowa	Tak	4
13	Ludwigsdorf	Jaz stały EW	Jest	Rampa ryglowa	Nie	1
14	Pieńsk	Jaz stały EW	Brak	Ryglowa	Tak	4
15	Bielawa Dolna	Jaz powłokowy	Brak	Obejście	Tak	4
16	Prędocice	Bystrotok	Brak	Rampa ryglowa	Tak	3
17	Prędocice 2	Jaz dachowy	Brak	Rampa ryglowa	Tak	4
18	Sobolice 1	Jaz dachowy	Jest	Ryglowa	Nie	1
19	Sobolice 2	Jaz klapowy	Brak	Ryglowa	Tak	4
20	Sobolice 3	Jaz klapowy	Brak	Ryglowa	Tak	4

*Gatunki ryb, które migrują w Nysie Łużyckiej: anadromiczne – troć, łosoś, potamodromiczne – świnka, brzana, lipień, kleń, jelec.

Podsumowanie

Analiza uwarunkowań środowiska, uwzględniająca potrzebę zachowania ekologicznej drożności cieków oraz najnowsze rozwiązania techniczne, pozwala na wytypowanie następujących rozwiązań jako najkorzystniejszych dla organizmów wodnych: bystrotok (rampa), przepławka typu obejście, przepławka ryglowa, rampa narzutowa, przepławka szczelinowa. Stanowią one najlepsze odwzorowanie naturalnego ukształtowania fragmentów koryta rzecznoego, dzięki czemu umożliwiają swobodną migrację fauny rzecznoej i komponują się z naturalnym otoczeniem (WIŚNIEWOLSKI 2003). Biologiczna drożność koryta rzecznoego dla wszystkich organizmów wodnych, w tym makrozoobentosu, oznacza ograniczenie elementów takich, jak: gładkie brzegi i dno – wybetonowane, wymurowane, sprzyjające zwiększonej prędkości przepływu, wykluczającej istnienie w naturalnych brzegach luk i kryjówek.

Przywrócenie ekologicznej ciągłości Nysy Łużyckiej pozwoli na odtworzenie stada certy i łososa w tej rzece. Są to gatunki dwuśrodowiskowe, anadromiczne – żyją w morzu, a na okres tarła wstępują do rzek. W przypadku Nysy Łużyckiej dogodne dla ryb dwuśrodowiskowych łososiowatych tarliska znajdują się dopiero powyżej ujścia Czerwonej Wody, a – biorąc pod uwagę zawiesiny osadzające się na dnie rzeki – dopiero powyżej ujścia Miedzianki. Nysa Łużycka charakteryzuje się stosunkowo niewielką

liczbą odcinków z dnem odpowiednim dla tarlisk łososiowatych (głównie na krótkich bystrzynach oraz na niektórych dopływach: górnym biegu Miedzianki, w Czerwonej Wodzie i Bielawce, a po stronie niemieckiej w górnym biegu Mandau, w Pliessnitz i Buderoser Muhlenfliess), ale jest odpowiednia dla tarlisk certy (SZYMANOWSKI i IN. 2001).

Niezbędne zatem jest wykonanie 13 ekologicznych przejść dla ryb lub przepławek na budowlach, które uzyskały 4 i 3 pkt., a w szczególności po stronie polskiej na sześciu obiektach: 20 Sobolice – jaz kłapowy przy elektrowni, proponowane jest wykonanie przepławki ryglowej, 17 Prędocice – jaz dachowy, proponowane jest wykonanie rampy ryglowej, 14 Pieńsk i 12 Zgorzelec – gdzie przy istniejących jazach stałych proponowane jest wykonanie przepławek ryglowych, 9 Koźlice i 5 Krzewina – gdzie przy jazach stałych proponowane jest wykonanie ramp ryglowych. Poza propozycją budowy przepławek ważne jest również prowadzenie działań kompensacyjnych pozostałych umocnień, z wykorzystaniem konstrukcji ekologicznych przejść wykonanych z naturalnych surowców, jakimi są kamień łamany, otoczaki, kamienie polne, głązy, bloki skalne, żwir, tłuczeń oraz drewno (dzięki którym powstają liczne luki i szczeliny niezbędne dla małych organizmów wodnych). Działania te zarówno poprawiłyby walory hydro-morfologiczne rzeki, jak i ułatwiłyby wędrówkę ryb i makrozoobentosu.

Wspomniane działania pozwoliłyby na restytucję gatunków dwuśrodowiskowych w dorzeczu Nysy Łużyckiej, z których głównie certa znalazłaby tu najdogodniejsze warunki do odbycia tarła i odchowu narybku.

Literatura

- ALLAN D.J., 1998. *Ekologia wód płynących*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- BŁACHUTA J., 2006. Wpływ zabudowy hydrotechnicznej rzek na ryby. W: *Jak chronić się przed powodzią, minimalizując straty środowiskowe?* Red. J. Żelaziński, R. Waręty. Towarzystwo na rzecz Ziemi, Oświęcim: 27-32.
- CZAMARA W., 1993. Ekologiczne przesłanki zmian w sposobie użytkowania obiektów hydrotechnicznych dolnego Bobru. W: *Materiały konferencji „Współczesne problemy inżynierii wodnej”*. Poręba k. Myślenic. 15-16 XI 1993. Politechnika Krakowska, Kraków: 191-193.
- CZAMARA W., 1996. Analiza przyczyn zubożenia środowiska wodnego w dolnym odcinku Bobru. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 267, Inż. Środ. 8: 107-115.
- ILNICKI P., 1988. Ekologiczna regulacja cieków wodnych. Cz. III. *Wiad. Melior. Łąk.* 5-6: 148-150.
- LANDESFISCHEREIVERBAND Bayern: Kartier- und Bewertungsverfahren Durchwanderbarkeit von Querbauwerken. 2002. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München.
- SZYMANOWSKI Z., KAZANA R., TYNIEC B., WRÓBLEWSKI T., MORDALSKI F., BŁACHUTA J., NAPONA K., WIŚNIEWSKI W., WITKOWSKI A., 2001. Techniczno-ekonomiczna koncepcja umożliwiająca i ułatwiająca przemieszczanie się ryb w rzekach na obszarze RZGW we Wrocławiu (ze szczególnym uwzględnieniem ryb wędrownych). *Maszynopis. IMiGW*, Wrocław.
- WIŚNIEWSKI W., 2003. Możliwości przeciwdziałania skutkom przegradzania i odtwarzania szlaków migracji ryb. *Suppl. Acta Hydrobiol.* 6: 45-64.
- ZGRABCZYŃSKI J., 2007. Identyfikacja i ocena sprawności przepławek dla ryb w regionie wodnym Warty. *Nauka Przyr. Technol.* 1, 2, #35.
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J., 1993. *Ochrona środowiska w budownictwie wodnym*. Materiały informacyjne. MOŚZNIŁ, Warszawa.

ASSESSING CHANNEL PATENCY FOR THE EXAMPLE OF THE NYSA ŁUŻYCKA RIVER ON THE PORAJÓW–SOBOLICE SECTION

Summary. Building of hydrotechnical constructions on free flowing rivers inevitably leads to fundamental changes in their function and structure. Natural ecosystems of the flowing waters form a continuous chain from their sources to their outlets in which the processes in the upper course have impact on the lower river. Hydrotechnical constructions interrupt this natural interactions for both floodplains and river bed. Therefore restoring biological throughput of the flowing waters is critical to maintain ecological function of the waters. Due to a big number of the different kinds of hydrotechnical constructions separating some river channels it is essential to set up priorities for the activities enabling to improve this situation and to introduce the constructions that more account for the nature. This kind of initiative can be only done through the appropriate and up-to-date inventory of the existing hydrotechnical constructions. In Poland there is still a need to develop a consistent methodology to assess hydrotechnical constructions in order to assign the priorities for increasing river patency. The article presents a method for hydrotechnical construction mapping and inventory. Preliminary results of the channel patency assessment are presented for the Nysa Łużycka River on the section of 196+360 km – 111+630 km. Analysing current state of this section allows to indicate these hydrotechnical constructions that after their rebuilding or renewal a free migration of the river habitat would be enabled.

Key words: river, hydrotechnical construction, channel patency

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Mariusz Adynkiewicz-Piragas, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie, Oddział we Wrocławiu, ul. Parkowa 30, 51-616 Wrocław, Poland, e-mail: Mariusz.Adynkiewicz@imgw.wroc.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

28.04.2009

Do cytowania – For citation:

*Adynkiewicz-Piragas M., Lejcuś I., 2009. Ocena ciągłości ekologicznej koryta rzecznoego na przykładzie Nysy Łużyckiej na odcinku Porajów–Sobolice. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #78.*

