

*Agnieszka Bańkowska, Karolina Sawa, Zbigniew Popek,
Michał Wasilewicz, Jan Żelazo*

**STUDIA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW
RENATURYZACJI RZEK**

***STUDY OF RIVER RESTORATION PROJECTS
ON SELECTED EXAMPLES***

Streszczenie

W pracy przedstawiono charakterystyki sześciu wybranych projektów renaturyzacji rzek, z których trzy opracowano w Polsce oraz po jednym w Danii, Anglii i Niemczech. Pięć z tych projektów zostało już zrealizowanych, w tym jeden częściowo, natomiast w jednym przypadku przedstawiono opracowanie koncepcyjne. Przy wyborze obiektów kierowano się ich zróżnicowaniem pod względem celów projektu, skali przedsięwzięcia i zastosowanych środków technicznych. Na tej podstawie wykonano analizy działań renaturyzacyjnych pod kątem celów i zakresu prowadzonych robót. Podstawowym celem renaturyzacji jest poprawa warunków środowiskowych, przyrodniczych i krajobrazowych z tym, że w poszczególnych projektach cel ten jest osiąganym różnymi środkami. Zasadą jest uwzględnianie w projektach wielu dodatkowych celów, w tym związanych z gospodarczym wykorzystaniem rzeki i doliny, do których między innymi można zaliczyć poprawę warunków ochrony przed powodzią, funkcjonowania infrastruktury technicznej i żeglugi oraz rozwój turystyki i rekreacji.

Słowa kluczowe: renaturyzacja rzek, cele i zakres renaturyzacji, studium projektów

Summary

This paper presented the characteristics of six chosen river restoration projects, which three of them have been developed in Poland and single in Denmark, England and Germany. Five of that projects have been realized, in it one partly, however in one case conception project was presented. In selection of cases guided of their differentiation in regarding to project's aims, scale of investment

and technical measures used. This was a base for analysis river restoration projects regarding to aims and scope of works. The main aim of river restoration is improvement of environmental, natural and landscape conditions, but in each project this aim is achieved by using different measures. The principle is that project includes of a number supplementary aims, therein connected with river's and valley's economic utilization, to which can by inter alia accepted improvement of flood protection, navigation condition technical infrastructure operating and development of tourism and recreation.

Key words: *river restoration, aims and scope of river restoration, case study*

WPROWADZENIE

Podstawowym celem renaturyzacji jest poprawa warunków abiotycznych i stanu środowiska przyrodniczego wód. Potrzeba działań z zakresu renaturyzacji została jednoznacznie wskazana w Ramowej Dyrektywie Wodnej, którą Polska jest zobowiązana wdrożyć. Konieczność takich działań z zakresu renaturyzacji akcentuje także Ustawa Prawo Wodne, które wśród obowiązków właściciela śródlądowych wód powierzchniowych wskazuje dbałość o utrzymanie dobrego stanu ekologicznego wód oraz współdziałanie w odbudowywaniu ekosystemów zdegradowanych przez niewłaściwą eksploatację zasobów wodnych.

Mimo jednoznacznego przekonania o konieczności podejmowania przedsięwzięć renaturyzacyjnych, skala działań w tym zakresie jest ciągle skromna. Brak jest programu wskazującego kierunki działań w zakresie renaturyzacji rzek i dolin, opartego na dobrych praktykach waloryzacyjnych cieków. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że przedsięwzięcia renaturyzacji rzek w Polsce, są bardziej efektem pracy i działań hobbystów niż wynikiem analizy i oceny potrzeb związanych z poprawą stanu środowiska. Przyczyny takiego stanu są zapewne różne, jednak jako jedną z głównych można wskazać mankamenty w przygotowaniu przedsięwzięcia inwestycyjnego, w tym nieprzekonujące przedstawianie celów i skutków planowanego przedsięwzięcia renaturyzacyjnego. Cele te powinny być efektem wnikliwych rozpoznań środowiska przyrodniczego, warunków hydrologicznych i hydraulicznych, potrzeb społeczno-gospodarczych, możliwości rekreacyjnych itp., a przyjęte do realizacji rozwiązanie – efektem rozsądnego kompromisu. Świadomość różnorodnych korzyści (zarówno o charakterze ekologicznym, jak i gospodarczym), wynikających z renaturyzacji rzek oraz ich upowszechnienie, może sprzyjać podjęciu inicjatyw z tego zakresu, jak i zwiększyć szanse ich finansowania. W prezentowanym opracowaniu, przedstawiono analizę celów przedsięwzięć renaturyzacyjnych, problemy związane z przygotowaniem tych przedsięwzięć oraz uzyskane efekty. Wybrano przykłady 6 przedsięwzięć o zróżnicowanych celach i zakresie działań, co daje możliwość zaprezentowania złożoności problematyki renaturyzacji rzek oraz pokazania trudności w przygotowaniu procesu inwestycyjnego. Projekty renaturyzacji rzek Izary (Niemcy), Skjern (Dania), Cole (Anglia) oraz

Kwaczy (Polska) zostały zrealizowane, natomiast pozostałe – renaturyzacji fragmentu Wisły w Warszawie oraz stosunków wodnych na części Biebrzńskiego Parku Narodowego są studiami koncepcyjnymi.

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW PRZEDSIĘWZIĘĆ RENATURYZACYJNYCH

Renaturyzacja rzeki Kwaczy. Kwacza, dopływ Słupi (woj. pomorskie) jest rzeką o długości 21 km. Pierwsze prace regulacyjne, przeprowadzone w XIX w., spowodowały zmniejszenie krętości rzeki oraz ujednoczenie kształtu przekrojów poprzecznych koryta. W latach późniejszych wykonano jazy i zastawki, co ograniczyło drożność ekologiczną rzeki i spowodowało odizolowanie tarlisk znajdujących się w źródłowym jej odcinku. Ryby (głównie łososiowate) miały niezaburzony szlak migracyjny jedynie do pierwszego jazu, zlokalizowanego 2 km od ujścia.

Renaturyzacja ujściowego odcinka rzeki Kwaczy była elementem dużego projektu pod tytułem: „Ochrona naturalnego tarła łososia atlantyckiego i troci wędrownej w dorzeczu Słupi”, realizowanego przez Park Krajobrazowy „Dolina Słupi”. Projekt został sfinansowany głównie przez fundację „Eko-Fundusz” oraz WFOŚ i GW w Gdańsku. Celem projektu była poprawa warunków bytowania i migracji troci i łososi w dostępnej dla nich części dorzecza Słupi oraz udrożnienie niedostępnych dla ryb odcinków rzek. Najważniejszym aspektem projektu było zwiększenie różnorodności mikrosiedlisk oraz stworzenie biotopów, w których ryby odbywają tarło i gdzie dorasta narybek. Objęty projektem odcinek Kwaczy znajduje się między ujściem do Słupi (km 0+000) a jazem w km 2+450.

Ogólna koncepcja prac, rozpoczętych w 2007 roku, zakładała wykonanie różnych elementów technicznych, które spowodują zwiększenie aktywności hydraulicznej strumienia płynącej wody, a w konsekwencji urozmaicenie koryta. Przyjęto założenie, że ujściowy odcinek rzeki przejmie funkcję tarlisk położonych w górze rzeki i odciętych przez spiętrzenia rzeki.

W ramach prac zwiększających różnorodność siedliskową koryta wykonano następujące zadania (materiały szkoleniowe, 2009):

– wykonano 5 obejść istniejącego koryta dla wód wielkich (rys. 1). Wykonano je w formie kanałów ulgi, jednak w ten sposób, aby woda znajdowała się w nich nawet w okresie najniższych stanów. Pozwoliło to na pozostawienie w korycie głównym powalonych drzew, które stanowią bardzo cenne mikrosiedliska, a jednocześnie zmniejszają przepustowość koryta, co w okresie przed budową kanałów ulgi było przyczyną zalewania użytków rolnych;

– ułożono w nurcie 23 sztuczne struktury w postaci pryzm kamiennych na materacach faszynowych, stabilizowanych dodatkowo palikami. Różnicują one rozkłady strug wody w korycie (strefa cienia hydraulicznego za przeszkodą).

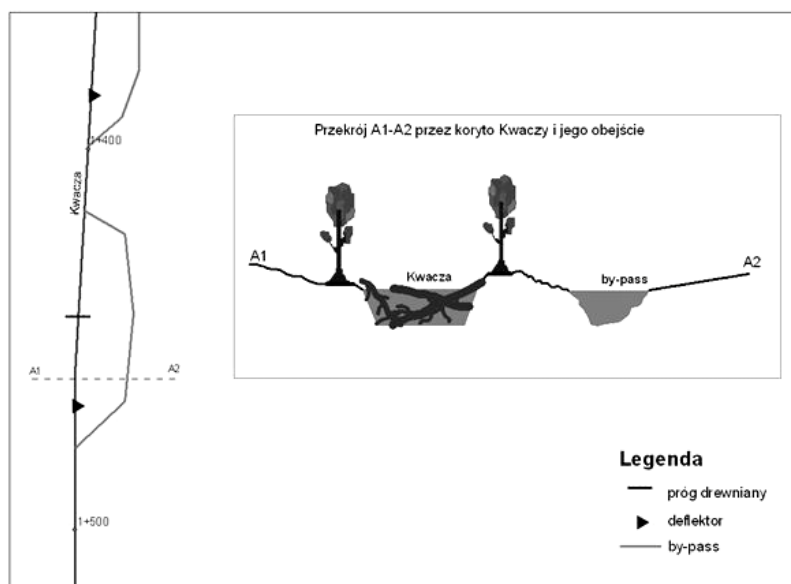
Struktury te wynurzają się ponad zwierciadło wody jedynie przy przepływach niskich;

– wykonano 12 progów z kłód drewnianych i ok. 30 kierownic (deflektorów) z pni drewnianych lub kamienia, mających zróżnicować topografię dna poprzez generowanie lokalnych rozmyć i miejsc depozycji rumowiska. Stworzyło to miejsca schronienia dla zwierząt i możliwość osadzania się kęp makrofitów unoszonych prądem wody (głównie chronionych włosieniczników). Do budowy progów i kierownic wykorzystano kłody z drzew wyciętych w ramach doświetlania koryta;

– wycięto 35 kęp nadbrzeżnych olch w celu stworzenia warunków dla rozwoju roślinności wodnej i wykonano umocnienia z pni drewnianych stabilizujące brzegi narażone na erozję boczną;

– wykonano zatoczki i miejsca ze stagnującą wodą, głównie dla narybku karpiowatych i szczupaka, do koryta wysypano kilkaset ton żwiru i kamieni w celu uzyskania materiału dennego podobnego do występującego w naturalnych tarliskach ryb łososiowatych;

– poprawiono warunki migracji wzdłuż biegu rzeki poprzez wykonanie obejścia jazu w formie przepławki dla ryb, odtworzono połączenia koryta głównego ze starorzeczem w ujściowym odcinku rzeki oraz zastąpiono stalowy przepust u ujścia Kwaczey mostem o konstrukcji drewnianej.



Rysunek 1. Schemat kanałów ulgi rzeki Kwaczey
Figure 1. The scheme of by-pass channels the Kwacza River

Renaturyzacja rzeki Skjern. Rzeka Skjern jest największą rzeką Danii, która w latach 1962–1966 została drastycznie przekształcona [www.cress.stir.ac.uk]. Na znacznej długości koryto rzeki zostało uregulowane, a łąki i tereny zalewowe zredukowano do niewielkich obszarów na obrzeżach miast. Zabiegi te doprowadziły do znacznego pogorszenia walorów środowiskowych, skutkującego między innymi osiadaniami torfowisk, wzrostem zawartości biogenów w wodzie rzecznej oraz spadkiem różnorodności gatunkowej fauny i flory.

W 1997 roku parlament duński przedstawił projekt ustawy dotyczącej renaturyzacji rzeki Skjern, którego założeniem było przywrócenie jej do stanu sprzed regulacji. Przedsięwzięcie objęło obszar 22 km², a jako główne cele projektu wskazano [Alwan i in. 2001]: poprawę jakości wody w rzece i Morzu Północnym, wzrost zdolności retencjonowania związków azotu i fosforu w zlewni, przywrócenie meandrującego charakteru koryta rzeki i cennych terenów podmokłych, wzrost bioróżnorodności, rozwój rekreacji i turystyki w dolinie rzeki, promowanie rybołówstwa oraz zapewnienie ochrony przeciwpowodziowej.

W celu ograniczenia dopływu do rzeki zanieczyszczeń rolniczych wykupiono tereny przyległe do rzeki i zmieniono ich użytkowanie z gruntów ornych na ekstensywne pastwiska, okresowo zalewane wodami wielkimi. Odzyskano w ten sposób naturalną zdolność użytków zielonych do zatrzymywania składników odżywczych zawartych w wodzie (według Rasmussena [2005] jeden hektar łąki może absorbować w czasie zalewu 70 kg fosforu). Odtworzone tereny podmokłe i łąki przyczyniły się więc do poprawy jakości zarówno wód rzecznych, jak i w Morzu Północnym. Ponadto, zalewy terenów dolinowych w okresach wezbrań spowodowały zwiększanie czasu retencji wody, a tym samym zmniejszenie ryzyka wystąpienia powodzi w dole rzeki.

Istotnym założeniem projektu renaturyzacji rzeki Skjern było przywrócenie powierzchni zapewniającej dobre warunki życia dla fauny i flory, związanej z rzeką i obszarami nadbrzeżnymi. Różnorodność siedliskowa i gatunkowa zdecydowanie wzrosła dzięki urozmaiceniu morfologii koryta rzeki oraz poprawie jakości wody. Dzięki pojawieniu się odpowiednich miejsc schronienia i do zerowania wzrosła w rzece populacja łososia i pstrąga. Obszar stał się przyjazny dla gniazdowania ptaków, szczególnie dla gatunków związanych z terenami podmokłymi, trzcinowiskami i łąkami, a także miejscem do odpoczynku i żerowania kaczek, gęsi i łabędzi w czasie migracji. W efekcie pojawienia się gatunków roślin i zwierząt chronionych dolina rzeki Skjern została włączona do sieci Natura 2000 [Linnemann 2007].

Renaturyzacja rzeki Izary (Niemcy). Rzeka Izara (niem. *Isar*) płynie przez terytorium Austrii i Niemiec, jej powierzchnia zlewni liczy 8900 km². Ma swoje źródła w Alpach austriackich, uchodzi do Dunaju na terenie Niemiec. Monachium jest największym miastem położonym nad Izarą. Renaturyzacja została wykonana na odcinku miejskim tej rzeki o łącznej długości 8,3 km [Schaufuss 2003; www.wrrl.info.de].

Izara miała pierwotnie charakter typowej rzeki górskiej. Na odcinku w Monachium płynęła szerokim, stale zmieniającym się korytem, posiadającym liczne odnogi. W trakcie wezbrań wody rzeki stale podtapiały niżej położone dzielnice Monachium [Arzet, Joven 2008; www.wrrl.info.de). Potrzeby ochrony przeciwpowodziowej, a także produkcja energii elektrycznej stały się powodem regulacji rzeki rozpoczętej na początku XIX w. Koryto Izary uzyskało stałą szerokość 150 m i jednolity geometrycznie przekrój poprzeczny. Wzniesiono wały przeciwpowodziowe i ukształtowano tereny zalewowe. Na niektórych odcinkach nadano skarpom brzegowym niemal pionowy charakter i zastosowano dodatkowe betonowe umocnienia. Niemal równoległe do nowo ukształtowanego biegu rzeki poprowadzono kanał (tzw. Izar-Werkkanal), połączony z korytem szeregiem śluz. Na kanale wzniesiono 3 elektrownie wodne. Pobór wody na cele produkcji energii wynosił nawet do 90 m³/s, podczas gdy „do dyspozycji” rzeki pozostawiano tylko ok. 5 m³/s. Przy czym ten minimalny przepływ zachowywano średnio jedynie przez ok. 200 dni w roku. Powodowało to niemal zupełny zanik przepływu w korycie w okresach letnich. W 1959 r. wybudowano na Izarze powyżej Monachium zbiornik przeciwpowodziowy Silversteinspeicher, co nasiliło zjawisko erozji dennej na dolnym odcinku rzeki. W celu ograniczenia erozji wybudowano wiele niskich progów betonowych. Regulacja rzeki oraz pobory wód spowodowały znaczne zmiany reżimu hydrologicznego rzeki i warunków transportu rumowiska. Przekształcenia te spowodowały zmianę warunków siedliskowych, co negatywnie wpłynęło na florę i faunę, a także wartości krajobrazowe rzeki. Znacznie zaburzona została także ekologiczna ciągłość rzeki i jej funkcja jako korytarza ekologicznego [Schaufuss 2003; Arzet, Joven 2008; www.wrrl.info.de].

Pierwsze założenia do projektu renaturyzacji rzeki powstały w latach 60. XX wieku w grupie roboczej o nazwie Plan Izary, w skład której wchodziła przedstawiciele władz samorządowych i wielu instytucji branżowych. Na etapie inicjowania, planowania, i realizacji procesu renaturyzacji zaangażowany był także tzw. „Isar-Allianz”, skupiający organizacje ochrony środowiska, związki sportów wodnych i wędkarskie. Najważniejszymi założeniami Planu Izary było [Schaufuss 2003; Arzet, Joven 2008; www.wrrl.info.de]:

- nadanie rzece bardziej naturalnego wyglądu i jej wkomponowanie w krajobraz,
- poprawa bezpieczeństwa powodziowego,
- poprawa ciągłości rzeki poprzez przebudowę istniejącej zabudowy poprzecznej i/lub budowę przepławek,
- poprawa ekologicznej łączności rzeki z terenami zalewowymi poprzez przebudowę brzegów i wałów,
- poprawa warunków środowiskowych i różnorodności siedliskowej – tworzenie i rozbudowa struktur rzecznych istotnych dla bytowania i rozwoju flory i fauny,

- zwiększenie aktywności morfodynamicznej rzeki poprzez zapewnienie jej odpowiedniej przestrzeni i ciągłości transportu rumowiska,
- zwiększenie ilości wody pozostawianej w korycie rzeki (zmiana gospodarowania wodą przez energetykę wodną),
- poprawa warunków rekreacji i zwiększenie dostępności rzeki (koncentracja użytkowania rekreacyjnego w odpowiednich miejscach i zmniejszenie presji rekreacji w innych), m.in. poprzez odpowiednie ukształtowanie brzegów,
- poprawa jakości wody.

Prace renaturyzacyjne objęły zatem następujące strefy: koryto, strefę brzegową oraz międzywał. W celu zwiększenia przepustowości poszerzono koryto wody średniej z 50 m do 90 m. Dla zapewnienia jego drożności usunięto z koryta największe przeszkody mogące stwarzać ryzyko wylewów, a usunięte pnie i gałęzie drzew umieszczono na innych stanowiskach, na których lokalne spiętrzenia nie stanowiły zagrożenia. W ten sposób zachowano w rzece elementy stanowiące siedliska, schronienia czy żerowiska organizmów wodnych. Dla zapewnienia ekologicznej ciągłości rzeki i możliwości migracji organizmów wodnych, przebudowano progi betonowe w płaskie, kamienne pochylnie o zwiększonej szorstkości [Schaufuss 2003; Arzet, Joven 2008; www.wrrl.info.de].

W wybranych miejscach usunięto umocnienia w celu zapewnienia rzece możliwości swobodnego kształtowania linii brzegowej. Ukształtowano tzw. brzegi rozwojowe: między wałami przeciwpowodziowymi a korytem utworzono rowy o szerokości 1,5–2 m wypełnione materiałem kamiennym. Rowy te, określane jako „śpiące umocnienia”, stanowią granicę, do której rzeka może swobodnie erodować i kształtować swoje brzegi. W ten sposób stworzono Izarze przestrzeń do aktywności morfodynamicznej, eliminując ryzyko nadmiernej erozji brzegów (rys. 2).



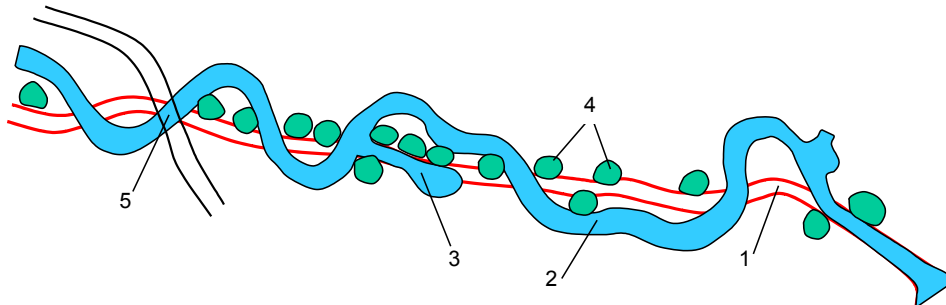
Rysunek 2. „Śpiące” umocnienia brzegowe rzeki Izary
Figure 2. „Slipping” bank protection structure of the Isar River

Skarpom brzegowym nadano mniejsze nachylenie (ok. 1:10), czyniąc brzegi bardziej dostępne dla roślinności, jak również dla mieszkańców miasta. W tym samym celu ukształtowano także łąki nadrzeczne: poprzez odpowiednie tarasowanie zmniejszeniu uległy różnice wysokości między terenami nadrzecznymi a korytem [Schaufuss 2003; Arzet, Joven 2008; www.wrrl.info.de].

Renaturyzacja rzeki Cole (Anglia). Projekt zrealizowany jesienią 1995 roku obejmował renaturyzację dwóch odcinków rzeki o łącznej długości 1300 m [Przyjazne naturze... 2006]. Celem projektu było odtworzenie koryta meandrującego oraz przywrócenie dawnej częstości zalewów doliny wodami roztopowymi. Na dolnym odcinku rzeki (długości 700 m) rzędne dna zostały podniesione o około 1,0 m w stosunku do istniejących w korycie uregulowanym. Podwyższenie dna umożliwiło ponadto podpiętrzenie wód górnego odcinka rzeki, co przywróciło dawny poziom wody w istniejącym tam zbiorniku przy młynie oraz w kanale obiegowym młyna.

Projekt trasy koryta meandrującego uwzględniał zachowanie istniejących dojrzałych wierzb, które wyrosły na brzegach koryta uregulowanego [Żelazo, Popek 2002]. Stare, wyprostowane koryto zostało w większości zasypane, a tylko niewielki fragment został wykorzystany do uformowania zastoiskowej zatoki (rys. 3). Dno rzeki poprowadzono ze zmiennym spadkiem w zakresie 1–1,35 ‰. Wymiary przekrojów poprzecznych i ich kształt dostosowano do układu poziomego rzeki oraz do maksymalnej przepustowości koryta, wymaganej dla letnich wezbrań opadowych. W celu zabezpieczenia koryta przed erozją wgłębną, na początku odcinka wykonano próg gabionowy. Funkcję stabilizacji dna spełniają również 2 brody zlokalizowane na przecięciu nowego koryta ze szlakiem do jazdy konnej. W miejscach brodów dno rzeki i łagodnie nachylone skarpy zostały wzmocnione narzutem kamienno-żwirowym na geowłókninie. Na pozostałym odcinku koryta, praktycznie nie wykonano żadnych umocnień skarpy – jedynie w kilku miejscach na brzegach wklęsłych posadzono drzewa, a na skarpach ułożono maty faszynowe.

Koncepcja częściowej renaturyzacji Wisły w Warszawie. Koncepcja powstała w SGGW [Damiński i in. 2008] na zlecenie Urzędu m.st. Warszawy i dotyczyła śródmiejskiego odcinka Wisły w km 510–522. Podstawą opracowania koncepcji były wcześniejsze dokumenty planistyczne: *Strategia rozwoju Warszawy do 2020 roku* [Strategia... 2005] oraz *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy* [Studium... 2006], w których wskazuje się na konieczność wzmocnienia i poszerzenia roli Wisły jako zasadniczego elementu systemu przyrodniczego miasta i jego struktury przestrzennej. Z kolei w *Koncepcji programowo-przestrzennej Wiślanego Parku Przyrodniczego w Warszawie – projekt konkursowy* [Chojnacki 2006] postuluje się zagospodarowanie terenów nadbrzeżnych zgodnie z wymogami ochrony wartości przyrodniczych i dziedzictwa kulturowego, a za podstawowy środek transportu w obrębie parku przyjmuje się tramwaj wodny.



Rysunek 3. Plan sytuacyjny fragmentu dolnego odcinka rzeki Cole po wykonaniu renaturyzacji; 1 – koryto uregulowane, 2 – nowe koryto, 3 – zatoka, 4 – istniejące skupiska drzew i krzewów, 5 – bród na trasie szlaku do jazdy konnej (Z. Popek)
Figure 3. Situation plan of a lower part of the Cole River after restoration; 1 – regulated channel, 2 – new channel, 3 – river bay, 4 – existing aggregation of trees and shrubs, 5 – ford on horse way

Koncepcja częściowej renaturyzacji Wisły w Warszawie została opracowana w sposób kompleksowy, uwzględniając następujące cele strategiczne:

- poprawę warunków funkcjonowania infrastruktury technicznej związanej z rzeką oraz bezpieczeństwa powodziowego w obszarze tzw. gorsetu warszawskiego;
- poprawę warunków ochrony przyrody, w tym w szczególności ptaków chronionych w ramach systemu Natura 2000;
- udostępnienie atrakcyjnych terenów rekreacyjnych mieszkańcom Warszawy;
- poprawę warunków żeglugowych na rzece;
- poprawę warunków do uprawiania sportów wodnych.

W ramach koncepcji opracowano warianty przebudowy koryta Wisły, a także przedstawiono propozycje zmiany zagospodarowania terenu międzywala oraz bezpośrednio powiązanych z rzeką obszarów miasta. W odniesieniu do koryta Wisły przyjęto założenie, że w efekcie jego przebudowy rzeka powinna uzyskać roztokowy charakter, co wymaga poszerzenia koryta, zróżnicowania linii brzegowej i stworzenia warunków do samoistnego odtwarzania się wysp, odsypisk i plaż. Poszerzenie koryta nie powinno jednak powodować całkowitej zmiany obecnie uformowanej trasy regulacyjnej (głównie za pomocą tam poprzecznych).

Biorąc pod uwagę powyższe założenia, opracowano dwa podstawowe warianty kształtowania koryta Wisły na odcinku miejskim. W wariantcie 1. (W1) zaproponowano odcięcie (lub przecięcie) tam poprzecznych w rejonie praskiego brzegu i uformowanie bocznego koryta o szerokości 20–50 m. Pozostawienie przynurtonych części ostróg umożliwi ustabilizowanie wytworzonych w ten

sposób wysp (rys. 4). Wariant W2 zakłada skrócenie ostróg w celu zwiększenia szerokości trasy regulacyjnej z 225 do 340 m, tj. do stanu, jaki był na początku lat 60. ubiegłego wieku. Ponadto, w dodatkowych wariantach A i B przewidziano wykonanie budowli piętrzących w celu stabilizacji dna rzeki oraz poprawienia warunków żeglugi poprzez podniesienia poziomu wód średnich o 0,2–0,3 m i niskich o 0,5–0,6 m. Wariant A zakłada budowę trzech progów dennych oraz trzech śluz żeglugowych albo jednej śluzy i dwóch kanałów obiegowych. Natomiast w wariantcie B zaproponowano budowę jednego jazu powłokowego z niskim progiem i śluzą, zlokalizowanego poniżej wejścia do Kanału Żerańskiego. Podstawowym zadaniem jazu będzie regulacja poziomów wód niższych od średniej, w celu zwiększenia głębokości wody w okresie żeglugi na całym rozpatrywanym odcinku rzeki. Na podstawie uproszczonej analizy wielokryterialnej oceniono poszczególne warianty, w tym dodatkowe stanowiące kompilację wariantów W1 i W2 oraz A i B, a także wariant W0, tj. bez zmiany zabudowy regulacyjnej koryta i z zachowaniem koryta Wisły w obecnym stanie [Popek i in. 2009]. Stwierdzono, że najkorzystniejsze są warianty W1B i W2B, tj. polegające na odcięciu lub skróceniu ostróg z jednoczesną budową jazu powłokowego. Jednakże, ostatecznie za najbardziej korzystny uznano wariant W1B, tj. zakładający utworzenie, w oparciu o przynurtowe części istniejących ostróg, ciągu wysp i odsypisk, które byłyby nie tylko atrakcyjnym elementem krajobrazu, ale również spełniały ważne funkcje przyrodnicze na obszarze Natura 2000.



Rysunek 4. Schemat uformowania bocznego koryta Wisły i wysp w rejonie Saskiej Kępy (Damiński i in. 2008).

Figure 4. Outline of formation a lateral Vistula riverbed and islands in Saska Kępa area

Zamierzenia renaturyzacyjne na obszarze Biebrzańskiego Parku Narodowego. Głównym zagrożeniem dla Biebrzańskiego Parku Narodowego jest, występujące na części jego obszaru, zbyt duże, okresowo występujące obniżenie poziomu wód gruntowych, którego skutkiem jest przesuszenie torfowisk i ich mineralizacja. W warunkach naturalnych stosunki wodne na obszarze rozległego i płaskiego basenu środkowego kształtowały rzeki: Biebrza, Netta, Jędrznia i Ełk. W połowie XIX wieku wykonane zostały duże kanały odwadniające:

Woźnawiejski i Rudzki oraz wiele mniejszych, co zmieniło układ hydrograficzny i sposób zasilania w wodę w Basenie Środkowym Bagien Biebrzańskich. Ten sztuczny układ hydrograficzny miał na celu stworzenie warunków do rolniczego wykorzystania terenu. Dla ekosystemów bagiennych oznaczało to jednak dramatyczną zmianę warunków zasilania, co doprowadziło do zatrzymania procesów torfotwórczych, degradacji gleb torfowych i radykalnych przeobrażeń związanych z nimi ekosystemów.

W celu poprawy warunków ochrony zasobów przyrodniczych BPN podjęto działania renaturyzacji stosunków wodnych w części Środkowego Basenu doliny Biebrzy, której głównym elementem jest ukształtowanie stosunków wodnych, zbliżonych do tych, który występowały przed wybudowaniem kanałów odwadniających. Koncepcja działań technicznych dla renaturyzacji stosunków wodnych w Środkowym Basenie zakłada [Żelazo, Popek 2002; Okruszko 2005]:

- odtworzeniem na długości ok. 600 m zasypanego koryta Ełku oraz przebudowę węzła rozrządu wody Modzelówka w celu skierowania wód do zrenaturyzowanego Ełku,

- renaturyzację rzeki Jegrzni przez udrożnienie koryta Jegrzni poniżej wlotu do Kanału Woźnawiejskiego, w celu zapewnienia przepływu w okresie stanów niskich oraz przejścia znacznej części wód wielkich, które obecnie przepływają Kanałem Woźnawiejskim,

- wybudowanie jazu umożliwiającego sterowanie rozrządem wody do koryt Jegrzni i Kanału Woźnawiejskiego,

- ograniczenie przepustowości i podpiętrzenie poziomu wody w korycie Kanału Woźnawiejskiego,

- usunięcie lokalnych przeszkód w korycie Martwego Ełku, uniemożliwiających lub nadmiernie utrudniających przepływ niezbędnej ilości wody,

- podpiętrzenie wody w Kanale Rudzkim (wybudowanie dwu budowli piętrzących).

DYSKUSJA ANALIZOWANYCH ROZWIĄZAŃ PROJEKTOWYCH

Analizowane przykłady uprawniają do stwierdzenia, że renaturyzacja rzek jest praktyczną reakcją specjalistów gospodarki wodnej i przyrodników na pogarszający się stan środowiska przyrodniczego rzek i dolin, będący efektem wcześniejszych działań technicznych związanych z regulacją i zagospodarowaniem rzek. Wydaje się, że u podstaw tej reakcji leży pełniejsza wiedza o funkcjonowaniu ekosystemów rzecznych i jego wysokich walorach przyrodniczych, w szczególności o wzajemnych powiązaniach warunków morfologicznych, hydraulicznych i hydrologicznych z różnorodnością biologiczną. Istotna jest także modyfikacja wizji gospodarowania wodą, która postuluje ograniczenie intensywnego gospodarczego wykorzystania rzek i ich dolin.

Renaturyzacja powinna uwzględniać wielofunkcyjność rzek i dolin. Szanse na realizację przedsięwzięć renaturyzacyjnych na rzekach rosną, gdy działania te, obok poprawy stanu przyrodniczego rzek, przynoszą także inne korzyści, np. gospodarcze, związane z turystyką i rekreacją i inne. Wszystkie omówione przykłady charakteryzują się kompleksowym podejściem – obok podstawowego celu renaturyzacji uwzględniano w nich również cele dodatkowe, co dokumentuje zestawienie zawarte w tabeli 1.

Tabela 1. Cele podstawowe i dodatkowe analizowanych przedsięwzięć renaturyzacyjnych
Table 1. The main and supplementary aims of analyzed restoration projects

Projekt Project	Cel podstawowy Main aim	Cele dodatkowe Supplementary aims
Kwacza	Poprawa warunków bytowania i migracji ryb	– zwiększenie aktywności hydraulicznej strumienia wody, – zwiększenie różnorodności siedliskowej – ochrona przed powodzią
Cole	Odtworzenie meandrującego koryta	– przywrócenie dawnych poziomów wody – zapewnienie ochrony przeciwpowodziowej – restrukturyzacja użytkowania gruntów – rozwój rekreacji – zwiększenie różnorodności siedliskowej
Skjern	Poprawa jakości wody w rzece i zatoce	– nadanie rzece bardziej naturalnego wyglądu – odtworzenie terenów podmokłych – wzrost bioróżnorodności – rozwój rekreacji i turystyki – zapewnienie ochrony przeciwpowodziowej – zmiana użytkowania gruntów
Izara	Poprawa warunków abiotycznych	– poprawa bezpieczeństwa powodziowego – poprawa ciągłości rzeki – wzrost różnorodności siedliskowej – zwiększenie ilości wody pozostawianej w korycie rzeki – zwiększenie dostępności rzeki
Wisła	Poprawa walorów krajobrazowych i rekreacyjnych	– poprawa warunków ochrony przyrody – poprawa bezpieczeństwa powodziowego – poprawa funkcjonowania infrastruktury technicznej – poprawa warunków żeglugowych – rozwój turystyki i rekreacji
Biebrza	Przywrócenie stosunków wodnych	– ochrona ekosystemów bagiennych – zatrzymanie sukcesji roślinnej – zmiana obecnego systemu hydrograficznego – zapewnienie ochrony przeciwpowodziowej – zmiana struktury użytkowania gruntów

Dobrym przykładem korzyści gospodarczych uzyskiwanych w efekcie renaturyzacji rzeki jest poprawa warunków ochrony przeciwpowodziowej. W przypadku rzek Skjern i Cole odtworzono naturalną retencję dolinową i wzrost częstości zalewów, co było możliwe w wyniku zmiany użytkowania części terenu z gruntów ornych na użytki zielone i mokradła. Z kolei w przypad-

ku Izary w Monachium i Wisły w Warszawie uzyskano wzrost przepustowości koryta głównego w wyniku jego poszerzenia, modyfikacji zabudowy technicznej (progów, ostróg) oraz uporządkowania międzywala. W projekcie Izary stwierdzono konieczność przebudowy istniejących wałów przeciwpowodziowych, jednak zastosowano rozwiązania pozwalające na zachowanie istniejących wałów krajobrazowych i zbliżonego do naturalnego wyglądu terenów nadrzecznych. W tym celu zachowano ukształtowane na wałach zbiorowiska roślinności drzewiastej i krzewiastej. Ryzyko mniejszej stabilności wałów, z uwagi na obecność drzew, skompensowano na kilkusetmetrowym odcinku uszczelnieniem i wzmocnieniem gruntu metodą Mixed-In-Place, polegającą na wgłębnym mieszaniu gruntu z twardniejącą w gruncie mieszaniną cementowo-bentonitową. W miejscach o obniżonej stabilności wałów zdecydowano się na poszerzenie ich przekroju poprzecznego [Schaufuss 2003; Ślizewski 2007; Arzet, Joven 2008].

Proponowany zakres i rodzaj rozwiązań renaturyzacyjnych na obszarze Biebrzańskiego Parku Narodowego jest również silnie zdeterminowany warunkami gospodarczymi – w tym wypadku dopuszczalną zmianą obecnych stosunków wodnych na terenach użytkowanych rolniczo. Zamierzenia renaturyzacyjne stwarzają bowiem perspektywę wystąpienia ostrych konfliktów społecznych. Zmiana stosunków wodnych w kierunku przybliżenia ich do stanu naturalnego, może spowodować istotne utrudnienia, a nawet ograniczenia w rolniczym wykorzystaniu terenów dolinowych. Dlatego też w ramach bardzo szerokiego i złożonego programu renaturyzacji BPN konieczne są również działania o charakterze ekonomicznym, społecznym i socjalnym.

Ważnym, dodatkowym celem renaturyzacji jest poprawa warunków dla rozwoju turystyki i rekreacji. Nadanie rzece naturalnych cech morfologicznych lub niekiedy tylko zbliżonych do typowych dla rzek naturalnych oraz poprawa walorów środowiskowych jest podstawą do stworzenia atrakcyjnych terenów dla rozwoju turystyki i rekreacji. Należy jednak podjąć działania, aby rozwój ten przebiegał w sposób zaplanowany i z ograniczoną ingerencją w środowisko. Dolina i rzeka Skjern stała się atrakcyjna dla turystów, ponieważ zostały utworzone szlaki piesze i rowerowe oraz umożliwiono w wybranych miejscach uprawianie sportów wodnych, wędkarstwa i łowiectwa. Na odcinku Izary w Monachium w międzywalu powstały plaże i tereny rekreacyjne. Podobne rozwiązania zaproponowano w koncepcji renaturyzacji Wisły w Warszawie. Objęto nią odcinek prawego brzegu oraz część koryta i terenu zalewowego w miejscu, które w perspektywie może stanowić fragment terenów sportowo-rekreacyjnych. Renaturyzacja rzeki Cole, z uwagi na wielkość rzeki, nie była dużym przedsięwzięciem. Jednakże i w tym przypadku widoczna jest kompleksowość rozwiązań. Obok działań dla poprawy stanu przyrodniczego rzeki (odtworzenie zalewów, zatoki i strefy zastoiskowe w korycie rzeki, meandry) oraz stabilizacji rzeki po renaturyzacji (próg gabionowy), zrealizowano działania wspomagające rozwój turystyki, tj. wykonano szlaki do przejażdżek konnych, brody przez rzekę, ograniczono zabudowę brzegów.

Renaturyzacja jest na ogół procesem długotrwałym, w skład którego wchodzi różnego rodzaju przedsięwzięcia techniczne oraz samoistne, powstałe w wyniku procesów naturalnych przekształcenia wód i terenów z nimi związanych. Celem przedsięwzięć o charakterze technicznym jest zlikwidowanie przeszkód uniemożliwiających lub ograniczających przebieg procesów fluwialnych. Prace te mają charakter robót inicjujących proces stopniowego powrotu do warunków naturalnych. Po usunięciu przeszkód do naturalnego kształtowania się zarówno warunków abiotycznych, jak i biotycznych następuje drugi etap renaturyzacji – samoistne działania realizowane przez przyrodę, co stopniowo przybliża rzekę do stanu naturalnego. Istotnym elementem tego procesu jest rozwój roślinności i zasiedlenie odcinka rzeki przez organizmy zwierzęce.

Zakres robót wykonywanych w pierwszym etapie renaturyzacji jest zwykle silnie zdeterminowany gospodarczymi funkcjami rzeki. W przypadku rzeki Kwaczy, wykonane roboty nie przywróciły w pełni warunków naturalnych, tj. dostępu ryb wędrownych do tarlisk leżących w górze rzeki, gdzie materiał denny stanowią grubsze frakcje o naturalnym uziarnieniu. Pełna renaturyzacja rzeki polegałaby na takiej modyfikacji wszystkich budowli hydrotechnicznych, aby wędrówki ryb odbywały się na całej długości rzeki. Jednakże założony cel projektu – odtworzenie tarlisk w dolnym odcinku Kwaczy został osiągnięty. Przyczyniła się do tego przepławka na dolnym jazie oraz zmienione warunki hydromorfologiczne. Wykonane deflektory spowodowały zróżnicowanie mikrosiedliskowe w postaci lokalnych rozmyć dna i obszarów spowolnionego przepływu, natomiast kanały ulgi zapewniły utrzymanie w korycie głównym rumożu drzewnego. Zmiana warunków przepływu spowodowała również pojawienie się nieobecnych wcześniej gatunków makrofitów. Tym niemniej, tarliska odtworzone w dolnym odcinku rzeki muszą być stale konserwowane. Prace utrzymaniowe będą polegały na okresowym usuwaniu z dna pokrytego żwirem nanoszonego z prądem wody drobnego materiału tak, aby zapewnione były właściwe warunki do budowy zagłębień tarłowych i rozwoju ikry.

Podstawowymi robotami w pierwszym etapie renaturyzacji rzeki Skjern oraz Cole były roboty ziemne, w wyniku których zostało ukształtowane koryto meandrujące. W rzece Cole brzegi pozostawiono bez umocnień, co umożliwiło swobodne kształtowanie się morfologii koryta. Ponadto, dawało to możliwość obserwacji przebiegu procesu naturalnej sukcesji roślinności brzegowej. Wezbranie wód, które wystąpiło tuż po ukończeniu prac nad nowym korytem, doprowadziło do jego szybkiego i znacznego przekształcenia. Skarpy uległy erozji, przegłębienia zostały wypełnione rumowiskiem oraz doszło do naniesienia ławic piaszczystych i żwirowych, co stworzyło pożądane siedliska na tym odcinku rzeki. Rumowisko zostało również odłożone bezpośrednio poniżej odcinka objętego pracami, co umożliwiło wypływanie przegłębionego dotychczas koryta. Po tych zmianach, dalsze wezbrania nie powodowały większych przekształceń koryta, stabilizując w sposób zadowalający jego zróżnicowaną morfologię. Warto podkreślić, że zastosowane rozwiązania oraz uzyskane efekty były w dużym stopniu zgodne z wynikami badań modelowych. Podobne badania

modelowe wykonano w ramach opracowywania koncepcji renaturyzacji odcinka rzeki Izary w Monachium. Wyniki tych badań umożliwiły wybór optymalnego wariantu przebudowy koryta. Z kolei podstawą do opracowania renaturyzacji stosunków wodnych na terenie BPN były wieloletnie badania (hydrologiczne, hydrauliczne, hydrogeologiczne), które doprowadziły do rozpoznania stosunków wodnych, opracowania stosownych modeli matematycznych opisujących warunki zasilania torfowisk w dolinie Biebrzy i sformułowania oczekiwań wynikających z potrzeb ochrony przyrody. Drugi nurt badań obejmował potrzeby wodne związane z gospodarczym wykorzystaniem terenów położonych w dolinach rzek Jegrzni i Martwego Elku. Bardzo ważnym elementem badań i studiów przedprojektowych było uzyskanie akceptacji rolników (właściciele gruntów) dla działań renaturyzacyjnych. W celu określenia skutków działań inżynierskich przeprowadzono badania symulacyjne przy użyciu modeli numerycznych opracowanych dla analizowanego obszaru.

Warto podkreślić, że pomimo wnikliwych studiów i analiz przedprojektowych przewidywanie efektów renaturyzacji jest zwykle obciążone niepewnością. Przykładowo, nie da się precyzyjnie określić przepustowości koryt po renaturyzacji, zmian morfologicznych w korycie i dolinie, czy też przewidzieć reakcji środowiska przyrodniczego na zmiany wywołane renaturyzacją. Dlatego bardzo ważnym elementem procesu renaturyzacji jest monitoring zmian warunków środowiskowych w wyniku zastosowania środków inżynierskich. Monitoring środowiska powinien być traktowany jako zasadniczy instrument oceny przyjętych rozwiązań, a także stanowić przesłankę do wnioskowania o ich weryfikacji, zmianach lub zaniechaniu realizacji niektórych robót.

PODSUMOWANIE

Omówione przykłady świadczą o dużym zróżnicowaniu prowadzonych działań renaturyzacyjnych pod względem: celów projektu, skali przedsięwzięcia i zastosowanych środków technicznych. Jednocześnie wykazują one oryginalność i różnorodność rozwiązań, które są ściśle związane z charakterystyką i specyfiką obiektu. Cechą charakterystyczną analizowanych projektów jest, że obok działań z zakresu inżynierii wodnej obejmują one również inne, np. z zakresu kształtowania krajobrazu, wprowadzania roślinności, a także przekształcenia własnościowe czy zmiany użytkowania gruntów. Analiza przedstawionych przykładów wskazuje, że istotnym czynnikiem w uzyskaniu akceptacji koncepcji i podjęcia działań renaturyzacyjnych jest bardzo dobrze przygotowane przedsięwzięcie pod względem merytorycznym i logistycznym. Działania te powinny być poprzedzone wnikliwymi i kompleksowymi studiami i przygotowane przez zespoły specjalistów reprezentujących różne specjalności.

BIBLIOGRAFIA

- Alwan A.A, Appiah-Kubi A., Majland-Kristensen P. *The possible impact of the restoration of River Skjern*. Environmental Studies, University of Aarhus, 2001.
- Arzet K., Joven S. *Erlebnis Isar – Fließgewässerentwicklung im städtischen Raum von München*. Korespondenz Wasserwirtschaft. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Nr 1, 2008.
- Chojnacki G. *Koncepcja programowo-przestrzenna Wiślanego Parku Przyrodniczego w Warszawie – projekt konkursowy*. Biuro Kanon – Grzegorz Chojnacki, Otrębusy 2006.
- Damięcki J., Popek Z., Dyjak R., Dymitryszyn I., Worwa D. *Zagospodarowanie brzegów praskich Wisły – Wiślany Park Przyrodniczy*. Samodzielna Pracownia Oceny i Wyceny Zasobów Przyrodniczych SGGW w Warszawie, maszynopis, 2008.
- Linnemann M. *Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area*. Ecological Engineering, 30, 2007.
- Materiały szkoleniowe z warsztatów: Renaturyzacja małych rzek Pomorza na przykładzie dorzecza Ślupi*. Słupsk, 8–9 października 2009.
- Okruszko T. *Kryteria hydrologiczne ochrony mokradeł*. Wyd. SGGW, Rozprawy Naukowe i Monografie, 2005.
- Popek Z., Falkowski T., Ostrowski P. *Analiza potrzeb i możliwości przebudowy koryta Wisły w Warszawie*. Nauka Przyroda Technologie, t. 3, z. 3 #97, 2009.
- Przyjazne naturze kształtowanie rzek i potoków – praktyczny podręcznik*. Polska Zielona Sieć, Wrocław–Kraków 2006.
- Rasmussen J. *The Skjern River- history of the River Valley, major Project, the New landscape and the nature, visiting the River Valley*. Danish Ministry of the Environment, Danish Forest and Nature Agency 2005.
- Schaufuss D. *Neues Leben für den Fluss – Renaturierung der Isar in München*. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Berlin, 11/2003.
- Strategia rozwoju Warszawy do 2020 roku*. Biuro Strategii Rozwoju i Integracji Europejskiej m. st. Warszawy, Warszawa 2005.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego m.st. Warszawy*. Biuro Naczelnego Architekta m. st. Warszawy, Warszawa 2006.
- Ślizowski B. *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa wałów przeciwpodziowych w Niemczech*. Woda – środowisko – obszary wiejskie, t. 7 z. 2a (20), 2007.
- www.wrrl.info.de/docs/wrrl_steckbrief_isar.pdf: Renaturierung der Isar in München. Alpiner Wildfluss, biologische Durchgängigkeit, Hochwasserschutz, Wasserkraft, Freizeit- und Badenutzung. WRRRL-Steckbriefe. Grüne Liga e.V. Netzwerk ökologischer Bewegungen.
- www.cress.stir.ac.uk/news/documents/NicolaiFriburg.pdf:
- Żelazo J., Popek Z. *Podstawy renaturyzacji rzek*. Wyd. SGGW, Warszawa 2002

Mgr inż. Agnieszka Bańkowska
Mgr inż. Karolina Sawa
Dr hab. inż. Zbigniew Popek, prof. SGGW
Dr inż. Michał Wasilewicz
Prof. dr hab. inż. Jan Żelazo
Adres do korespondencji:
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, SGGW
02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Recenzent: Prof. dr hab. Laura Radczuk