

KRYSTIAN OBOLEWSKI¹, ZBIGNIEW OSADOWSKI¹, MARCIN MILLER²

¹Institut Biologii i Ochrony Środowiska

Akademia Pomorska w Słupsku

²Park Krajobrazowy „Dolina Słupi” w Słupsku

SPOSOBY RENATURYZACJI MAŁYCH CIEKÓW NA PRZYKŁADZIE RZEKI KWACZY (DOLINA SŁUPI)*

Streszczenie. W pracy zaprezentowano działania techniczne zastosowane w renaturyzacji dwupółkilometrowego odcinka rzeki Kwaczy w dolinie Słupi. Całość prac ziemnych została wykonana latem 2007 roku, a w ich wyniku podjęto próbę przywrócenia ciekowi bardziej naturalnego charakteru z wykorzystaniem różnorodnych metod. Równocześnie wykonane zabiegi są poddane stałemu monitoringowi, tak aby uchwycić zachodzące zmiany i wypracować odpowiednie metody odtwarzania zbliżonego do naturalnego biegu niewielkich rzek. Biomonitoring prowadzony w renaturyzowanym fragmencie cieków obejmuje interdyscyplinarne badania środowiskowe zarówno w samej rzece, jak i w strefie ekotonalnej.

Słowa kluczowe: renaturyzacja, rozwiązania techniczne, monitoring, Kwacza, dolina Słupi

Wstęp

Ostatnie lata przynoszą wzrost zainteresowania przeprowadzaniem procesów renaturyzowania dolin rzecznych (ŻELAZO i POPEK 2002). Dotyczy to również terenów Polski, gdzie szczególnie na obszarach północnych i zachodnich prowadzono w XIX i początku XX wieku liczne zabiegi regulacyjne. Ich głównym zadaniem było podporządkowanie cieków potrzebom gospodarczym, takim jak transport wodny lub spławianie drewna, a także szybszemu odprowadzaniu wody z doliny w celu ochrony przeciwpowodziowej i wykorzystaniu rolniczemu doliny (OBOLEWSKI 2005). Podobna sytuacja miała miejsce w dolinie rzeki Słupi (północna Polska), gdzie jej środkowa część, w tym dolina Kwaczy, od 1889 roku do końca lat sześćdziesiątych XX wieku została poddana szeregowi zabiegów regulacyjnych, tj. odcinaniu starorzeczy, tworzeniu nowego koryta,

*Praca wykonana w ramach projektu NN 305324733 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

usuwaniu przeszkód oraz wzmacnianiu brzegów poprzez faszynowanie (OBOLEWSKI i IN. 2008). Rzekę Kwaczę (lewobrzeżny dopływ Słupi) poddano intensywnym procesom regulacyjnym, które nie pozostały bez wpływu na kondycję ekologiczną tego cieku. Od 2006 roku ze względu na wdrażanie projektu ochrony tarła ryb wędrownych podjęto starania o przywrócenie Kwaczy charakteru zbliżonego do naturalnego. Równocześnie rozpoczęto prowadzenie interdyscyplinarnych badań ekologicznych cieku celem określenia jego stanu przed rozpoczęciem renaturyzacji, jak i zmian wywołanych tymi zabiegami. Wydaje się, że brak takich badań w trakcie prac renaturyzacyjnych był ich największą niedoskonałością, uniemożliwiającą pełną weryfikację efektów zastosowania poszczególnych rozwiązań technicznych (KICIŃSKI i IN. 1988, ŻELAZO i POPEK 2002).

Celem pracy jest przedstawienie działań technicznych rozpoczynających proces renaturyzacji niewielkiej rzeki Kwaczy, będącej dopływem Słupi, oraz monitoringu tych zabiegów.

Material i metody

Kwacza to ciek drugiego rzędu, będący lewostronnym dopływem środkowej Słupi, odwadniający obszar o powierzchni 85 km². Według podziału fizyczno-geograficznego Polski ciek ten jest położony w mezoregionie Równiny Słupskiej (313.43) wchodzącej w skład makroregionu Pobrzeża Koszalińskiego (313.4) (KONDRACKI 1998). Zlewnia Kwaczy graniczy od zachodu z dorzeczem Wieprzy, a od wschodu z przyrzeczem środkowej Słupi. Większość omawianego terenu znajduje się w granicach Parku Krajobrazowego „Dolina Słupi”, którego dyrekcja uzyskała dofinansowanie z EkoFunduszu na realizację projektu renaturyzacji dwupółkilometrowego ujściowego fragmentu rzeki Kwaczy, w ramach ochrony tarła ryb łososiowatych, a latem 2007 roku wykonano roboty ziemne.

Działania techniczne przeprowadzone w ramach projektu stały się doskonałym warsztatem do szczegółowych analiz ekologicznych dotyczących wpływu renaturyzacji na warunki siedliskowe dla hydrobiontów reprezentujących florę i faunę. Badania zostały podzielone na część poprzedzającą zabiegi renaturyzacyjne (wiosna–lato 2007) oraz część następującą po nich (lato 2007 – lato 2010). W ich trakcie są prowadzone analizy geologiczno-geomorfologicznych cech rzeki i starorzecza (morfogeneza i morfometria koryta i niecki, osady denne), jak i właściwości fizyczno-chemicznych środowiska wodnego (badania wód i osadów dennych). Oprócz tego prowadzone są szczegółowe badania stanu ekologicznego, obejmujące analizy makrozoobentosu, ichtiofauny, makrofitów zanurzonych i pływających, periftonu zasiedlającego różnorodne podłoża, a w strefie ekotonalnej – struktury chrząszczy z grupy biegaczowatych, roślinności nadrzecznej oraz planktonu w udrożnionym starorzeczu.

Wyniki

Rozwiązania techniczne

W okresie od czerwca do sierpnia 2007 roku wykonano szereg różnorodnych zabiegów technicznych mających na celu renaturyzację dwupółkilometrowego ujściowego

odcinka rzeki Kwaczy (tab. 1). Największą liczbę stanowią narzuty kamienne na materacach wiklinowych, których łącznie wykonano 23, z czego ponad 60% zlokalizowano w środku koryta rzeki, a pozostałe – przy lewym brzegu. Głównym ich zadaniem było stworzenie sztucznych, kamiennych wysp – miejsc ukrycia hydrobiontów – oraz różnicowanie szybkości nurtu wody. W jednym przypadku, 1,66 km od ujścia rzeki, zatopiono pień drewniany, umacniając go narzutami kamiennymi, co miało stworzyć dodatkowe schronienie dla ryb.

Tabela 1. Wykaz prac renaturyzacyjnych wykonanych na dwupółkilometrowym odcinku ujściowym rzeki Kwaczy

Table 1. The list of renaturation treatments performed in the 2.5 km long section of the Kwacza River

Lp.	km biegu rzeki	Lokalizacja w cieku			Wykonane działania
		brzeg lewy	środek	brzeg prawy	
1	2	3	4	5	6
1	0+007 – 0+014	x		x	Usunięcie stalowej rury oraz poszerzenie ujścia
2	0+023 – 0+028			x	Udrożnienie starorzecza
3	0+445		x	x	Deflektor drewniany
4	0+445		x		Punktowy narzut kamienny
5	0+465 – 0+513			x	Wycinka 11 kęp olch
6	0+470, 0+480, 0+500		x		Punktowe narzuty kamienne
7	0+515	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej
8	0+524 – 0+577			x	Odpływ wody wyższej niż SNQ
9	0+577	x	x		Deflektor drewniany
10	0+601 – 0+640			x	Nowa zatoka o szerokości 10 m i długości 40 m
11	0+605 – 0+627			x	Wycinka trzech kęp olch
12	0+615, 0+640, 0+680	x	x		Deflektory drewniane
13	0+695	x	x	x	Deflektor drewniany + narzut żwirowy
14	0+735	x	x		Deflektor drewniany
15	0+800	x	x	x	Dwa deflektory drewniane naprzeciw siebie
16	0+803 – 0+847			x	Odpływ wody wyższej niż SNQ
17	0+877	x	x		Deflektor drewniany
18	0+902, 0+950	x	x	x	Progi stabilizujące
19	0+975	x	x	x	Dwa deflektory drewniane naprzeciw siebie
20	0+985, 0+990, 0+995	x			Punktowe narzuty kamienne
21	1+027	x	x		Deflektor drewniany

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6
22	1+050	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej
23	1+081 – 1+092			x	Nowa zatoka o szerokości 7 m i długości 15 m
24	1+092	x	x		Deflektor drewniany
25	1+108 – 1+123			x	Umocnienie brzegu pniami drzew
26	1+139	x	x		Deflektor drewniany
27	1+196	x	x	x	Próg stabilizujący
28	1+218	x	x	x	Dwa deflektory drewniane naprzeciw siebie
29	1+260, 1+270	x			Punktowe narzuty kamienne
30	1+273		x	x	Deflektor drewniany
31	1+274 – 1+300			x	Wycinka pięciu kęp olch
32	1+280	x			Punktowy narzut kamienny
33	1+285		x	x	Deflektor drewniany
34	1+290	x			Punktowy narzut kamienny
35	1+300 – 1+328	x			Nowa zatoka o szerokości 5 m i długości 20 m
36	1+310, 1+320		x		Punktowe narzuty kamienne
37	1+328, 1+340	x			Wycinka trzech kęp olch
38	1+378, 1+400			x	Nowa zatoka o szerokości 6,5 m i długości 35 m
39	1+405	x	x		Deflektor drewniany
40	1+430 – 1+460			x	Odpływ wody wyższej niż SNQ
41	1+437	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej
42	1+455	x	x	x	Dwa deflektory drewniano-kamienne naprzeciw siebie
43	1+465, 1+470		x		Punktowe narzuty kamienne
44	1+485, 1+505, 1+517		x	x	Deflektory drewniano-kamienne + żwir
45	1+517	x	x	x	Dwa deflektory drewniano-kamienne naprzeciw siebie
46	1+555	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej
47	1+590		x	x	Deflektory drewniano-kamienne + żwir
48	1+605 – 1+615		x	x	Umocnienie brzegu pniami drzew
49	1+605	x	x		Deflektor drewniany + żwir
50	1+605 – 1+630	x			Wycinka trzech kęp olch
51	1+620	x	x		Deflektory drewniane + żwir
52	1+635	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6
53	1+660		x		Pień umocniony narzutem kamiennym
54	1+667, 1+697	x	x	x	Próg stabilizujący z kłody drewnianej
55	1+720, 1+725, 1+730		x		Punktowe narzuty kamienne
56	1+730 – 1+743	x			Wycinka czterech kęp olch
57	1+735 – 1+760			x	Wycinka czterech kęp olch
58	1+740	x	x		Deflektor drewniany
59	1+775, 1+790	x	x	x	Progi stabilizujące z kłód drewnianych
60	1+817 – 1+830	x	x		Umocnienie brzegu pniami drzew
61	1+900 – 1+945			x	Odpływ wody wyższej niż SNQ
62	1+985, 2+010, 2+025, 2+040		x		Punktowe narzuty kamienne
63	1+975			x	Umocnienie brzegu pniami drzew
64	1+990		x		Umocnienie brzegu pniami drzew
65	2+090 – 2+200				Obejście jazu
66	2+230, 2+240		x	x	Deflektory drewniane
67	2+240, 2+250		x		Punktowe narzuty kamienne

Kolejnym wykorzystanym rozwiązaniem technicznym były deflektory (drewniane i drewniano-kamienne), które instalowano pojedynczo lub tworzą układ położonych naprzeciw siebie konstrukcji (tab. 1). Głównym zadaniem tego rozwiązania technicznego było różnicowanie prędkości przepływu wody, kierowanie wody do utworzonych zatok oraz – tam gdzie to możliwe – wywołanie meandrowania wód w czasie przepływu do ujścia. Równocześnie z zainstalowaniem drewnianego deflektora dokonywano narzutu żwirowego na dno w ilości 20 lub 50 t (średnica frakcji żwirowej od 10 do 100 mm z przewagą 30-40 mm) w celu stworzenia miejsc tarliskowych dla ryb litofilnych.

W projekcie renaturyzacji Kwaczy zastosowano również 12 drewnianych progów stabilizujących. Zgrupowano je po dwa-trzy, tworząc system kształtujący dno rzeki poprzez wymywanie zagłębień, w których hydrobionty mogą znaleźć dogodne kryjówki. Połowę progów stabilizujących zlokalizowano na odcinku od 1+437 do 1+790 km, gdzie koryto dotychczas miało charakter najmniej naturalny.

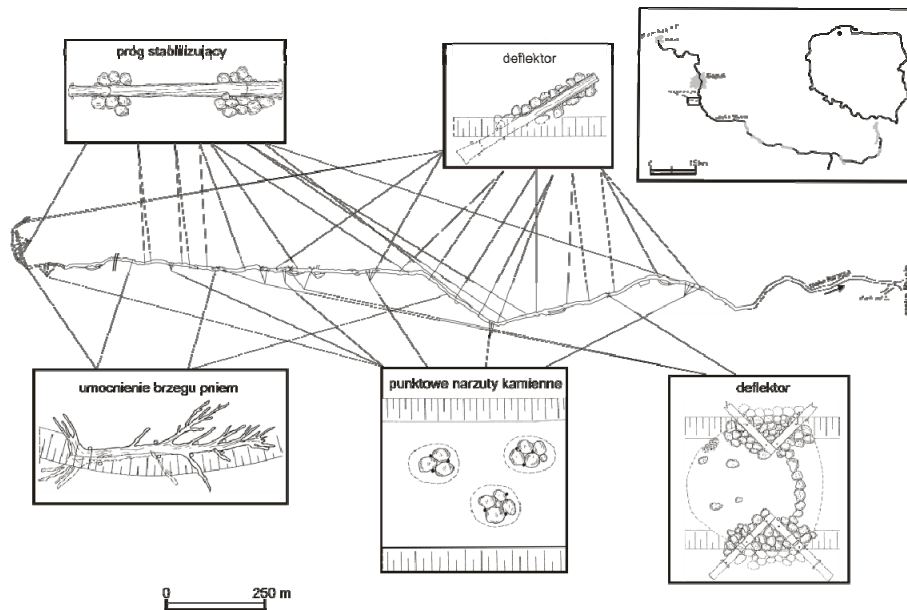
Wykonano również pięć przybrzeżnych zatok, których łączna kubatura wyniosła 962 m³. Zatoki mają szerokość do 10 m, długość do 40 m, głębokość do 1,4 m oraz powierzchnię do 360 m².

Ciekawym rozwiązaniem było wykonanie kanałów ulgi w nielicznych miejscach, gdzie w korycie rzeki istniały zwaliska i przeszkody w postaci rumoszu drzewnego i powalonych do wody drzew. Chcąc zachować takie naturalne mikrosiedliska, a jednocześnie nie powodować wzrostu zagrożenia powodziowego, wykopano kanały odpływo-

we dla wód wysokich, tworząc w ten sposób kilka „wysp” i silnie różnicując przepływ wody (wielokorytowość).

Istotną częścią projektu było wykonanie obejścia jazu zlokalizowanego w km 2+150 m, stanowiącego – jak wykazały badania ichtiofauny – istotną przeszkodę w migracji ryb (11 gatunków od strony dolnej wody wobec tylko czterech gatunków powyżej jazu). Ze względu na brak zgody na rozebranie jazu rzekę poprowadzono nowym korytem o długości ponad 100 m, w którym wykonano tarliska ryb litofilnych.

Prace wykonane w cieku Kwaczy spowodowały zintensyfikowanie procesów destabilizowania brzegów rzeki często w miejscach niewskazanych, dlatego też wykonano umocnienia brzegów. Zastosowano w tym celu pnie drewniane, przymocowane do brzegów cieku. Na pięć tego typu konstrukcji trzy były w brzegu prawym (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja rozwiązań technicznych wykorzystanych na renaturyzowanym fragmencie rzeki Kwaczy

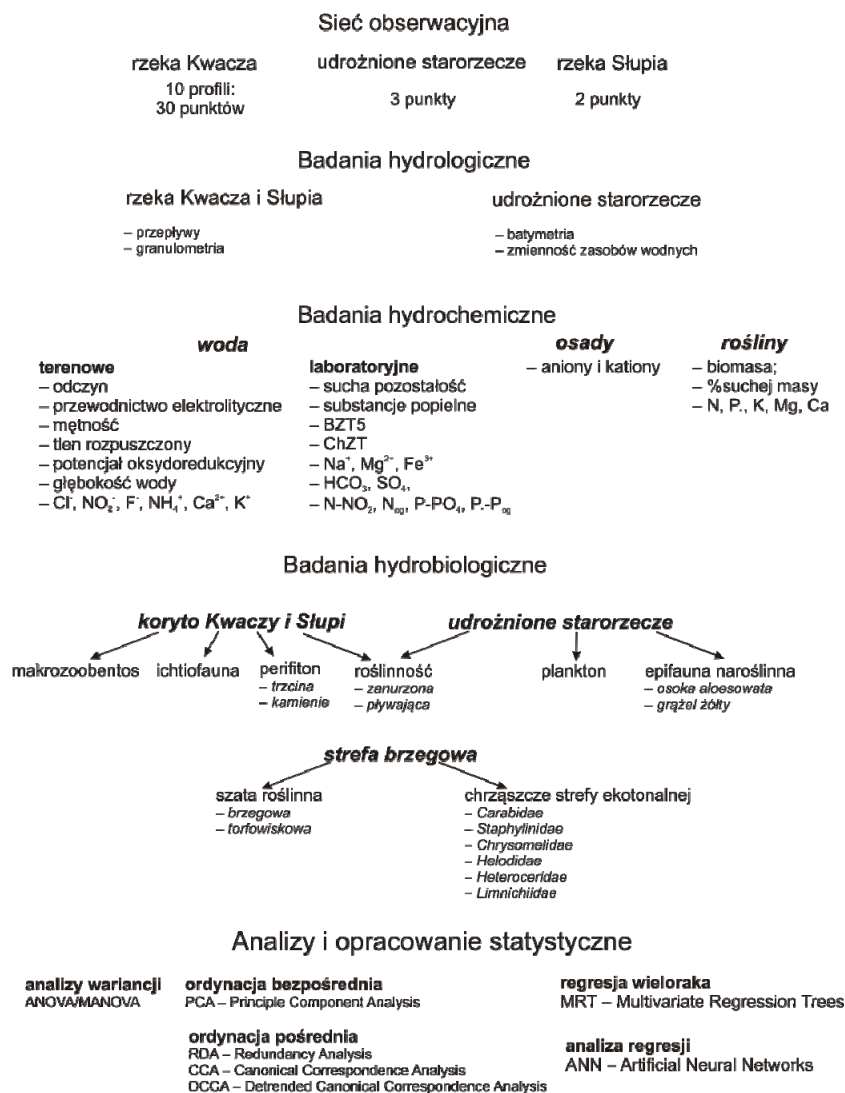
Fig. 1. Localization of the technical treatments applied in the renatured section of the Kwacza River

W miejscu ujścia Kwaczy do Słupi usunięto stalową rurę o średnicy 1,9 m i długości 6,9 m, tworzącą do tej pory miejsce kontaktu obu rzek, oraz udrożniono pobliskie starorzecze poprzez wykop mechaniczny o powierzchni 119 m² (rys. 1).

Pracom w samym korycie rzeki towarzyszyło doświetlenie koryta rzeki Kwaczy, polegające na wycince 35 kęp olch rosnących wzdłuż biegu cieku – pięciu fragmentów drzewostanu na brzegu prawym (łącznie 25 kęp) oraz trzech na brzegu lewym (10 kęp).

Prowadzony biomonitoring

Przed rozpoczęciem prac renaturyzacyjnych podjęto badania stanu ekologicznego ciek. Są one prowadzone w odstępach trzymiesięcznych do chwili obecnej. W tym celu zaplanowano zakrojone na szeroką skalę interdyscyplinarne badania z zakresu hydrologii, chemii środowiskowej i hydrobiologii, podsumowane analizami statystycznymi (rys. 2).



Rys. 2. Zakres badań monitoringowych prowadzonych na renaturyzowanym fragmencie rzeki Kwaczy

Fig. 2. The range of monitoring in the renatured section of the Kwacza River

Analizy środowiskowe w Kwaczy są prowadzone na wyznaczonych 10 profilach badawczych, składających się z trzech punktów pomiarowych (lewy brzeg, środek cieku i prawy brzeg). W starorzeczu są to trzy punkty (ramię górne, dolne i środek). Wytypowane miejsca obejmują fragmenty cieku poddane procesom deregulacyjnym, tak aby śledzić zmiany wywołane zastosowaniem poszczególnych rozwiązań technicznych.

Obserwacje hydrologiczne skupiają się na określeniu wielkości przepływów wód w Kwaczy. Ustalono również pojemność włączonego do systemu rzecznoego starorzecza dzięki prowadzonym badaniom batymetrycznym.

W zakresie analiz chemicznych badania objęły ocenę chemizmu wód prowadzoną na miejscu z użyciem urządzenia wieloparametrowego YSI 6600 oraz w laboratorium (rys. 2). Oprócz wody analiza chemiczna obejmuje również osady dennie oraz akumulację metali w roślinności wodnej zasiedlającej koryto rzeczne. Określona zostanie również granulometria osadów przed renaturyzacją i po niej.

Badania biologiczne w samym korycie Kwaczy skupiły się na ocenie struktury wybranych formacji ekologicznych, tj. ichtiofauny, makrozoobentosu, perifitonu, planktonu (starorzecze) oraz makrofitów zanurzonych, pływających i roślinności brzegowej. Oprócz tego prowadzone są badania nad charakterystyką chrząszczy w strefie ekotonalnej jako bio wskaźnika zmian zachodzących w wyniku renaturyzacji cieku.

Pełen zestaw danych z prowadzanego biomonitoringu będzie badany różnymi metodami statystycznymi w celu wykazania wpływu poszczególnych metod renaturyzacji na ekosystem rzeczny (rys. 2).

Dyskusja

Naturalna dolina rzeczna należy do najcenniejszych przyrodniczo i krajobrazowo obszarów (ŻBIKOWSKI i ŻELAZO 1993) oraz stanowi jeden z najcenniejszych korytarzy ekologicznych (MALANSON 1995, PUCHALSKI 1999). Cechami jej są: nieregulowana, meandrująca lub anastomozująca rzeka, sąsiadujące ze sobą miejsca płytkie i głębokie, skarpy o różnym nachyleniu, piaszczyste łachy, wyspy, rozlewające się w dolinie wody rzeki przy wysokich stanach lustra wody. Dolina taka wypełniona jest mozaiką różnych ekosystemów: starorzeczy, torfowisk, wilgotnych łąk, lasów łęgowych, olsów i grądów. Dolina rzeki Słupi utraciła częściowo taki układ na początku XX wieku za sprawą prac regulacyjnych prowadzonych w samej Słupi, jak i w jej dopływach. Ujściowy odcinek rzeki Kwaczy został przekształcony w prosty kanał, przez co skrócono czas odpływu wody rzecznej i ograniczono procesy sedymentacyjne oraz zdolność samooczyszczania się wód (KAJAK 1998). Szybki nurt oraz brak miejsc odpoczynku powoduje również redukcję hydrobiontów wód spokojnego nurtu. Aby przeciwstawić się tej niekorzystnej sytuacji, opracowano projekt renaturyzacji rzeki Kwaczy w jej ujściowym odcinku. Tym samym projekt ten wpisuje się w nurt przywracania ciekom charakteru zbliżonego do naturalnego, podobnie jak to ma miejsce w innych częściach Polski, np. w dolinie Narwi i Biebrzy, lub w innych krajach Unii Europejskiej – w Niemczech (dolina Renu), Wielkiej Brytanii (Kenneth i Severn) lub Danii (Skerne i Brede) (ŻELAZO i POPEK 2002, PRZYJAZNE... 2006). Cechą szczególną prezentowanego projektu jest połączenie różnorodnych działań technicznych zmierzających do przywrócenia rzece warunków naturalnych z szeroko zakrojoną oceną wpływu tych oddziaływań na ekosystem rzeczny.

Dotychczas prowadzone zabiegi renaturyzacyjne nie we wszystkich przypadkach były kompilacją zabiegów regulacyjnych i analiz ekologicznych. W literaturze światowej spotyka się wzmianki o podjęciu próby prowadzenia kontroli skuteczności ekologicznej zastosowanych zabiegów hydrotechnicznych, np. w czasie renaturyzacji potoku Lüttringhauser (LÜTZENBERGER 1995). W tym przypadku skupiono się na analizach flory i fauny potoku i doliny oraz jakości wody przed wykonaniem i po wykonaniu robót. Uzyskane wyniki wykazały poprawę warunków siedliskowych, wzrost różnorodności biologicznej i pojawienie się szczególnie cennych gatunków chronionych (ŻELAZO i POPEK 2002). Innym przykładem próby oceny wpływu zastosowanych rozwiązań hydrotechnicznych na ekologię jest renaturyzacja potoku Dellwiger w północnej części Ruhry, jednak w tym wypadku analizowano tylko sytuacje po wykonaniu zabiegów z pominięciem analiz hydrobiontów. Brak badań sprzed okresu renaturyzacji powoduje, że uzyskane wyniki nie w pełni obrazują skutki przeprowadzonych zabiegów. Niektóre hydrobionty preferują przejściowe zaburzenia w środowisku wywołane prowadzonymi pracami budowlanymi i w tym czasie ich obecność jest liczniejsza. Odwrotna sytuacja dotyczy gatunków płochliwych, które unikają zamieszania w zamieszkiwanych przez siebie biotopach i mogą z nich na pewien czas emigrować (ŻELAZO i POPEK 2002). Ciekawym rozwiązaniem technicznym w renaturyzacji Kwaczy jest włączenie starorzeczy, które spełniają ważną rolę w funkcjonowaniu dolin rzecznych (GLIŃSKA-LEWCZUK 2005, OBOLEWSKI 2005). Napływ wód rzecznych jest jedynym sposobem trwałej poprawy stanu ekologicznego takich zbiorników (OBOLEWSKI i GLIŃSKA-LEWCZUK 2006). Koncepcję powiązania wodnych ekosystemów dolinowych z rzeką w odniesieniu do materii, energii i organizmów wodnych poprzez medium (woda) zapoczątkowali Amoros (AMOROS i IN. 2000, AMOROS i BORNETTE 2002) oraz TOCKNER i IN. (1999), wykazując, że chemizm wody i zespoły organizmów są bezpośrednio związane z poziomem wody. Dzięki dysponowaniu zestawem danych hydrologicznych teza ta została zweryfikowana w czasie badań monitoringowych. Użycie zaawansowanych metod statystycznych powinno wytypować te parametry środowiskowe, które wpływają determinująco na badane biotopy.

Podsumowanie

Zdefiniowanie podstawowych zagadnień związanych z przekształceniem doliny środkowej Stupi w wyniku prowadzenia różnicowanych prac odtwarzających warunki zbliżone do układów naturalnych ma stworzyć postawę do wypracowania odpowiedniego modelu skutecznych metod renaturyzacji niewielkich cieków. Końcowym efektem projektu będzie stworzenie ekologicznego modelu, który scharakteryzuje rzeki i starorzecza przed zabiegami i po ich wykonaniu łącznie z próbą matematyczno-statystycznego wskazania trendów zmian w przekształconych dolinach rzecznych w przeciągu kolejnych lat po zakończeniu badań.

Literatura

- AMOROS C., BORNETTE G., 2002. Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshw. Biol.* 47: 761-776.
- AMOROS C., BORNETTE G., HENRY C.P., 2000. A vegetation-based method for ecological diagnosis of riverine wetlands. *Environ. Manage.* 25: 211-227.
- GLIŃSKA-LEWCZUK K., 2005. Oxbow lakes as biogeochemical filters for nutrient outflow agricultural areas. *Int. Assoc. Hydr. Sci. Publ.* 294 (Dynamics and biogeochemistry of river corridors and islands. Red. L. Heathwaite, B. Webb, D. Rosenberry, M. Hayash): 55-69.
- KAJAK Z., 1998. *Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* PWN, Warszawa.
- KIČIŃSKI T., ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J., 1988. Rozwiązania techniczne i konstrukcyjne stosowane dla ochrony środowiska w regulacji rzek – zasady i przykłady. Część I. *Melior. Roln.* 3, 89: 1-17.
- KONDRACKI J., 1998. *Geografia regionalna Polski.* PWN, Warszawa.
- LÜTZENBERGER A., 1995. Renaturierung des Lüttringauser Baches in Remscheid. *Wasser & Boden* 47, 10: 16-20.
- MALANSON G.P., 1995. *Riparian landscapes.* Cambridge University Press, Cambridge.
- OBOLEWSKI K., 2005. Wykorzystanie starorzeczy do renaturyzacji rzek na przykładzie Słupia. W: *Gospodarka wodna dorzecza Słupia i Łupawy.* Red. W. Lipczyński. Związek Miast i Gmin Dorzecza Rzeki Słupia i Łupawy, Słupsk.
- OBOLEWSKI K., GLIŃSKA-LEWCZUK K., 2006. Zależność struktury makrozoobentosu od zawartości metali ciężkich w osadach dennych starorzeczy rzeki Słupia. *Inż. Ekol.* 16: 49-52.
- OBOLEWSKI K., GLIŃSKA-LEWCZUK K., OSADOWSKI Z., KOBUS SZ., 2008. Water quality monitoring of agricultural river catchments in the example of the Kwacza River valley (middle Słupia River basin). *Pol. J. Environ. Stud.* 17, 2c: 39-46.
- PRZYJAZNE naturze kształtowanie rzek i potoków – praktyczny podręcznik. 2006. *Polska Zielona Sieć*, Wrocław.
- PUCHALSKI W., 1999. Funkcjonowanie dolin rzecznych jako złożonych systemów ekologicznych. W: *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych. Powódzie rzek Przymorza Bałtyku i innych regionów Polski – uwarunkowania, przebieg, skutki w środowisku przyrodniczym.* Red. A. Kostrzewski. Wyd. UAM, Poznań: 279-296.
- TOCKNER K., SCHIEMER F., BAUMGARTNER C., KUM G., WEIGAND E., ZWEIMUELLER I., WARD J.V., 1999. The Danube Restoration Project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. *Regul. Rivers: Res. Manage.* 15: 245-258.
- ŻBIKOWSKI A., ŻELAZO J., 1993. *Ochrona środowiska w budownictwie wodnym. Materiały informacyjne.* MOŚZNIŁ, Warszawa.
- ŻELAZO J., POPEK Z., 2002. *Podstawy renaturyzacji rzek.* Wyd. SGGW, Warszawa.

RENATURATION METHODS FOR SMALL RIVER BASINS IN THE EXAMPLE OF THE KWACZA RIVER (SŁUPIA RIVER BASIN)

Summary. This study concerns the technical methods applied in the renaturation of 2.5 km long section of the Kwacza River, located in the Słupia River basin. Fieldwork was performed in summer 2007 and aimed at the restoration of more natural characteristic of the studied water-course using various methods. De-regulation endeavours have been monitored in order to reveal changes in the ecosystem and elaborate guides for small river renaturation. That biomonitoring in

Obolewski K., Osadowski Z., Miller M., 2009. Sposoby renaturyzacji małych cieków na przykładzie rzeki Kwaczy (dolina Słupi). *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #95.

the investigated river section includes interdisciplinary research system both on the river and in the ecotone zone.

Key words: renaturation, technical treatment, monitoring, Kwacza River, Słupia River basin

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Krzysztof Obolewski, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska, Akademia Pomorska w Słupsku, ul. Arciszewskiego 22 B, 76-200 Słupsk, Poland, e-mail: obolewsk@apsl.edu.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

28.04.2009

Do cytowania – For citation:

*Obolewski K., Osadowski Z., Miller M., 2009. Sposoby renaturyzacji małych cieków na przykładzie rzeki Kwaczy (dolina Słupi). *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #95.*

