

LIDIA MARSZAŁ*, BARTOSZ JANIC, DARIUSZ PIETRASZEWSKI,
WANDA GALICKA

**ICHTIOFAUNA STRUMIENIA FLIS NA TLE CIEKÓW NIZINNYCH
O PODOBNEJ WIELKOŚCI**

COMPARISON OF ICHTHYOFAUNA BETWEEN THE FLIS STREAM AND
LOWLAND STREAMS OF SIMILAR SIZE

Katedra Ekologii i Zoologii Kręgowców
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Łódzki
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

ABSTRACT

In October 2013 electrofishing was conducted at five sites located in the Flis Stream (tributary of the Brda River), which partially flows across the City of Bydgoszcz, in order to determine species composition, abundance and biomass of fish communities. These data types were used in a comparison of ichthyofauna between the Flis Stream and other lowland streams of similar size. In cluster analysis all 15 streams were grouped into four clusters on the basis of species composition. The cluster including the Flis Stream and other moderately transformed streams was characterized by relatively high biodiversity and the largest number of rheophilous species. Such a situation is unique in the case of small streams flowing through urban areas, because they are particularly vulnerable to human pressure and their fish fauna is usually limited to the most resilient, ubiquitous species.

Key words: fish assemblage, urban aquatic ecosystem, water pollution, stream regulation, human pressure.

* Autor do korespondencji: lmars@biol.uni.lodz.pl

1. WSTĘP

Badania mające na celu rozpoznanie fauny ryb i minogów objęły już większość cieków w naszym kraju (Witkowski i Kotusz 2008). W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania badaczy ichtiofauną małych cieków, nie odgrywających ważnej roli w gospodarce rybacko-wędkarskiej (Kusznierz i inni 2005, Radtke i inni 2007, 2010, 2011), również tych położonych na obszarach zurbanizowanych (Galicka i inni 2010, Kruk i inni 2003, 2005, 2010, Rechulicz 2009, Witkowski i inni 2012). Z natury rzeczy ichtiofauna małych strumieni jest bardziej wrażliwa na przekształcenia antropogeniczne i szybko reaguje na tego typu ingerencję częściowym zanikiem. Negatywne oddziaływanie czynników o podłożu antropogenicznym na faunę ryb omówiono obszernie w wielu pracach (m.in. Backiel i Penczak 1989, Penczak i Kruk 2000, Kruk i inni 2000, 2001, Baras i Lucas 2001, Błachuta i Witkowski 1997, Wiśniewolski i Gierej 2011, Witkowski i Grabowska 2012). Ujemne skutki działalności człowieka dotyczą przede wszystkim gatunków reofilnych (prądolubnych), z wyłączeniem kielbna i śliza, których obecność jest charakterystyczna właśnie dla niewielkich, zdegradowanych cieków (Witkowski i inni 1991, Siligato i Bohmer 2001, Kruk 2007). Innym efektem jest jednoczesny wzrost udziału gatunków stagnofilnych i ubikwistycznych, mniej wymagających pod względem jakości środowiska, takich jak: lin, karaś srebrzysty, słonecznica, ciernik, cierniczek, płoć, okoń (Kruk i inni 2010). W przypadku strumieni płynących przez obszary miejskie często decydujące znaczenie ma czystość wody, gdyż niekontrolowany spływ ścieków może uniemożliwić bytowanie organizmów wodnych, w tym ryb, lub przynajmniej ograniczyć ich występowanie do formy skrajnie zubożałej (Kruk i inni 2010). Stopień zachowania naturalnej ichtiofauny małego cieku zależy od stopnia nasilenia działania niekorzystnych czynników, które kumulują się na obszarach miejskich (Galicka i inni 2010).

Celem niniejszej pracy jest określenie stanu ichtiofauny zasiedlającej strumień Flis na obszarze miasta Bydgoszcz w porównaniu z innymi ciekami o zbliżonej wielkości. Do porównania wybrano pozamiejskie strumienie podlegające zróżnicowanej antropopresji oraz cieki płynące w granicach administracyjnych Gdańska, Gdyni i Łodzi. O stanie zachowania ichtiofauny strumienia Flis świadczyć będzie zaklasyfikowanie go, na podstawie składu gatunkowego w analizie skupień, do określonej pod względem antropopresji grupy cieków.

2. TEREN BADAŃ

Rzeka Flis, zwana również strugą, jest według klasyfikacji Strahlera (Allan 1998) ciekami I-rzędowym. Rozpoczyna swój bieg na zachód od Bydgoszczy, w okolicach miejscowości Osówiec, na wysokości około

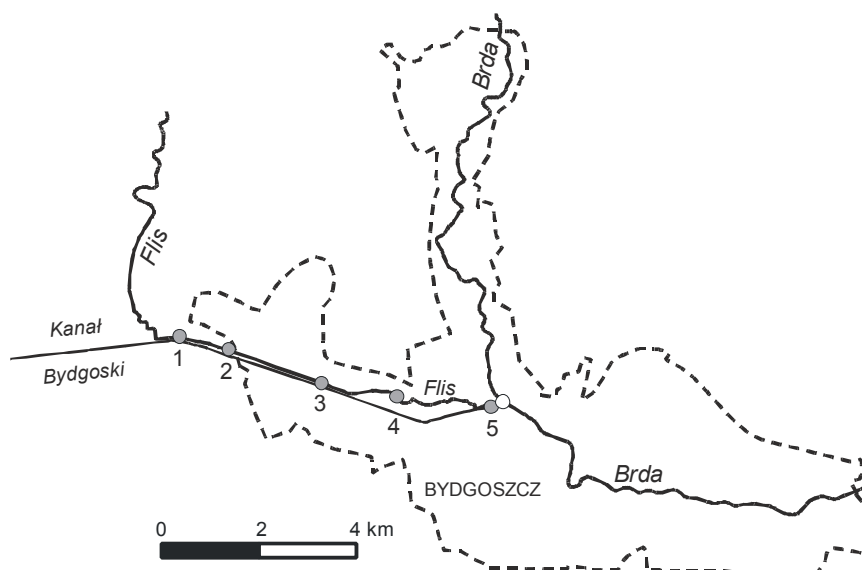
97 m n.p.m., i wpada do Brdy na przedłużeniu ul. Młyńskiej (na wysokości 50 m n.p.m.), poniżej połączenia Kanału Bydgoskiego z Brdą. Ciek ten jest jednym z zasobniejszych w wodę prawobrzeżnych dopływów Brdy o długości 13,67 km i powierzchni zlewni 88,6 km² (http 1). Według innego źródła (Czarnecka 2005) odwadniane przez Flis powierzchnie elementarne wynoszą 46,3 km². Ciek płynie z kierunku zachodniego, wzdłuż Kanału Bydgoskiego po jego północnej stronie, dodatkowo pełniąc rolę odbiornika opaskowego dla przesiakających wód Kanału. W górnym odcinku rzeka jest skanalizowana, dalej w granicach dzielnicy Flisy płynie w słabo zaznaczonej dolince. Na wschód od ulicy Siedleckiej przeprowadzona jest syfonem pod Kanałem Bydgoskim (Szumińska 2008). Jest to „bezkolizyjne skrzyżowanie”, jedno z dwóch takich „skrzyżowań” cieków wodnych w Polsce. Drugie to tak zwany „syfon Kłodnicy” Kanału Gliwickiego i rzeki Kłodnicy, która przepływa pod kanałem. Ze względu na stosunkowo duże zasoby wody w strudze Flis usytuowano tu młyn wodny (tzw. młyn Petersona), który uległ zawaleniu w 2007 roku, podczas prac renowacyjnych. Syfon w ujściowym odcinku Flisa został prawdopodobnie zbudowany na początku XX wieku, gdy poprowadzono nowy 1630-metrowy odcinek Kanału Bydgoskiego. Rozwiązanie to było niezbędne, aby utrzymać działalność młyna (Szumińska 2008). Dla zapewnienia odpowiedniego spadku wody, przed wlotem syfonu znajduje się zastawka piętrząca (Jastrzębski 2011). Średni spadek Flisa wynosi 4‰. W górnym odcinku ciek (do torów kolejowych w PawłóWKu) jest większy i sięga 6‰, w środkowej części (do ul. Studziennej w Bydgoszczy) maleje do niespełna 2‰, zaś w odcinku ujściowym osiąga wielkość około 4,5‰ (http 1). Według obliczeń własnych średni spadek osiąga wartość 3,5‰. Średni przepływ Flisa wynosi 0,244 m³/s, minimalny 0,040 m³/s. (http 1). Ciek wykazuje przekroczenie norm sanitarnych określonych dla wód powierzchniowych, gdyż jest odbiornikiem ścieków komunalnych i przemysłowych z terenu Bydgoszczy. Już po wpłynięciu w granice administracyjne miasta wykazuje przekroczenie norm zawartości związków fosforu; podobnie przy ujściu nie spełnia norm sanitarnych określonych dla wód powierzchniowych (http 2).

Flis, w zależności od badanego odcinka, charakteryzował się zmiennymi parametrami morfometrycznymi koryta (szerokość 1–4 m, głębokość 0,05–0,7 m). Jego koryto zostało w znacznej mierze wyprostowane, a brzegi wzmocnione faszyną (Fot. 1). Substrat denny stanowił głównie piasek z mniejszym bądź większym udziałem kamieni i żwiru, w nielicznych zakolach gromadził się muł i opadłe liście. Brzegi były z reguły zadrzewione, a w górnym odcinku porośnięte roślinnością trawiastą i krzewami. Potencjalnymi kryjówkami dla ryb były kamienie, opadłe gałęzie i nawisające trawy. W rozszerzeniach i wypłyceniach koryta miejscami występowała roślinność wynurzona. Na większości stanowisk drzewa w znacznym stopniu zaciaśniały powierzchnię lustra wody (50–90%).

Tereny przyległe do Flisa to głównie nieużytki i zabudowania, a w górnym odcinku biegu – łąki.

3. MATERIAŁ I METODY

W celu scharakteryzowania zespołu ryb we Flisie w dniu 04.10.2013 r. wyznaczono 5 stanowisk poboru prób (Rys. 1, Tab. 1). W odległości 1,4 km od st. 1 w górę strumienia koryto było wyschnięte. Na każdym ze stanowisk zmierzono podstawowe parametry fizyko-chemiczne wody, tj. stężenie tlenu rozpuszczonego, nasycenie tlenem, temperaturę wody, odczyn i przewodnictwo elektryczne (Tab. 2). Pomiary wymienionych parametrów wody wykonano przy użyciu miernika wieloparametrowego MultiLine P4 (WTW, Niemcy). Prędkość prądu wody mierzono za pomocą elektromagnetycznego miernika Model 801 (Valeport, Anglia). Ryby łowiono przyżyciowo, z wykorzystaniem atestowanego przenośnego agregatu połowowego EFGI 650 (BSE Bretschneider Specialelektronik, Niemcy) o maksymalnej mocy na wyjściu 1200 W (prąd impulsowy) i podejmowano z wody przy pomocy jednego anodoczerpaka oraz siatki podbierakowej. Odławiano całą szerokość koryta strumienia brodząc pod prąd wody na odcinkach o długości 100 metrów. Po dokonaniu identyfikacji, policzeniu i zważeniu schwytane osobniki uwalniano.



Rys. 1. Teren badań. Stanowiska poboru prób ryb w strumieniu Flis zaznaczono szarymi kółkami oraz numerami. Białe kółko – stanowisko poboru próby w Brdzie.

Fig. 1. Study area. Location of fish sampling sites in the Flis Stream is marked with grey circles and numbers. White circle – fish sampling site in the Brda River.

Tabela 1. Rozmieszczenie stanowisk poboru prób wzdłuż biegu strumienia Flis.**Table 1.** Location of sampling sites along the course of the Flis Stream.

Stanowisko / site	km od źródeł / km from source	Odległość pomiędzy stanowiskami [km] / distance between sites [km]
1 – ul. Mińska (górnny odcinek strugi)	6,48	-
2 – ul. Srebrna	7,54	1,06
3 – ul. Mińska (koło kładki)	9,63	2,09
4 – ul. Źródłana	11,22	1,59
5 – przy ujściu do Brdy	13,51	2,29

Tabela 2. Wybrane parametry fizyko-chemiczne wody na badanych stanowiskach w strumieniu Flis.**Table 2.** Selected physical and chemical parameters of water at sampling sites in the Flis Stream.

Stanowisko / Site	Prędkość prądu wody [m/s] / Current velocity [m/s]	Przewodnictwo wody [$\mu\text{S cm}^{-1}$] / Water conductivity [$\mu\text{S cm}^{-1}$]	pH	Tlen rozpuszczony [mg dm^{-3}] / Dissolved oxygen [mg dm^{-3}]	Nasylenie tlenem [%] / Oxygen saturation [%]	Temperatura wody [$^{\circ}\text{C}$] / Water temperature [$^{\circ}\text{C}$]
1	woda stagnująca / stagnant water	833	-	6,35	53,0	7,8
2	0,127	773	7,69	8,90	91,1	7,3
3	0,406	771	7,78	10,10	80,5	6,4
4	0,294	863	7,88	9,45	77,2	7,4
5	0,334	848	-	10,55	-	8,1

Do analizy struktury i rozmieszczenia ichtiofauny Flisa zastosowano następujące wskaźniki: dominacji $D_i = 100 \frac{n_i}{\sum n_i}$, udziału w biomacie $B_i = 100 \frac{b_i}{\sum b_i}$ i stałości występowania $C_i = 100 \frac{ns_i}{NS}$, gdzie n_i – liczba osobników gatunku i w próbie, b_i – biomasa osobników gatunku i w próbie, ns_i – liczba stanowisk, na których dany gatunek wystąpił, NS – łączna liczba stanowisk.

W celu zwaloryzowania ichtiofauny Flisa porównano ją z ichtiofauną kilkunastu wybranych cieków, kierując się przy wyborze podobną wielkością cieku (tj. długość, szerokość, głębokość) i zróżnicowanym stopniem antropopresji (Tab. 3). W literaturze najczęściej dostępne były dane o liczebności poszczególnych gatunków w danym cieku w postaci prze-

działów liczebności i w związku z tym przyjmowano wartość minimalną danego przedziału. Wartości te, przeliczone na odcinki ciekłu o długości 500 m (liczebność względna) posłużyły do analiz jako dane wyjściowe (Tab. 4). Dla każdego ciekłu (w tym Flisa) obliczono następujące wskaźniki biocenotyczne:

- bogactwo gatunkowe (S) – liczba gatunków występujących w danym ciekłu
- wskaźnik dominacji Simpsona (D) (Odum 1980), który przyjmuje tym większe wartości im bardziej zbiorowisko zdominowane jest przez jeden lub kilka gatunków

$$D = \sum p_i^2$$

gdzie p_i – jest proporcją liczebności danego gatunku w zespole;

- wskaźnik różnorodności Simpsona (1-D) (Odum 1980)

Dla określenia różnorodności przyjęto odejmować wskaźnik dominacji Simpsona od jedności. Wskaźnik ten mieści się, podobnie jak wskaźnik dominacji, w zakresie 0–1. Im wyższa jest jego wartość, tym wyższa bioróżnorodność ciekłu.

- wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H') (Begon i inni 1986)

Wskaźnik ten wzrasta wraz z liczbą gatunków występującą w zbiorowisku i ze stopniem wyrównania liczebności gatunków.

$$H' = -\sum p_i \times \log p_i$$

- wskaźnik równomierności Shannona-Wienera (J') (Begon i inni 1986)

Jest to stosunek różnorodności rzeczywistej do różnorodności maksymalnej dla danej liczby gatunków, zawierający się w przedziale 0–1.

$$J' = H' / \ln S$$

Analizę klasterową, w której użyto danych typu „występowanie-niewystępowanie” gatunku (system 0–1), wykorzystano do pogrupowania stanowisk o podobnym składzie gatunkowym. Analizę przeprowadzono metodą Warda, a jako miarę odległości przyjęto odległość euklidesową. Wyodrębnione klastera porównano następnie pod względem różnic w wartościach wskaźników (D, 1-D, H' , J') stosując analizę wariancji i test post-hoc NIR, a dla porównania bogactwa gatunkowego (S) – test Kruskala-Wallisa (Stanisz 2007). Wymienione analizy wykonano w pakiecie Statistica 10. W celu stwierdzenia różnic w liczbie gatunków reofilnych pomiędzy wyodrębnionymi klasterami zastosowano test χ^2 . Gatunki reofilne, bardziej wyspecjalizowane, można traktować jako gatunki wskaźnikowe, gdyż na wszelkie niekorzystne zmiany w środowisku reagują spadkiem liczebności populacji, bądź jej zanikiem. Tym samym mogą pośrednio wskazywać na stopień antropogenicznego przekształcenia ciekłu.

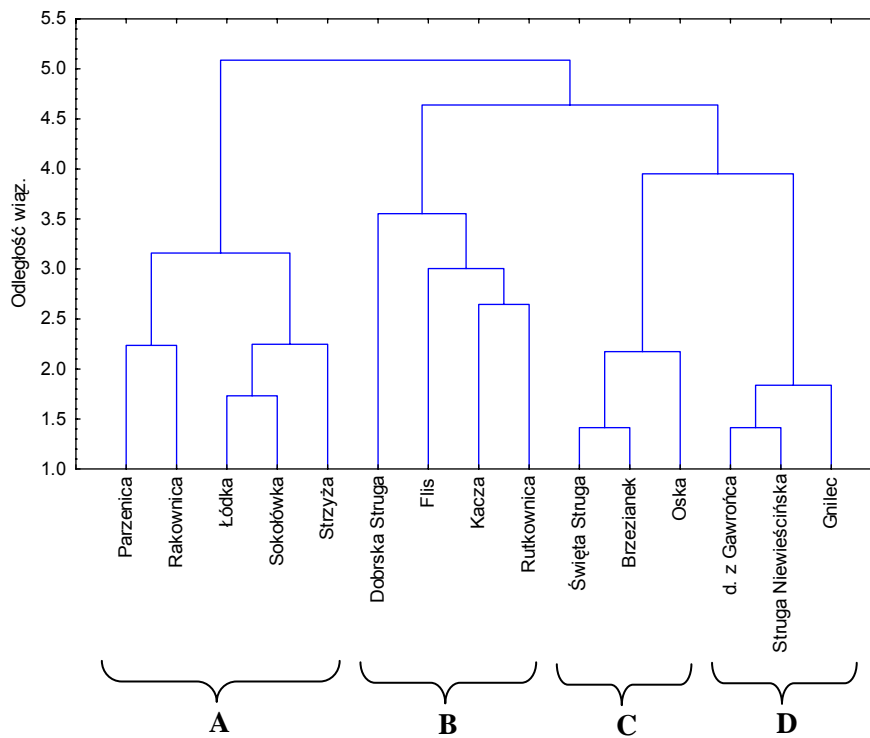
Tabela 3. Charakterystyka morfometryczna cieków wybranych do analizy porównawczej (objaśnienia: N – rzeka naturalna, Nm – rzeka naturalna meandrująca, R – rzeka regulowana, K – rzeka skanalizowana; pa – pastwiska, ł – łąki, la – las, nu – nieużytki, rol – pola uprawne, zab – zabudowania; / – / brak danych).

Table 3. Morphometry of streams used in comparative analysis (explanations: N – natural river, Nm – meandering natural river, R – river regulated, K – river canalized; pa – pastures, la – meadows, ł – forest, nu – wasteland, rol – cropland, zab – buildings; / – / lack of data).

Lp.	Strumień / Stream	System rzeczny/ recipient / recipient	Charakter koryta / rzeźnego / Features of river channel	Rzędo- wość / Stream order	Srednia szerokość / Mean width [m]	Srednia głębokość / Mean depth [m]	Zacienienie [%] / Canopy [%]	Roslinność zanurzona [%] / Submerged plants [%]	Otoczenie / Adjacent area	Źródło danych / Source of data
1	Rutkownica	Wierzyca	Nm / R	II	1,5–2,5	0,1–0,3	80–100	0	la, ł	Radtke i Grochowski 1999
2	Rakownica	Wda	R	I	2,0–3,0	0,2–0,4	10	30	la, ł	Radtke i inni 2003
3	Parzenica	Wda	Rm	II	2,0	0,2	40	20	ł	Radtke i inni 2003
4	Brzeziątek	Wda	N	I	4,0–5,0	0,4–0,5	100	70	la, ł	Radtke i inni 2003
5	Święta Struga	Wda	Nm	I	2,0–3,0	0,3–0,4	70	60	ł, la	Radtke i inni 2003
6	Dobrska Struga	Pastęka	N / Nm	II	2,0–3,0	0,2–0,4	10–50	–	pa, la,	Debowski i inni 2004
7	Kacza (Gdynia)	Zatoka Gdańska	Nm / R	I/II	0,8–2,5	0,1–0,3	10–100	10	ł, la, zab	Radtke i inni 2007
8	Strzyża (Gdańsk)	Zatoka Gdańska	Nm / R	I	1,1–1,5	0,1–0,3	0–100	0–80	la, ł, zab	Radtke i inni 2007
9	Gnilec	Gwda	R	I	1,0	0,2	10	10	pa, rol	Penczak i inni 2008
10	Oska	Gwda	Nm	I	1,0	0,1	90	0	nu	Penczak i inni 2008
11	Łódka (Łódź)	Ner	K	I	1,5–2,0	0,2–0,3	10–60	1	park, nu	Kruk i inni 2010
12	Sokolówka (Łódź)	Bzura	K / R	I	0,6–2,2	0,2–0,4	0–80	5	nu, zab, ł, rol	Marszał i inni 2010
13	Struga Niewieścińska	Wisła	R / N	I	0,9	0,15	20	0	rol	Radtke i inni 2013
14	dopływ z Gawronica	Wisła	R	I/II	1,2	0,25	0	20	rol	Radtke i inni 2013

4. WYNIKI

Łącznie na badanych stanowiskach we Flisie stwierdzono 9 gatunków ryb i minogów, reprezentowanych przez 176 osobników o łącznej biomasy 5750 g (Tab. 5 i 6). Pod względem udziału w liczebności całkowitej dominowały: ciernik, pstrąg potokowy i minóg strumieniowy (Tab. 5). Te same gatunki charakteryzowała również najwyższa stałość występowania (Tab. 5). Pod względem biomasy zdecydowanie największy udział posiadał pstrąg potokowy (Tab. 6). Najwięcej osobników, jak również najczęściej gatunków odnotowano na st. 6 przy ujściu do Brdy (Tab. 5). Jednocześnie w Brdzie przy ujściu Flisa odnotowano zaledwie 6 gatunków ryb (Rys. 1, Tab. 7).



Rys. 2. Zgrupowania strumieni uzyskane w analizie klastrowej na podstawie składu gatunkowego ryb i minogów (dane typu obecność-brak gatunku).

Fig. 2. Clusters of streams obtained in cluster analysis on the basis of fish and lamprey species composition (type of data: presence-absence of species).

Tabela 5. Liczebność ryb i minogów wzdłuż biegu strumienia Flis oraz stałość występowania (C_i) i dominacja (D_i) dla poszczególnych gatunków.

Table 5. Abundance of fish and lamprey species recorded along the course of the Flis Stream and the occurrence stability (C_i) and dominance (D_i) for given species.

Stanowisko / Site	1	2	3	4	5		
Gatunek / Species						C_i [%]	D_i [%]
kleń – <i>Leuciscus cephalus</i>					2	20	1,1
okoń – <i>Perca fluviatilis</i>			1			20	0,6
babka szczupła – <i>Neogobius fluviatilis</i>					4	20	2,3
strzebla potokowa – <i>Phoxinus phoxinus</i>					1	20	0,6
głowacz białopłetwy – <i>Cottus gobio</i>					2	20	1,1
minóg strumieniowy – <i>Lampetra planeri</i>	5	10	5		2	80	12,5
ciernik – <i>Gasterosteus aculeatus</i>	4	4	10	33	23	100	42,0
cierniczek – <i>Pungitius pungitius</i>	16	2		1		60	10,8
pstrąg potokowy – <i>Salmo trutta m. fario</i>		6	14	3	28	80	29,0
Ogółem / Total	25	22	30	37	62		
Liczba gatunków / Number of species	3	4	4	3	7		

Tabela 6. Biomasa [g] ryb i minogów na stanowiskach w strumieniu Flis oraz procentowy udział w ogólnej biomacie (B_i) dla poszczególnych gatunków.

Table 6. Biomass [g] of fish and lamprey species recorded in sampling sites in the Flis Stream and percentage share of biomass (B_i) of given species.

Stanowisko / Site	1	2	3	4	5		
Gatunek / Species						B_i [%]	
kleń – <i>Leuciscus cephalus</i>						29,0	0,50
okoń – <i>Perca fluviatilis</i>			13,6				0,24
babka szczupła – <i>Neogobius fluviatilis</i>						8,8	0,15
strzebla potokowa – <i>Phoxinus phoxinus</i>						3,6	0,06
głowacz białopłetwy – <i>Cottus gobio</i>						32,4	0,56
minóg strumieniowy – <i>Lampetra planeri</i>	28,2	17,6	19,6			9,7	1,31
ciernik – <i>Gasterosteus aculeatus</i>	10,0	3,6	6,4	21,4	26,0		1,17
cierniczek – <i>Pungitius pungitius</i>	16,5	0,7		1,2			0,32
pstrąg potokowy – <i>Salmo trutta m. fario</i>		1710,0	1561,8	581,0	1648,8		95,68
Łączna biomasa / Total biomass	54,7	1731,9	1601,4	603,6	1758,3		

Tabela 7. Liczebność (n_i) i biomasa w gramach (b_i) ryb w Brdzie przy ujściu Flisa.**Table 7.** Abundance (n_i) and biomass (b_i) of fish in the Brda River at the mouth of the Flis Stream.

Gatunek / Species	n_i	b_i
okoń – <i>Perca fluviatilis</i>	1	3,8
szczupak – <i>Esox lucius</i>	1	23
lin – <i>Tinca tinca</i>	1	0,1
babka szczupła – <i>Neogobius fluviatilis</i>	3	2,1
ciernik – <i>Gasterosteus aculeatus</i>	4	1,4
pstrąg potokowy – <i>Salmo trutta m. fario</i>	3	133
Łącznie / Total	13	163,4

Tabela 8. Wyniki analizy wariancji dla wskaźników biocenotycznych w ciekach pogrupowanych w analizie klasterowej.**Table 8.** Results of ANOVA for biocenotic indices of streams grouped in cluster analysis.

Klaster / Cluster	N	D		1-D		H'		J'	
		Średnie / Means	S.E.	Średnie / Means	S.E.	Średnie / Means	S.E.	Średnie / Means	S.E.
A	5	0,2909	0,0493	0,7091	0,0493	0,6177	0,0470	0,7729	0,0593
B	4	0,2952	0,0551	0,7048	0,0551	0,6620	0,0525	0,7107	0,0663
C	3	0,7000	0,0636	0,3000	0,0636	0,2424	0,0606	0,4842	0,0766
D	3	0,4683	0,0636	0,5317	0,0636	0,4145	0,0606	0,7918	0,0766
F		10,6101		10,6101		11,8548		3,6386	
df		3; 14		3; 14		3; 14		3; 14	
p		0,0014		0,0014		0,0009		0,0482	

Dane dotyczące składu gatunkowego Flisa oraz 14 innych cieków pozwoliły na wyodrębnienie w analizie klasterowej 4 grup cieków (Rys. 2). W klasterze A znalazły się cieki o uregulowanym lub skanalizowanym korycie, w tym cieki miejskie (Łódka, Sokółówka, Strzyża) o liczbie gatunków od 4 do 9. Do klasteru B zaklasyfikowany został Flis obok innych strumieni z dużą liczbą gatunków (od 6 do 13), cechujących się korytem całkowicie naturalnym lub częściowo regulowanym. Klaster C zgrupował strumienie o korycie w całości naturalnym z 2–5 gatunkami, natomiast klaster D – cieki o korycie regulowanym z 2–5 gatunkami (Rys. 2, Tab. 3 i 4).

Różnice w liczbie gatunków pomiędzy klasterami okazały się istotne statystycznie (test Kruskala-Wallisa: $H_c = 9,474$; $p = 0,024$), jednak porównania wielokrotne nie pokazały, między którymi klasterami różnice te występują. Wskaźniki biocenotyczne (D, 1-D, H', J') różniły się istotnie pomiędzy poszczególnymi klasterami (ANOVA, Tab. 8). W przypadku

wskaźników D i 1-D test post-hoc NIR wykazał, że klaster C różnił się od pozostałych oraz klaster D od klasteru A. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H') wskazał na istotne różnice pomiędzy A B i C D (podkreślenie wskazuje na podobieństwo klastrów), natomiast w przypadku wskaźnika równomierności (J') klaster C różnił się istotnie od pozostałych klastrów (D A B C).

Liczba gatunków reofilnych w poszczególnych klastrach (odpowiednio A – 4 gat., B – 11, C – 3, D – 2) różniła się istotnie ($\chi^2 = 10$, $df = 3$, $p = 0,0185$).

5. Dyskusja

Skład gatunkowy ichtiofauny Flisa świadczy o tym, że pomimo znacznego zanieczyszczenia wody, na co pośrednio wskazują zmierzone wysokie wartości przewodnictwa wody, nie został on jeszcze zdegradowany w takim stopniu jak np. cieki aglomeracji łódzkiej. Na znacznych odcinkach jego koryto zostało wyprostowane (Fot. 1), ale urozmaicona struktura dna i znaczny spadek nadal stwarzają dogodne warunki dla ryb reofilnych. Uwagę zwraca również dobrze zachowane bezpośrednie otoczenie Flisa w postaci drzew i krzewów na brzegach (Fot. 1 i 2). Warto podkreślić, że 5 spośród 9 wykazanych we Flisie gatunków tj. pstrąg potokowy, minóg strumieniowy, głowacz białopłetwy, strzebla potokowa i kleń, to reofile, czyli gatunki obligatoryjnie rzeczne. Zarówno minoga, jak i pstrąga charakteryzowała wysoka stałość występowania (stwierdzono je na czterech z pięciu badanych stanowisk) oraz duży udział w ogólnej liczebności ichtiofauny. Te ostatnie dwa gatunki występowały również w innym miejskim cieku – Kaczy (Gdynia). Wspólną cechą obu tych strumieni jest fakt, że nie płyną one przez obszar zwartej zabudowy miejskiej, a w ich najbliższym otoczeniu znajdują się drzewa. Tymczasem w strumieniach Łodzi, podlegających szczególnie silnej antropopresji, trzon ichtiofauny stanowiły gatunki pospolite takie jak płoć, okoń, śliz i ciernik (Kruk i inni 2010). Ich miejscami dużą liczebność, a także obecność gatunków stagnofilnych (słonecznicy, lina, jazgarza) można wytłumaczyć sąsiedztwem stawów, z których przenikają one do okolicznych strumieni. Jednak ogólnie ichtiofaunę cieków łódzkich można określić jako skrajnie zubożałą i w dodatku stan ten utrzymuje się długoterminowo, co wynika przede wszystkim z niskiej jakości wody. Na obszarach miejskich do rzek trafiają nielegalnie odprowadzane ścieki różnego pochodzenia. Również wody opadowe wprowadzają do strumieni zanieczyszczenia atmosferyczne oraz splukiwane ze zlewni (np. nawierzchni ulic, chodników, dachów, pól i trawników) (Kruk i inni 2010).

Na tym tle porównanie ichtiofauny strumienia Flis z innymi ciekami o podobnej wielkości, ale zróżnicowanym stopniu antropopresji, wypada korzystnie. Skład gatunkowy fauny ryb i minogów umożliwił zaklasy-

fikowanie Flisa do grupy cieków umiarkowanie przekształconych, z dużą liczbą gatunków reofilnych (klaster B). Rozpatrując wartości wskaźników biocenotycznych, najniższe średnie wartości wskaźnika dominacji Simpsona obserwowano w klasterach A i B, w których jednocześnie wskaźniki różnorodności Simpsona oraz Shannona-Wienera osiągnęły wysokie wartości. Świadczy to o braku wyraźnej dominacji jednego gatunku w zespole oraz względnie wysokiej różnorodności zespołu, oczywiście dla tej skali cieku. Paradoksem może wydawać się fakt, że wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera (H') przyjmował wysokie wartości również w ciekach zgrupowanych w klasterze A, najsilniej przekształconych antropogenicznie tj. w ciekach Łodzi, Gdańska i dwóch uregulowanych strumieniach w systemie rzeczonym Wdy. Jednak występowały tam wyłącznie gatunki ubikwistyczne, bez wyraźnej dominacji jednego z nich. Zatem w ocenie stopnia degradacji cieku wskaźniki biocenotyczne mogą odgrywać tylko rolę pomocniczą.

Pod względem kategorii zagrożenia IUCN określonych przez Witkowskiego i innych (2009) we Flisie odnotowano 2 gatunki narażone na wyginięcie (VU) – minoga strumieniowego i głowacza białopłetwego. Co najważniejsze są to gatunki chronione prawem międzynarodowym, przyjętym w postaci Dyrektywy Siedliskowej (Dyrektywa Rady nr 92/43 z 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory), oraz według prawa krajowego, objęte są ścisłą ochroną gatunkową. Zarówno minóg, jak i głowacz należą do gatunków wykazujących wąskie specjalizacje, wymagają dobrze natlenionej wody oraz obecności różnych mikrosiedlisk dla zamknięcia całego cyklu rozwojowego (Kotusz 2012, Marszał 2012). Za niekorzystne dla bytowania głowacza białopłetwego uważa się zarybienia gatunkami o znaczeniu gospodarczym (gatunki ryb łososiowatych, miętus i węgorz) (Kotusz 2012), dlatego nieliczne występowanie tego gatunku we Flisie może być spowodowane presją drapieżnika tj. dużej populacji pstrąga potokowego. Populacja ta utrzymuje się najprawdopodobniej jako efekt stałych zarybień. Długość całkowita największego odłowionego okazu pstrąga wynosiła 386 mm, a waga – 653 g.

Najbardziej różnorodne zgrupowanie ryb (7 gat.) odnotowano na st. 6 – przyujściowym (Fot. 2), co można wyjaśnić bliskim sąsiedztwem Brdy. Z drugiej strony dodatkowo przeprowadzony odłów kontrolny w rzece Brdzie na odcinku 30 m poniżej ujścia Flisa wykazał zaledwie 6 gatunków ryb. Wśród nich nie odnotowano minoga strumieniowego ani głowacza białopłetwego, natomiast stwierdzono tu inwazyjną babkę szczupłą, która wniknęła z Brdy do dolnego biegu Flisa. Jednak inne wnioski na temat migracji ryb między rzeką główną a dopływem wymagałyby dokładniejszego poznania ichtiofauny Brdy w sąsiedztwie Flisa.

Jak wykazały badania nad przebiegiem rekolonizacji rzek, ponowne zajęcie opustoszałych siedlisk przez ryby może trwać latami pomimo poprawy jakości wody (Kruk 2006). Migracja nawet na tak niewielkie,

kilkukilometrowe odległości okazuje się być skutecznie uniemożliwiana przez zanieczyszczenia i piętrzenia (Kruk i inni 2003, Galicka i inni 2010). Wobec powyższego utrzymanie dobrego stanu ichtiofauny we Flisie jest szczególnie ważne. Do osiągnięcia tego celu z pewnością pomocne będzie prowadzenie kompleksowego monitoringu jakości wody oraz ichtiofauny z powtórzeniami zaplanowanymi przynajmniej co 5 lat. Taka częstotliwość badań jest zalecana w przypadku ekosystemów szczególnie narażonych na presję człowieka (Kruk i inni 2010).

PODZIĘKOWANIA

Autorzy składają podziękowania panu Leszkowi Rafałko za pomoc w badaniach terenowych i wszechstronną współpracę, dr. hab. prof. nadzw. UŁ Mirosławowi Przybylskiemu za pomoc merytoryczną w przygotowaniu manuskryptu, dr. Łukaszowi Głowackiemu za korektę tekstów angielskojęzycznych oraz Okręgowi PZW w Bydgoszczy za wydanie zgody na elektropułowy. Badania finansowane przez Uniwersytet Łódzki.

6. SUMMARY

The Flis Stream is a left side, 13,67 km long, tributary of the Brda River (Fig. 1), which partially flows across the City of Bydgoszcz, north-central Poland. Five sampling sites were established along the stream course (Tab. 1) and electrofished in October 2013. Besides, the values of selected physico-chemical water parameters, as well as water velocity, were measured (Tab. 2). To evaluate the state of the ichthyofauna of the Flis Stream, literature data on the fish faunas of several other lowland streams of similar size, but of various degree of human impact, were used (Tab. 3 and 4). A total of 176 specimens belonging to nine species and weighing 5750 g were identified. The most abundant and common species were three-spined stickleback, brown trout and European brook lamprey (Tab. 5), and in terms of biomass the only dominant species was brown trout (Tab. 6). Despite its river bed being straightened along large sections (Photo 1), the diversified bottom structure and considerable slope still create conditions favorable for rheophilic fishes. Note that five among nine species that have been identified in the Flis, i.e. brown trout, European brook lamprey, bullhead, minnow and chub, are rheophils, in other words obligatorily riverine species. The most diversified fish assemblage (seven species) was recorded in close-to-outflow site 6 (Photo 2), which may be explained by the close vicinity of the Brda River. On the other hand, a control sampling that was carried out in the Brda River 30 meters downstream of the Flis outlet to the Brda (Tab. 7) indicated the presence of only six species, including the invasive monkey goby.

The values of biocenotic indicators (Simpson dominance, Gini-Simpson index, Shannon-Wiener entropy, and Shannon-Wiener equitability), were calculated. By applying cluster analysis watercourses that were most similar in terms of species composition were grouped into four clusters (Fig. 2), and then ANOVA was used to check if differences in the values of biocenotic indicators were statistically significant. The result was that the values of all biocenotic indicators significantly differed between the clusters (Tab. 8). The species composition of the fish and lamprey fauna enabled classifying the Flis Stream into the group that was moderately human impacted, with a large number of rheophilic species (cluster B). As regards the values of given biocenotic indicators, the lowest values of Simpson dominance were observed in clusters A and B, in which the values of Gini-Simpson index and Shannon-Wiener entropy assumed high values. This testifies to a lack of pronounced dominance of a single species in the assemblage, and to a relatively high diversity of the assemblage, of course at the scale of the watercourse.

7. LITERATURA

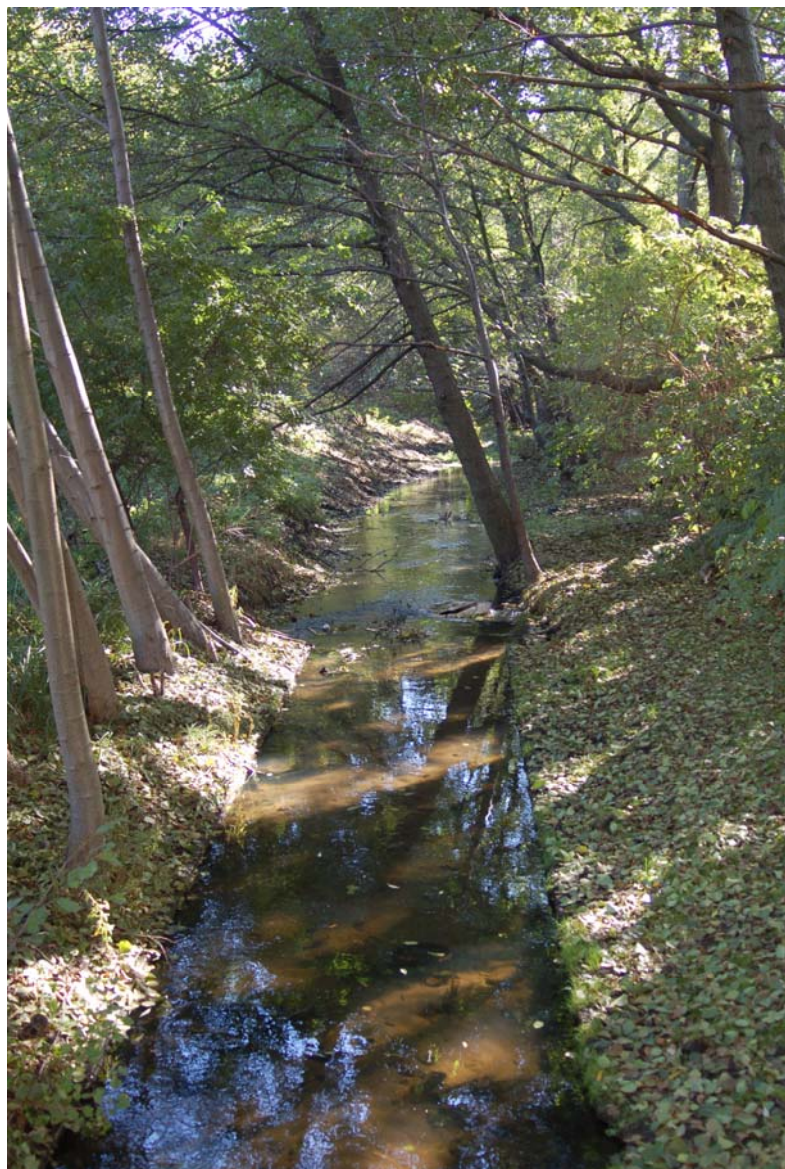
- Allan J.D. 1998. Ekologia wód płynących. PWN, Warszawa, ss. 450.
- Backiel T., Penczak T. 1989. The fish and fisheries in the Vistula River and its tributary, the Pilica River. (W: Proceedings of the International Large River Symposium. Red. D.P. Dodge). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 106, 488–503.
- Baras E., Lucas M.C. 2001. Impacts of man's modifications of river hydrology on the migration of freshwater fishes: a mechanistic perspective. Ecohydrol. Hydrobiol., 1, 291–304.
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1986. Ecology. Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 594–595.
- Błachuta J., Witkowski A. 1997. Problemy gospodarki wędkarskiej w rzekach. ss. 11–28 (W: Wędkarstwo w ochronie wód i rybostanów. Red. T. Backiel). Wydawnictwo PZW, Warszawa.
- Czarnecka H. (red.) 2005. Atlas podziału hydrograficznego Polski. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Dębowski P., Radtke G., Cegiel K. 2004. Ichtiofauna dorzecza Pasłęki. Roczn. Nauk. PZW, 17, 5–34.
- Galicka W., Grabowska J., Kruk A., Penczak T., Marszał L., Tszydel M., Tybulczuk S., Pietraszewski D. 2010. Ichtiofauna Neru w mieście Łodzi – stan obecny i zmiany w ostatniej dekadzie. Acta Univ. Lodz., Folia Biol. et Oecol. (Suppl.), 55–68.
- Jastrzębski W. (red.) 2011. Encyklopedia Bydgoszczy. t. 1. ss. 286–287. Towarzystwo Miłośników Miasta Bydgoszczy.
- Kotusz J. 2012. Głowacz białopłetwy *Cottus gobio*. (W: Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny. Część III. Red. M. Makomaska-Juchiewicz, P. Baran). GIOŚ, Warszawa, ss. 171–185.

- Kruk A. 2006. Self-organizing maps in revealing variation in non-obligatory riverine fish in long-term data. *Hydrobiologia*, 553, 43–57.
- Kruk A. 2007. Role of habitat degradation in determining fish distribution and abundance along the lowland Warta River, Poland. *J. Appl. Ichthyol.*, 23, 9–18.
- Kruk A., Penczak T., Galicka W., Koszaliński H., Tłoczek K., Kostrzewa J., Marszał L. 2000. Ichtiofauna rzeki Warty. *Rocz. Nauk. PZW*, 13, 35–67.
- Kruk A., Penczak T., Przybylski M. 2001. Wieloletnie zmiany w ichtiofaunie górnego biegu Warty. *Rocz. Nauk. PZW (Suppl.)*, 14, 189–211.
- Kruk A., Szymczak M., Spychalski P. 2003. Ichtiofauna Miasta Łodzi. Część I. Dorzecza Jasienia i Łódki. *Rocz. Nauk. PZW*, 16, 79–96.
- Kruk A., Spychalski P., Galicka W. 2005. Ichtiofauna Miasta Łodzi. Część II. System Sokolówki. *Rocz. Nauk. PZW*, 18, 29–46.
- Kruk A., Galicka W., Tsydel M., Tybulczuk S., Pietraszewski D., Marszał L., Błońska D., Ciepłucha M. 2010. Ichtiofauna strumieni w systemie Neru w mieście Łodzi. *Acta Univ. Lodz., Folia Biol. et Oecol. (Suppl.)*, 69–88.
- Kusznierz J., Kotusz J., Popiołek M., Witkowski A. 2005. Ichtiofauna polskich dopływów górnej Odry. *Rocz. Nauk. PZW*, 18, 59–90.
- Marszał L. 2012. Minóg strumieniowy *Lampetra planeri*. (W: Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny. Część III. Red. M. Makomaska-Juchiewicz, P. Baran). GIOŚ, Warszawa, ss. 101–117.
- Marszał L., Zięba G., Kruk A., Tsydel M., Tybulczuk S., Pietraszewski D., Galicka W., Janic B. 2010. Ichtiofauna strumieni w systemie Wisły w mieście Łodzi. *Acta Univ. Lodz., Folia Biol. et Oecol. (Suppl.)*, 89–112.
- Odum, E.P. 1980. *Ecology*. Holt-Saunders, London.
- Penczak T., Kruk A. 2000. Threatened obligatory riverine fishes in human-modified Polish rivers. *Ecol. Fresh. Fish.*, 9, 109–117.
- Penczak T., Kruk A., Marszał L., Zięba G., Galicka W., Tsydel M., Tybulczuk S., Pietraszewski D. 2008. Monitoring ichtiofauny systemu rzeki Gwdy: trzecia dekada badań. *Rocz. Nauk. PZW*, 21, 61–89.
- Radtke G., Grochowski A. 1999. Ichtiofauna dorzecza Wierzycy. *Rocz. Nauk. PZW*, 12, 113–133.
- Radtke G., Grochowski A., Woźniewski M. 2003. Ichtiofauna dorzecza Wdy. *Rocz. Nauk. PZW*, 16, 33–64.
- Radtke G., Grochowski A., Dębowski P. 2007. Ichtiofauna dorzecza Redy oraz pozostałych małych cieków wpadających do Zatoki Gdańskiej. *Rocz. Nauk. PZW*, 20, 83–112.
- Radtke G., Bernaś R., Dębowski P., Skóra M. 2010. Ichtiofauna małych cieków polskiego wybrzeża Bałtyku. *Rocz. Nauk. PZW*, 23, 79–96.
- Radtke G., Bernaś R., Dębowski P., Skóra M. 2011. Ichtiofauna dorzecza Motława. *Rocz. Nauk. PZW*, 24, 5–27.
- Radtke G., Bernaś R., Dębowski P., Morzuch J., Skóra M. 2013. Ichtiofauna małych dopływów dolnej Wisły. Część I – między Włocławkiem a Świeciem. *Rocz. Nauk. PZW*, 26, 99–115.
- Rechulicz J. 2009. Ichthyofauna of small rivers of Lublin city. *Teka Kom. Ochr. Kszt. Środ. Przyr. – OL PAN*, 6, 252–260.
- Siligato S., Böhmer J. 2001. Using indicators of fish health at multiple levels of biological organization to assess effects of stream pollution in southwest Germany. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 8, 371–386.

- Stanisz A. 2007. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 3. Analizy wielowymiarowe. StatSoft, Kraków. ss. 500.
- Szumińska D. (red.) 2008. Zasoby przyrodnicze i kulturowe drogi wodnej Wisła-Odra. ss. 20–21. Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego. Instytut Geografii Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Bydgoszcz.
- Witkowski A., Kotusz J. 2008. Stan ichtiofaunistycznych badań inwentaryzacyjnych rzek Polski. Rocz. Nauk. PZW, 21, 23–60.
- Wiśniewolski W., Gieriej A. 2011. Regulacja rzek a ichtiofauna – skutki i środki zaradcze, Konferencja PZW, Kondycja polskiego rybactwa śródlądowego PZW, Spała 2011, ss. 90–96.
- Witkowski A., Grabowska J. 2012. The non-indigenous freshwater fishes of Poland: Threats for native ichthyofauna and consequence for fishery: A review. Acta Ichthyol. Piscat., 42 (2), 77–87.
- Witkowski A., Błachuta J., Kuszniierz J. 1991. Rybostan dorzecza Widawy po przeprowadzonej regulacji. Rocz. Nauk. PZW, 4, 25–46.
- Witkowski A., Kotusz J., Przybylski M. 2009. Stopień zagrożenia słodkowodnej ichtiofauny Polski: Czerwona lista minogów i ryb – stan 2009. Chrońmy Przyr. Ojcz., 65, 33–52.
- Witkowski A., Kleszcz M., Błachuta J., Kotusz J., Kuszniierz J., Napora K. 2012. Ichthyofauna of Wrocław – the Odra River, its tributaries and the selected city reservoirs. Fragm. Faun., 55 (1), 49–74.
- http 1. Program Rewitalizacji i Rozwoju Bydgoskiego Węzła Wodnego, Bydgoszcz 2006, ss. 42–45. Strona internetowa Miejskiej Pracowni Urbanistycznej w Bydgoszczy, <http://www.mpu.bydgoszcz.pl/>.
- http 2. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Bydgoszczy. 2009. Miejska Pracownia Urbanistyczna w Bydgoszczy. Część I – Uwarunkowania rozwoju – Bydgoszcz. ss. 36–37. http://www.mpu.bydgoszcz.pl/studium/Studium%5B21_56%5D.pdf

Deklaracja autorów o udziale w przygotowaniu publikacji:

Wszyscy współautorzy niniejszej publikacji przyczynili się, choć w różnym stopniu, do: A – przygotowania projektu badań i programu pracy, B – zbierania danych i prowadzenia badań; C – przeprowadzenia analizy statystycznej; D – interpretacji wyników; E – opracowania manuskryptu; F – wyszukiwania literatury. Sumaryczny udział poszczególnych współautorów wynosił: LM – 40%, BJ – 20%, DP – 20%, WG – 20%. Pomiedzy żadnymi współautorami nie istnieje konflikt interesów. Praca nie posiada autorów nieujawnionych.



Fot.1. Uregulowany odcinek strumienia Flis przy ul. Źródlanej – stanowisko 4 (Fot. D. Pietraszewski).

Photo 1. Regulated section of the Flis Stream in Źródłana Street – site 4 (Photo by D. Pietraszewski).



Fot. 2. Stanowisko 5 – przed ujściem strumienia Flis do Brdy (Fot. D. Pietraszewski).

Photo 2. Site 5 – the Flis Stream before reaching the Brda River (Photo by D. Pietraszewski).

