

TADEUSZ PENCZAK\*, ŁUKASZ GŁOWACKI, GRZEGORZ ZIĘBA  
LIDIA MARSZAŁ, WANDA GALICKA, SZYMON TYBULCZUK  
MARIUSZ TSZYDEŁ, BARTOSZ JANIC

**ICHTIOFAUNA DORZECZA KRZNY**

FISH FAUNA OF THE KRZNA RIVER CATCHMENT

Katedra Ekologii i Zoologii Kregowców  
Uniwersytet Łódzki  
ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

**ABSTRACT**

The Krzna River belongs to the biggest tributaries of the Bug River. The present study describes and analyses the sampled fish fauna of the main channel and its ten tributaries. Fish were sampled in 43 sites (August 2010) which were located at the distance of about 10 km from each other. Samples were collected using two-anode dipnets from a boat rowed along a 500 m section of bank line or while wading in shallow sites, along 100 m reaches; in the latter case the whole width of a sampled stream was affected by electric field. Altogether, 12773 individuals representing 24 fish and one lamprey species were caught. Only roach (24.58%) and bleak (16.51%) were numeric dominants, the former one with the constancy of occurrence of 67.44%, and the latter one of 48.84%. Obligatory riverine species were rare ones and they were sampled in the main channel and some tributaries only. The impact of the recipient river (i.e. the Bug River) on fish diversity in the Krzna River catchment was assessed with the multiplicative partitioning of the  $H_1$  species diversity measure. The impact turned out to be monotonically increasing with decreasing distance from the recipient.

**Key words:** lowland river, moderate pollution, regulations, species abundance, species domination, constancy of occurrence,  $H_1$  diversity decomposition.

---

\* Autor do korespondencji: [penczakt@biol.uni.lodz.pl](mailto:penczakt@biol.uni.lodz.pl)

## 1. WSTĘP

Pierwszym autorem, który na podstawie własnych połowów i obserwacji, a także relacji wędkarzy i rybaków, podał jakie gatunki ryb i minogów zasiedlają Krznę i jej dopływy (zlewnia Bugu) był Danilkiewicz (1997). Stwierdził on, że „Krzna wypływa z podmokłego lasu ... koło Łukowa, w postaci dwóch bagiennych strug – Krzny Południowej i Krzny Północnej”, nie wyjaśnił jednak, którą z nich uznał za źródłowy odcinek głównego cieku (Danilkiewicz 1997). W zamieszczonej w pracy tabeli i rysunku podana jest różna liczba gatunków, co być może wiąże się z podanymi przez niego różnymi datami połowów (Danilkiewicz 1997). Obecność gatunków w 8 dopływach Krzny, które włączył do swego opracowania, zaznaczył plusami (ta sama tabela co dla Krzny), a różnice w dominacji niektórych gatunków wykazał w tekście, nie podając niestety miejsc poboru prób ryb.

Druga opublikowana informacja o ichtiofaunie Krzny to opracowanie Błachuty i innych (2002). W pracy tej zwrócono uwagę na silne zanieczyszczenie wód tej rzeki na całej długości (III klasa czystości, a dla większości parametrów wody pozaklasowe), za które obwiniane są trzy ośrodki miejskie zlokalizowane nad jej brzegami (Łuków, Międzyrzec Podlaski, Biała Podlaska), Małaszewicze oraz spływy zanieczyszczeń z terenów rolniczych. Z 14 gatunków, wymienionych tylko dla ujściowego odcinka Krzny, najliczniejsze, na czterostopniowej skali, były płoć i koza. Brak tam jednak informacji dotyczących rybostanu dopływów Krzny. Innym mankamentem pracy jest brak odniesienia do czasu prowadzenia badań, jedyną sugestią w tym zakresie jest informacja związana z terminem pomiaru temperatury wody w Bugu (lipiec 1999).

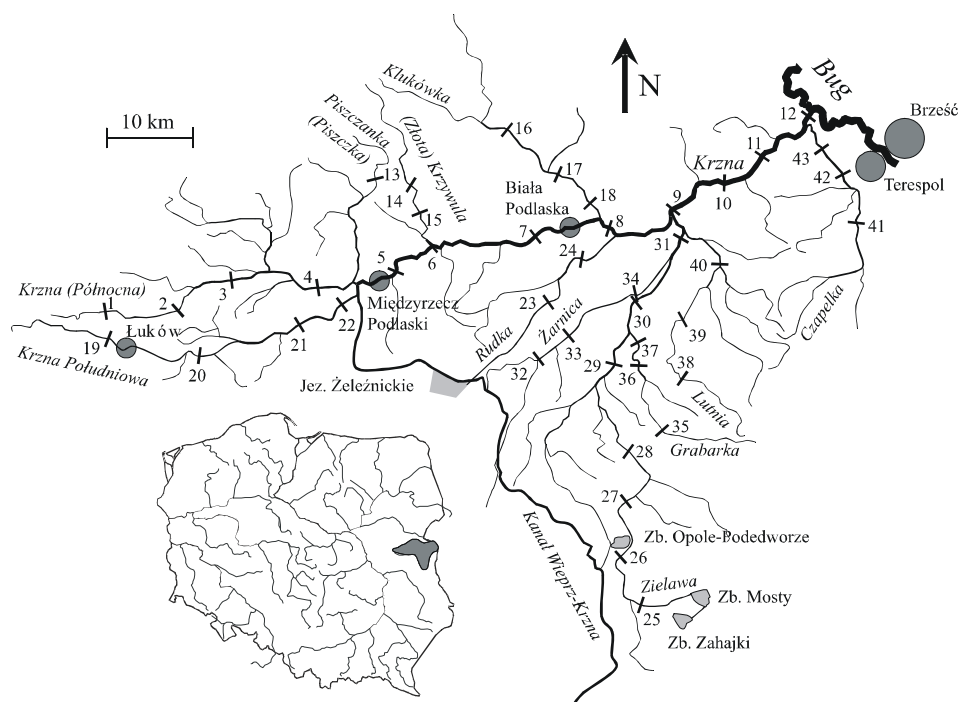
W świetle powyższych informacji o ichtiofaunie dorzecza Krzny, które zbierane były w nieokreślonym czasie, za celowe uznaliśmy zbadanie populacji ryb na wielu stanowiskach w cieku głównym jak i dopływach, stosując te same narzędzia połowu i metody oceny liczebności gatunków.

## 2. TEREN BADAŃ

**Krzna** to lewobrzeżny, polski dopływ Bugu, drugi pod względem długości, a pierwszy pod względem powierzchni dorzecza na terenie Polski. Długość Krzny, łącznie z Krzną Północną (39,1 km), wynosi 107,5 km (Rys. 1), a powierzchnia dorzecza 3272,58 km<sup>2</sup>. Źródła rzeki znajdują się na południowy wschód od Łukowa, w pobliżu wsi Feliksin (APHP 2005a, 2005b). Krzna uchodzi do Bugu na 248,2 km jego biegu, w pobliżu wsi Majdany.

W górnym i środkowym biegu rzeka płynie w uregulowanym korycie (Fot. 1), a jej brzegi w górnym i dolnym biegu są zadrzewione. Tylko w dolnym biegu nie zauważono już śladów regulacji, a koryto obfitowało w kryjówki dla ryb (Tab. 1, Fot. 2). Dolne odcinki doliny Krzny, które

dawniej były zabagnione, obecnie są użytkowane rolniczo. Wodami Krzny nawadnia się przyległe łąki, a zlokalizowany tu przemysł to mleczarnie oraz ферmy bydła i drobiu, które mają znaczący, negatywny wpływ na jej wody (Błachuta i inni 2002). Krzna płynie głównie wśród nieużytków, łąk i pastwisk. W dnio rzeki dominują piaski, które na kilku stanowiskach były dość mocno zamulone (Tab. 1).



**Rys. 1.** Stanowiska połowu ryb w zlewni rzeki Krzny. Objaśnienia: Zb. – zbiornik. Stanowiska są zaznaczone prostopadłymi do rzeki kreskami z właściwymi dla nich numerami.

**Fig. 1.** The sites of fish sampling in the Krzna River catchment. Explanations: Zb – dam reservoir, Jez. – jezioro, Kanał – canal. Names of rivers are in italics, names of towns are in bold font. Sites are marked with short lines perpendicular to the river course and identified by numbers.

Do badań wybrano 12 stanowisk, rozmieszczonych w miarę proporcjonalnie jedno od drugiego (Rys. 1). W punkcie 2 Tab. 1 dla każdego ciek i wszystkich pozostałych zbadanych stanowisk wprowadzono po raz pierwszy w naszych pracach Identyfikator Hydrologiczny, ID\_HYD\_R. Akronim ten jest atrybutem ciek w pliku systemu informacji geograficznej GIS (KMPHP 2007). Każdy ciek Polski posiada tam swój unikatowy numer zapewniający jego jednoznaczną identyfikację. Identyczne numery cieków

stosowane są również w opisach APHP (2005a) oraz APHP (2005b). Zapobiega to nieporozumieniom wynikającym ze stosowania tych samych nazw do różnych cieków, ze stosowania różnych nazw tych samych cieków przez różne źródła (np. mapy i atlasy różnych autorów i wydawnictw) oraz z historycznej zmienności nazw cieków (np. mapy i atlasy z różnych okresów).

Wszystkie dopływy Krzyny przedstawiono na Rys. 1, ale nazwy załączono tylko dla tych, z których pobrano próby ryb, za wyjątkiem Kanału Wieprz–Krzna. Nie trudno zauważyć, że dorzecze Krzyny jest niesymetryczne, a lewobrzeżna jego część jest zdecydowanie mniejsza.

**Piszczanka** (dawna nazwa Piszczka), o długości 23,4 km, zbadana była tylko na jednym stanowisku (13), w jej środkowym, uregulowanym biegu (Tab. 1). Do sąsiednich planowanych stanowisk na tym cieku, gdzie rzeka jest również uregulowana, nie udało się nam dotrzeć (punktowe, letnie wezbrania). Woda optycznie nie była czysta i charakteryzowała się podwyższoną wartością przewodnictwa (Tab. 1).

**Krzywula** (dawna nazwa Żłota Krzywula), o długości 24,6 km, była zbadana na dwóch stanowiskach zlokalizowanych w środkowym i dolnym biegu. Oba odcinki, na których pobierano próby, były uregulowane, a rzeka płynęła pośród łąk (Tab. 1). Ten nizinny ciek, o nie wyróżniających się, przeciętnych parametrach wody, na st. 15 miał miejscami wybetonowane brzegi.

**Klukówka**, ostatni, największy, lewobrzeżny dopływ Krzyny (34,4 km), jest uregulowana (Fot. 3), a jakość jej wód ulega stopniowemu pogorszeniu, w kierunku ujścia. Do obu brzegów przylegają łąki, ale także pola uprawne, nieużytki, a w dolnym biegu las (Tab. 1).

**Krzna Południowa**, o długości 46,7 km, otwierająca listę prawobrzeżnych dopływów Krzyny, została uregulowana i po przyjęciu ścieków z Łukowa, dopiero przed ujściem do Kanału Wieprz–Krzna (st. 22) wykazuje poprawę jakości wody. Niemniej jakość wody jest tu gorsza od tej jaką stwierdzono w odcinku źródłowym (st. 19), przed Łukowem (Tab. 1).

**Rudka**, o długości 27,5 km, w górnym i środkowym biegu wygląda jak kanał, a w dolnym jest uregulowana. Nizinny, o piaszczystym dnie ciek lepszą jakość wody ma w części posiadającej charakter kanału (Tab. 1).

**Zielawa**, najdłuższy dopływ Krzyny (68,1 km długi), na całej długości jest uregulowana (Fot. 4) a początek bierze ze Zbiornika Zahajki. Konduktywność jej wód była stosunkowo wysoka i wyrównana, natomiast poziom tlenu wahał się na 7 zbadanych stanowiskach od 4,8 do 11,2 mg O<sub>2</sub> dm<sup>-3</sup>. Rzeka jest po dawno wykonanej regulacji. W dolinie rzeki dominują łąki i pastwiska i widać już pojedyncze drzewa na brzegach (Tab. 1, Fot. 4).

**Żarnica**, lewobrzeżny dopływ Zielawy, o długości 40,1 km, utraciła naturalną budowę koryta, a na st. 34 zamieniona została w kanał, gdzie do umocnienia brzegów użyto płyt i kostki betonowej (Tab. 1). Tereny dochodzące do brzegów cieku to łąki, a miejscami nieużytki.

**Tabela 1.** Morfometria stanowisk zlewni Krzyny.  
**Table 1.** Morphometry of sites in the Krzyna River catchment.

1.	2	3	4*	5*	6*	7*
Numer stanowiska / Site number	1	2	3	4*	5*	6*
Rzeka (identyfikator hydrologiczny) / River (hydrologic identifier)	Krzyna (Północna) (ID_HYD_R.2664)					
3.	100,5	92,5	84,5	73	63	57,5
4.	12.08.10	12.08.10	12.08.10	12.08.10	13.08.10	09.08.10
5.	3,5	2,0	3,0	5,0	18,0	12,0
6. a)	0,7	1,0	0,8	1,3	1,2	2,0
7.	(1,0)	(1,3)	(1,0)	(2,2)	•	(>3,5)
	•	+	•	+	•	+
	100	99	100	100	100	100
8. b)	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	1(s)	0	0	0	0
	100	30	5	5	100	1
9. b)	35	80	25	45	15	10
10. c)	30	80	-	100	40	1
11. d)	zr	g, zw, zr, f	g, zr	zr	zr	zr
	+++	+++	-	-	-	•
12.	(10)	(50)	(45)	(10)	(3)	(3)
13. e)	R	R	R	R	R	R
14. f)	nu, zab	nu, la	pa	pa	pa	nu
15.	375	407	354	478	540	534
16.	6,61	7,07	8,40	8,35	7,92	7,40
17.	71,6	71,6	86,7	85,7	87,1	79,7
18.	7,26	7,20	7,26	7,33	7,73	7,86

Tabela 1. Ciąg dalszy.  
Table 1. Continued.

1.	8*	9*	10*	11*	12*	13	14	15	16	17*	18*
2.	Krzna (ID_HYD_R_2664)										
3.	35	25,5	17	11,5	1	14	10	6	16,5	8,5	3
4.	11.08.10	11.08.10	11.08.10	11.08.10	10.08.10	13.08.10	13.08.10	13.08.10	17.08.10	17.08.10	15.08.10
5.	18,5	22,0	20,0	15,0	20,0	2,5	2,5	1,8	3,5	6,0	8,0
6. a)	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5	0,5	0,2	0,5	0,6	1,3	1,3
7.	(2,0)	(1,2)	(>3,5)	(2,0)	(>3,5)	(0,8)	(0,5)	(0,9)	(0,9)	(2,0)	(2,0)
	+	•	++	-	+++	•	•	+	•	+++	-
8. b)	80	70	95	90	95	90	90	80	99	90	100
	10	20	0	0	3	0	10	0	1	0	0
	10	10	5	5	2	0	0	0	0	2	0
	0	0	0	5 (gl)	0	10 (pb, ko)	0	20 (be)	0	8 (pb, ko)	0
9. b)	0	0	10	10	1	100 (bg)	50	40	10	100	60
	25	35	5	5	10	5	10	5	30	95	20
10. c)	60	1	50	60	10	30	15	40	15	70	80
11. d)	k, g, zw, zr	k, g, zw, zr	k, g, zw, zr	k, g, zd, zw, zr, nb	k, g, zw, zr, nb	g, zr, s, sp	g, zr, sf	zdz, zr, f, sp	zr	Zr	k, zw, zr
12.	•	•	++	++	++	+++	+	-	•	+	+++
	(2)	(1)	(5)	(5)	(5)	(80)	(15)	(70)	(1)	(15)	(30)
13. e)	R	Nm	Nm	Nm	Nm	R	R	R	R	R	Nm
14. f)	pa, nu	pa, nu	nu, pa	nu, pa	pa, nu	pa, nu	pa	pa	pa	rol, pa	nu, la
15.	486	455	469	470	464	522	480	393	411	436	461
16.	9,36	9,03	7,46	7,83	8,77	8,57	9,45	8,21	7,96	8,55	6,83
17.	101,9	98,5	79,4	84,6	97,3	88,8	98,5	83,1	85,3	92,1	75,1
18.	7,50	7,49	7,48	7,71	7,73	7,61	7,57	7,50	7,26	7,56	7,53

Tabela 1. Ciąg dalszy.  
Table 1. Continued.

	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1.											
2.	Krzyna Południowa (ID_HYD_R.26642)										
3.	34,5	22	11	3	12,5	4,95	57	49,5	41,5	34	21
4.	12.08.10	12.08.10	13.08.10	13.08.10	16.08.10	17.08.10	14.08.10	14.08.10	14.08.10	14.08.10	14.08.10
5.	4,0	3,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	6,5	20,0	8,0	7,0
6. a)	1,0	0,9	1,0	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6
7.	(1,2)	(1,15)	(1,1)	(0,8)	(1,1)	(0,9)	(0,5)	(1,0)	(1,0)	(1,2)	(0,7)
	•	•	-	-	•	+++	-	-	-	-	-
8. b)	98	100	90	90	100	99	100	100	100	100	100
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	10	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	10 (pb, ko)	0	0	0	0	0	0	0	0
9. b)	100	10	5	0	70	25	0	5	20	0	0
10. c)	95	80	70	5	95	25	35	15	20	40	1
11. d)	95	20	90	30	30	10	10	80	5	30	0
	zr	zr, f	g, zr, sp	k, zr, sf	zr, nb	g, zr, nb, f	zr, sf	zr	zr	zr, s	zr
12.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
13. e)	(5)	(10)	(30)	(15)	(10)	(15)	(40)	(5)	(1)	(15)	(2)
	R	R	R	R	Kan	R	R	R	R	R	R
14. f)	nu, pa	pa	pa	rol, nu	pa	pa	pa	rol	pa	nu	pa
15.	389	604	579	532	352	350	489	454	458	469	496
16.	10,77	6,40	7,72	8,37	10,60	7,32	4,84	7,56	11,20	8,53	8,75
17.	113,7	68,2	80,1	89,9	117,6	77,9	51,5	82,2	131,0	95,2	97,0
18.	7,38	7,48	7,34	7,34	7,66	7,50	6,86	7,26	7,48	7,61	7,70

**Tabela 1.** Ciąg dalszy.  
**Table 1.** Continued.

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1.		Zielawa		Żarnica			Grabarka			Lutnia	
2.	(ID_HYD_R 26648)	(ID_HYD_R 26648)	(ID_HYD_R 26648)	(ID_HYD_R 266486)	(ID_HYD_R 2664852)	(ID_HYD_R 2664852)	(ID_HYD_R 266488)	(ID_HYD_R 266488)	(ID_HYD_R 266488)	(ID_HYD_R 266488)	(ID_HYD_R 266488)
3.	12,5	3	21,5	17,5	7	13,5	5	1,5	24	14,5	6
4.	16.08.10	16.08.10	16.08.10	16.08.10	16.08.10	14.08.10	15.08.10	15.08.10	15.08.10	15.08.10	15.08.10
5.	7,0	7,5	3,4	4,0	3,4	4,0	3,5	2,5	2,5	4,0	4,5
6. a)	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5
	(1,2)	(0,7)	(1,1)	(0,9)	(1,2)	(0,5)	(0,7)	(1,0)	(0,5)	(0,7)	(0,6)
7.	++	-	+	•	+	-	•	+	-	-	-
8. b)	70	89	94	95	85	100	100	90	100	90	90
	20	10	5	5	5	0	0	0	0	0	0
	10	1	1	0	5	0	0	5	0	10	10
	0	1	0	0	5 (pb, ko)	0	0	5 (pb, ko)	0	0	0
9. b)	5	5	20	50	2	5	15	-	20	30	10
	10	5	35	65	2	5	20	5	90	70	30
10. c)	5	5	80	10	60	10	15	50	60	30	10
11. d)	g, zr, nb, f	k, zr, nb	g, zr	zr, nb	zr, sp	g, zr	k, g, zw, zr, nb	k, g, zr	pa, nu	g, zr	g, zr, nb, s, f
12.	(5)	(10)	(20)	(50)	(15)	(10)	(30)	(50)	(10)	(10)	(20)
13. e)	R	R	R	R	Kan	R	R	R	R	R	R
14. f)	pa	pa, nu	pa	pa, nu	pa	pa	rol, nu	pa, nu	pa, nu	pa	pa
15.	476	471	555	469	444	377	362	373	566	328	396
16.	8,35	7,81	7,19	7,85	8,61	11,50	7,05	8,21	9,81	10,65	9,83
17.	92,1	85,9	80,3	84,4	93,3	129,0	76,3	92,0	110,7	119,5	111,0
18.	7,71	7,60	7,41	7,33	7,42	7,38	7,47	7,59	7,32	7,41	7,80



**Tabela 1.** Ciąg dalszy.  
**Table 1.** Continued.

1.	41	42	43*
2.	Czapelka (ID_HYD_R 266498)		
3.	14,5	8	3,5
4.	10.08.10	10.08.10	10.08.10
5.	3,5	3,0	5,0
6. a)	0,9	0,9	1,0
7.	(1,0)	(1,05)	(1,2)
	+	+	-
	100	100	100
8. b)	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	50	50	0
9. b)	90	90	95
10. c)	100	100	100
11. d)	zr	zr	zr
12.	-	-	-
13. e)	(20)	(15)	(15)
14. f)	R	R	R
	pa, nu	pa	pa
15.	333	387	410
16.	8,80	6,70	7,72
17.	95,7	72,2	85,3
18.	7,20	7,31	7,57

Objasnienia: \* stanowiska obławiane z łodzi; a) w strefie nurtu; b) odsetek pokrycia dna, pokrycie dna muleniem oceniano niezależnie od pozostałych frakcji; gl – glina, pb – płyty betonowe, ko – kostka, be – beton, sf – stara faszyna; c) odsetek pokrycia linii brzegowej; d) kryjówki: g – gałęzie, f – faszyna, k – korzenie, nb – nawisający brzeg, s – śmieci, sp – szczeliny między betonowymi płytami, zd – zwałone drzewa, zr – inna zwisająca roślinność, zw – zwisająca wiklina; e) N – rzeka naturalna, Nm – rzeka naturalna meandrująca, R – koryto regulowane, wyprostowane; Kan – kanał; f) pa – pastwiska i łąki, la – las, nu – nieużytki, rol – pola uprawne, za – zabudowania; / - / brak, / • / <5%, / + / 5-20%, / ++ / 21-40%, / +++ / 41-60%, / ++++ / 61-80%, / +++++ / 81-100%.

Explanations: \* sites sampled from a boat; a) in the current zone; b) percentage of bed cover, the percentage of bottom covered with mud was estimated independently from the other fractions; gl – clay, pb – concrete plates, ko – concrete brick, be – concrete, sf – old fascine; c) percentage of bank cover; d) shelters: g – branches, f – fascine, nb – bank overhangs, s – litters, sp – gaps between concrete slabs, k – roots, zd – fallen trees, zr – other overhanging plants, zw – overhanging willow branches; e) N – natural river, Nm – meandering natural river, R – river regulated, straightened; Kan – canal; f) pa – pastures and meadows, la – forest, nu – wasteland, rol – cropland, za – buildings; / - / none, / • / <5%, / + / 5-20%, / ++ / 21-40%, / +++ / 41-60%, / ++++ / 61-80%, / +++++ / 81-100%.

**Grabarka**, prawobrzeżny dopływ Zielawy, o długości 25,7 km, jest także uregulowana, a o niewielkim zanieczyszczeniu jej wód zadecydowały najprawdopodobniej nawozy, środki ochrony roślin i w niewielkim stopniu ścieki bytowe (Tab. 1). Ta koncepcja wydaje się być zasadna, gdyż nie ma tutaj przemysłowych ani bytowych zanieczyszczeń, a Allan (1995) w swojej książce przytacza wiele przykładów liniowej korelacji pomiędzy liczbą rozpuszczonych jonów spowodowaną zanieczyszczeniami i konduktywnością wody.

**Lutnia**, ostatni, prawobrzeżny, uregulowany dopływ Zielawy, o długości 35,9 km, nie wyróżnia się specjalnie od poprzednich dopływów poza przewagą pastwisk wzdłuż jej brzegów (Tab. 1).

**Czapelka**, ostatni ze zbadanych, prawobrzeżnych dopływów Krzny (34,4 km długi) wyglądem bardziej przypomina wąski, zamulony rów melioracyjny aniżeli rzekę (Tab. 1). O małym zacienieniu jej brzegów decyduje tylko krzaczasta i trawiasta roślinność brzegowa, gdyż brak tu całkowicie drzew wzdłuż brzegów ciek.

### 3. MATERIAŁ I METODY

Na 43 stanowiskach rozmieszczonych na Krznie i jej dopływach, w odległości około 10 km jedno od drugiego (Rys. 1) odłowiono i zidentyfikowano łącznie 12773 osobników ryb i minogów należących do 25 gatunków. W źródłowym odcinku Krzny i jej małych dopływach brodzono na 100 m odcinkach, natomiast w spławnej części koryta łowiono z łodzi na 500 m (12 stanowisk, Tab. 1), używając zawsze dwóch anodo-czerpaków. W obu przypadkach stosowano prąd dwupółówkowy wyprostowany (230 V) z prądnicy o mocy 2,5 kW (Penczak 1967).

Gatunki ryb pogrupowano według ich przynależności do grup rozrodznych (Balon 1990). Ich rozmieszczenie wzdłuż biegu rzeki przedstawiono graficznie, lub w tabeli (dla rzek z mniejszą od czterech liczbą stanowisk) po uprzednim przeliczeniu liczby złowionych ryb na 500 m linii brzegowej. W tym celu stanowiska, na których łowiono ryby brodząc po obydwu brzegach na 100-metrowym odcinku, potraktowano tak jak obłowione na 200 m wzdłuż jednego brzegu.

Dla każdego gatunku obliczono indeks stałości występowania ( $C_i$ ) i dominacji ( $D_i$ ):  $C_i = s_i/S \times 100$ , gdzie:  $s_i$  – liczba stanowisk z gatunkiem  $i$ ,  $S$  – suma wszystkich stanowisk;  $D_i = n_i/N \times 100$ , gdzie:  $n_i$  – liczba osobników należących do gatunku  $i$ ,  $N$  – suma osobników wszystkich gatunków.

Do zanalizowania możliwego wpływu recypienta (czyli rzeki Bug) na różnorodność gatunkową poszczególnych rzek dorzecza Krzny zastosowano różnorodność  $M1$  (Hill 1973, Jost 2006, 2007, 2010):

$$M1 = e^H,$$

gdzie  $H$  jest entropią/miara informacji Shannona  $= -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ , w której  $S$  jest liczbą gatunków, a  $p_i$  jest udziałem danego gatunku w liczebności całkowitej zespołu, oraz jej mnożnikowe partycjonowanie pomiędzy zespoły ryb, zgodnie z modelem (Whittaker 1960):

$$\gamma = \alpha\beta,$$

gdzie  $\alpha$  jest średnią różnorodnością wewnątrz analizowanych zespołów,  $\beta$  jest różnorodnością pomiędzy nimi przy jednym poziomie partycjonowania a  $\gamma$  jest różnorodnością całkowitą, oraz:

$$\gamma_k = \alpha\beta_1\beta_2\dots\beta_k,$$

przy wielu poziomach ( $\beta_i$ ) partycjonowania (Głowacki i inni 2010).

Kategorie różnorodności  $N1$  dla wielu zespołów oblicza się według Jost (2007) (w przypadku pojedynczego zespołu oczywiście  $N1_\alpha = N1_\gamma$ ):

a) różnorodność  $\alpha$ :

$$N1_\alpha = \exp\left[-w_1 \sum_{i=1}^S (p_{i1} \ln p_{i1}) + -w_2 \sum_{i=1}^S (p_{i2} \ln p_{i2}) + \dots\right]$$

b) różnorodność  $\gamma$ :

$$N1_\gamma = \exp\left[\sum_{i=1}^S -(w_1 p_{i1} + w_2 p_{i2} + \dots) \ln(w_1 p_{i1} + w_2 p_{i2} + \dots)\right]$$

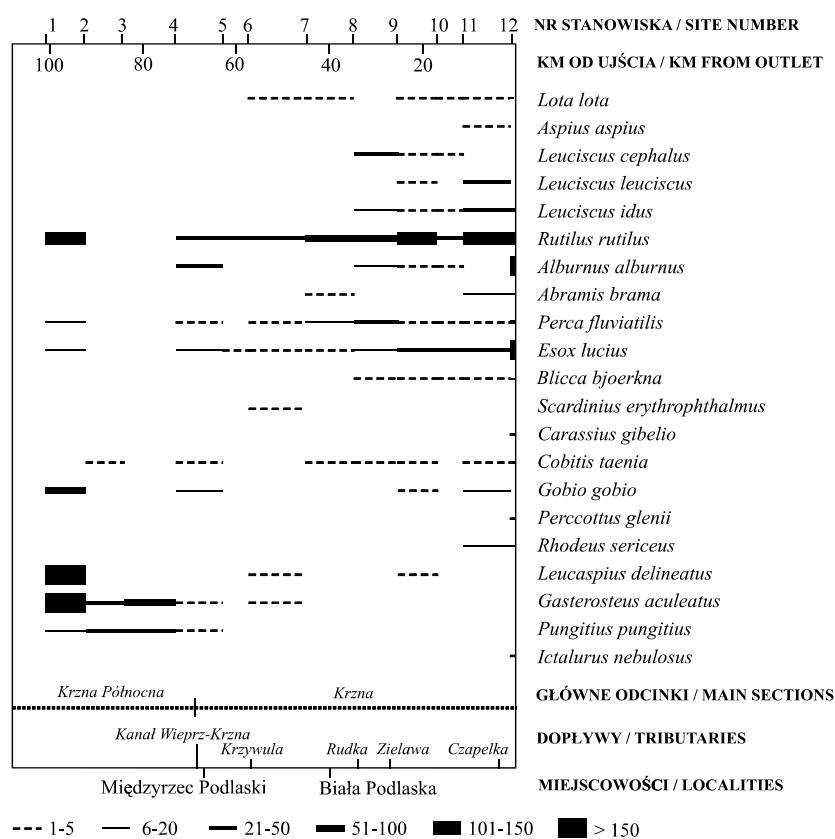
c) różnorodność  $\beta$ :  $N1_\beta = N1_\gamma / N1_\alpha$

Unikalną właściwością  $N1$  jest nadawanie przez nią tej samej wagi gatunkom rzadkim i licznym. Neutralność ta zwiększa jej wartość w badaniach i zastosowaniach ochrony przyrody i czyni większość innych miar różnorodności zbędnymi w większości zastosowań (Jost 2007). Interpretacją ekologiczną  $N1$  jest liczba gatunków pospolitych (Hill 1973) czy inaczej licznych (Hill 1973; Ludwik i Reynolds 1988). Wartość  $N1_\alpha$  może zamykać się w granicach od jedności do  $S$ , całkowitej liczby gatunków w analizowanych zespołach. Wartość  $N1_\beta$ , zwana również efektywną liczbą zespołów (Ricotta 2010), zamyka się w zakresie od jedności do  $M$ , gdzie  $M$  jest liczbą zespołów.  $N1$  okazała się jedyną miarą różnorodności gatunkowej umożliwiającą spójne partycjonowanie różnorodności zarówno na pojedynczym jak i na dowolnie wielu poziomach badawczych, w przypadku zespołów różniących się liczebnością (Jost 2007). W przypadku modelu wielopoziomowego badane zespoły muszą mieć układ hierarchiczny (zagnieżdżony).

Na potrzeby niniejszej pracy za dominanty w liczebności uznano te gatunki, które w przynajmniej jednej próbie przekraczały liczebność 100 osobników na 500 m linii brzegowej; na diagramach odpowiada to dwóm największej grubości liniom (Penczak i inni 2010).

#### 4. WYNIKI

Na 12 stanowiskach rozmieszczonych wzdłuż biegu **Krzny** (rys. 1) zidentyfikowano 21 gatunków ryb (Rys. 2). Dominantem w tej rzece jest płoć (Tab. 3), charakteryzująca się, podobnie jak szczupak, najwyższą dla cieku stałością występowania. Główny trzon ichtiofauny formują w Krznie gatunki fito-litofilne i fitofilne (Tab. 3). Gatunki zaliczane do litofilnej grupy rozrodznej to dość pospolity kleń i juvenilny osobnik bolenia, którego pozyskano w dolnym biegu Krzny. Od połowy biegu Krzny do ujścia łowiono pojedyncze osobniki miętusa. Ważny dla wędkarzy okoi jest gatunkiem pospolitym w badanej rzece ( $C_i = 75,0\%$ ), ale bogatsze jego populacje zarejestrowano tylko na jednym stanowisku (st. 8).



**Rys. 2.** Rozmieszczenie gatunków ryb wzdłuż biegu rzeki Krzny. Grubość linii na diagramie wskazuje na liczbę osobników odłowionych na stanowisku w przeliczeniu na 500 m linii brzegowej.

**Fig. 2.** Fish species distribution along the course of the Krzna River. Line thickness indicates the number of individuals collected at a site per 500 m of bank line.

**Tabela 2.** Liczebności ryb przeliczone na 500 m linii brzegowej (zaookrąglone do liczb całkowitych) na stanowiskach w dopływach Krzyny (13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 41, 42, 43) oraz Zielawy (32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40).

**Table 2.** Abundances of fish recalculated per 500 m of bank line (rounded to integers) in sites in the Krzna River tributaries (13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 41, 42, 43) and the Zielawa River tributaries (32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40).

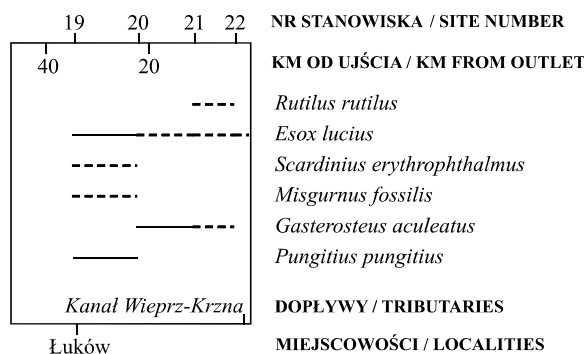
Stanowisko / Site	13	14	15	16	17	18	23	24	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Rzeka / River	Piszczanka	Krzywula	Klukówka	Rudka	Żarnica	Grabarka	Lutnia	Czapelka												
Gatunek / Species																				
<i>Lota lota</i>					3	20	3													2
<i>Aspius aspius</i>																				10
<i>Leuciscus cephalus</i>																				
<i>Leuciscus leuciscus</i>																				
<i>Leuciscus idus</i>																				
<i>Rutilus rutilus</i>				258	417	7	28		15	3	10				55			235	235	367
<i>Alburnus alburnus</i>				3	33		6		140						8	165	95	3	148	327
<i>Abramis brama</i>				3																18
<i>Percu fluviatilis</i>				80	63	13	3													50
<i>Esox lucius</i>	3		5	3	17	5	3	30	15	3	5	10	8		18	10	3	35	50	175
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>				3																3
<i>Tinca tinca</i>				3																
<i>Carassius gibelio</i>																				2
<i>Misgurnus fossilis</i>									18			8	5	5	10	5				3
<i>Cobitis taenia</i>							1	245	3											
<i>Barbatula barbatula</i>	15						3		3											
<i>Gobio gobio</i>				60	35		8	345	170			3	25		3	5	73	3	3	17
<i>Eudontomyzon mariae</i>								5												
<i>Rhodeus sericeus</i>						10	5	35												7
<i>Leucaspis delineatus</i>	25					30	3	13											18	3
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	20	190	260				2	15							720					2
<i>Pungitius pungitius</i>	8	105	60	3											488					3
Ogółem / Total	71	295	385	391	570	25	28	728	364	3	58	44	29	33	1229	213	242	307	780	2270

Skład ichtiofauny **Piszczanki** (Tab. 2), z 6 gatunkami, pośród których tylko szczupak ma znaczenie dla wędkarzy, wygląda skromnie. Mimo to wydaje się, że strumień ten nie jest miejscem rozrodu dla gatunków gospodarczo ważnych; pozyskano tu piskorza, śliza, słonecznicę i obydwa gatunki ciernikowatych (Tab. 2).

**Krzywula** ma niewiele bogatszą ichtiofaunę od Piszczanki, a różnica polega na tym, że odłowiono na jej dwóch stanowiskach wielokrotnie więcej ciernika i cierniczka. Na st. 15 dość liczny był kiełb, jedyny w tym cieku gatunek reofilny (Tab. 2).

Największy lewobrzeżny dopływ Krzny, **Klukówka**, badana była na trzech stanowiskach i miała w składzie swej ichtiofauny 11 gatunków, pośród których zdecydowanie najliczniejsza była płoć (Tab. 2). Okoń, chociaż dwukrotnie mniej liczny od płoci, był reprezentowany przez większą ilość okazów sankcjonujących połów wędkarski.

**Krzna Południowa**, otwierająca listę prawobrzeżnych dopływów Krzny, zasiedlona była przez 6 gatunków ryb, ale poza szczupakiem, ciernikiem i cierniczkiem, pozostałe reprezentowane były tylko przez pojedyncze osobniki (Rys. 3).



**Rys. 3.** Rozmieszczenie gatunków ryb i minogów wzdłuż biegu Krzny Południowej. Objaśnienia jak na Rys. 2.

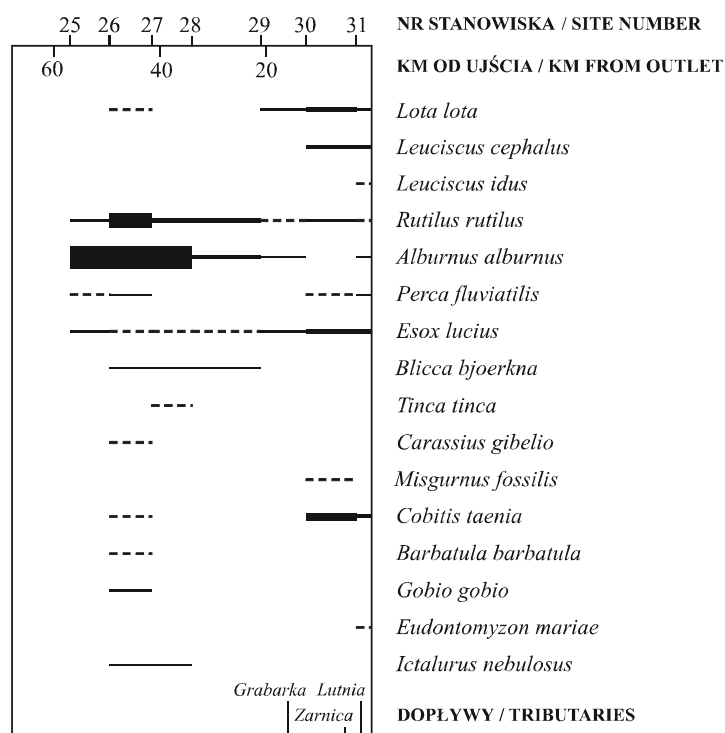
**Fig. 3.** Fish species distribution along the course of the Krzna Południowa River. Explanations as in Fig. 2.

**Rudka** badana była na dwóch stanowiskach. Jedno z nich, usytuowane na kanale (23), miało dwudziestokrotnie uboższy ilościowo rybostan niż drugie (24). Również pod względem liczby gatunków rybostan rzeki na obu stanowiskach znacznie się różnił (Tab. 2).

**Zielawa**, która odławiana była na 7 stanowiskach, tylko w dolnym biegu ma w swym rybostanie gatunki interesujące wędkarzy, pomimo tego, że na znacznej części swojej długości jest szeroka i dość głęboka. Są to wymiarowe klenie, szczupaki i miętusy. Pospolite ostatnio w polskich

rzekach płoć i okoń formują tutaj raczej ubogie populacje (Rys. 4). Na dwóch usytuowanych w dolnym biegu stanowiskach dość liczna była koza, oraz tylko tutaj zarejestrowano w tej rzece minoga ukraińskiego.

**Żarnica** na każdym z 3 zbadanych stanowisk była zasiedlona przez kilka odrębnych gatunków ryb i tylko szczupak był stałym elementem ichtiofauny w badanej rzece (Tab. 2). Dominantami w tym cieku były kiełb i ukleja, a na st. 34 odłowiono kilka wymiarowych kleni, jelców i miętusów.



**Rys. 4.** Rozmieszczenie gatunków ryb i minogów wzdłuż biegu Zielawy. Objasnienia jak na Rys. 2.

**Fig. 4.** Fish and lamprey species distribution along the course of the Zielawa River. Explanations as in Fig. 2.

**Grabarka**, dopływ Zielawy, zasiedlona była przez 8 gatunków ryb. Bogatsze ilościowo populacje formują tu poza szczupakiem tylko kiełb i piskorz (Tab. 2). W sumie jednak liczba osobników odłowionych na wszystkich trzech stanowiskach była jedną z najniższych w dorzeczu Krzny.

Ostatni ze zbadanych dopływów Zielawy, **Lutnia**, zasiedlona była przez 10 taksonów, pośród których znajdowały się płoć i szczupak (Tab. 2). Jednak rekordy liczebności w tej rzece należały do ciernika i cierniczka, zwłaszcza te odnotowane na st. 38.





**Tabela 3.** Ciąg dalszy.  
**Table 3.** Continued.

Rzeka / River Gatunek / Species	Zielawa		Żarnica		Grabarka		Lutnia		Czapelka		Całe dorzecze Krzyny	
	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	C <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>
<i>Lota lota</i> <sup>P</sup>	57,14	3,84	66,67	5,41	33,33	2,83	33,33	0,06	33,33	0,06	32,56	0,94
<i>Aspius aspius</i> <sup>L</sup>	28,57	3,60	33,33	2,35	33,33		33,33		33,33	0,30	4,65	0,09
<i>Leuciscus cephalus</i> <sup>L</sup>			33,33	4,71							13,95	0,78
<i>Leuciscus leuciscus</i> <sup>FL</sup>	14,29	0,19							100,00	24,93	6,98	0,49
<i>Leuciscus idus</i> <sup>FL</sup>	100,00	12,65	66,67	4,24	33,33	9,43	33,33	3,27	100,00	42,98	67,44	24,58
<i>Rutilus rutilus</i> <sup>FL</sup>	85,71	59,76	33,33	32,94			100,00	15,91	100,00	14,24	48,84	16,51
<i>Alburnus alburnus</i> <sup>FL</sup>									66,67	3,31	13,95	1,09
<i>Abramis brama</i> <sup>FL</sup>									100,00	7,75	48,84	4,10
<i>Perca fluviatilis</i> <sup>FL</sup>	57,14	1,61	100,00	5,41	66,67	16,98	33,33	0,18	100,00	4,62	88,37	5,14
<i>Esox lucius</i> <sup>F</sup>	100,00	4,59										
<i>Bituca bjoerkna</i> <sup>F</sup>	42,86	2,05									18,60	0,41
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> <sup>F</sup>					33,33	2,83			33,33	0,09	11,63	0,12
<i>Tinca tinca</i> <sup>F</sup>	14,29	0,19									6,98	0,07
<i>Carassius gibelio</i> <sup>F</sup>	14,29	0,19			33,33	2,83			33,33	0,06	9,30	0,07
<i>Misgurnus fossilis</i> <sup>F</sup>	14,29	0,19	33,33	4,24	100,00	16,98	66,67	0,89	33,33	0,09	23,26	0,51
<i>Cobitis taenia</i> <sup>F</sup>	42,86	8,43					33,33	0,18			30,23	3,19
<i>Barbatula barbatula</i> <sup>P</sup>	14,29	0,19	33,33	0,71							9,30	0,19
<i>Gobio gobio</i> <sup>P</sup>	14,29	1,12	33,33	40,00	66,67	26,42	100,00	4,81	100,00	0,69	41,86	6,93
<i>Eudontomyzon mariae</i> <sup>L</sup>	14,29	0,19									4,65	0,06
<i>Percocottus gleni</i> <sup>F</sup>											2,33	0,02
<i>Rhodeus sericeus</i> <sup>O</sup>									33,33	0,21	13,95	0,60
<i>Leucaspis delincaus</i> <sup>F</sup>					33,33	21,7	33,33	1,19	66,67	0,63	25,58	5,46
<i>Gasterosteus aculeatus</i> <sup>A</sup>							33,33	42,76	33,33	0,06	32,56	15,49
<i>Pungitius pungitius</i> <sup>A</sup>							66,67	29,16			25,58	5,88
<i>Ictalurus nebulosus</i> <sup>S</sup>	28,57	1,24									6,98	0,16

**Czapelka** ostatni, prawostronny dopływ Krzyny, miała po cieku głównym najbogatszy rybostan, liczący 15 gatunków (Tab. 2). Również liczebność i stałość występowania takich gatunków jak płoć, jaź, okoń i szczupak może zachęcić PZW do większego zainteresowania się tą rzeką. Warto zaznaczyć, że z uwagi na głębokość na st. 43 połów wykonano z łodzi i obserwowaliśmy wówczas spore ławice wylęgu i narybku ryb karpioatych. Również tutaj po raz drugi w dorzeczu Krzyny odebrano trzy juwenilne osobniki bolenia.

**Tabela 4.** Wartości różnorodności gatunkowej  $N1$  rzek dorzecza Krzyny na różnych poziomach modelu partycjonowania mnożnikowego. Wyjaśnienia w tekście.

**Table 4.** Values of  $N1$  species diversity of rivers of the Krzna River catchment on various levels of multiplicative partitioning. For further explanation see the Summary.

Rzeka / River	Dla każdej rzeki oddzielnie / separately for each river	$\alpha$ (średnia dla danej rzeki i reszty rzek) / $\alpha$ (mean for the river and the rest of rivers)	$\beta$ jako mnożnik $\alpha$ (średniej) / $\beta$ as multiplier of $\alpha$ (mean)	$\beta$ jako % maksimum / $\beta$ as % of maximum	$\gamma$
<b>Czapelka</b>	4,766	8,156	1,239	23,9	10,051
<b>Zielawa</b>	4,414	8,845	1,143	14,3	
Lutnia	4,298	8,940	1,131	13,1	
<b>Rudka</b>	4,312	9,065	1,115	11,5	
Krzna	8,258	9,290	1,088	8,8	
<b>Krzywula</b>	2,380	9,383	1,077	7,7	
<b>Klukówka</b>	3,012	9,440	1,071	7,1	
Żarnica	4,869	9,699	1,042	4,2	
Grabarka	6,115	9,973	1,014	1,4	
<b>Piszcanka</b>	4,189	9,998	1,011	1,1	
<b>Krzna Południowa</b>	4,982	10,051	1,006	0,6	

Tab. 4 przedstawia wartości różnorodności  $N1$  obliczone dla zespołów poszczególnych rzek dorzecza Krzyny, które utworzone zostały poprzez połączenie prób pochodzących z każdej z nich. Pierwsza kolumna przedstawia wartości różnorodności  $N1$  obliczone niezależnie dla każdej rzeki. Wartości te wahają się od 2,380 do 8,258, na ogół wynosząc jednak nieco ponad 4. Znacznie wyższą od średniej posiada główny ciek zlewni, Krzna oraz Grabarka, natomiast znacznie niższe do średniej Krzywula i Klukówka. Druga kolumna jest średnią wartością  $N1_\alpha$  pomiędzy daną rzeką a wszystkimi pozostałymi rzekami zlewni potraktowanymi jako jedna grupa, co zachodzi w czasie partycjonowaniu różnorodności.

Kolejne kolumny przedstawiają wartości  $N1_\beta$  w wersji mnożnika oraz procentu maksymalnej wartości, która mogłaby zostać (w odpowiednich warunkach) osiągnięta przez  $N1_\beta$ . Wartości tej ostatniej kolumny zmieniają się znacznie, w zakresie od 0,6 do 23,9%. Im wyższa jest dana wartość,

tym odrębniejsza jest ichtiofauna rzeki w zlewni Krzyny. Ostatnia kolumna przedstawia wartość całkowitą różnorodności  $H_1$  (czyli  $\gamma$ ) dla całej zlewni Krzyny, to znaczy przy traktowaniu zespołów wszystkich rzek jako jednego zespołu (jednej grupy). Wynosi ona 10,051 gatunku, co wydaje się dość typową wartością dla zlewni tej wielkości w Polsce.

## 5. DYSKUSJA

Nie mamy pewności czy zasadne jest porównywanie jakościowego składu rybostanu z dwoma dostępnymi pozycjami literatury (Danilkiewicz 1997, Błachuta i inni 2002), skoro nie ma w nich często tak ważnych danych jak miejsce i czas poboru próby. Pomimo tego na temat pewnych zagadnień spróbujemy wymienić poglądy. Podana przez nas długość Krzyny jest kilkanaście kilometrów krótsza od tych podawanych w pracy Danilkiewicza (1997) oraz Błachuty i innych (2002). W poprzednim, powszechnie używanym, Podziale Hydrograficznym Polski (1983), za początek Krzyny podano Krznię Południową. Danilkiewicz (1997) i Błachuta (2002) długość całej Krzyny ocenili odpowiednio na: 118 i 119,9 km. Natomiast w obowiązującym obecnie nowym wydaniu (APHP 2005a, 2005b) za początek Krzyny przyjmuje się Krznię Północną, stąd długość całego cieku została oceniona na 107,5 km. Te znaczne różnice w długości wynikają z dwóch faktów: 1) Krzna Południowa jest dłuższa od Krzyny Północnej, oraz 2) za ujściowy odcinek obecnej Krzyny Południowej przyjmowano dawniej inne koryto, które dzisiaj też istnieje, ale nazywa się teraz Kanał Grabowiecki (ID\_HYD\_R 2664284) plus ujściowa część Kanału Wieprz-Krzna.

Danilkiewicz (1997) wymienia dla Krzyny 27 gatunków, my natomiast stwierdziliśmy tylko 25. Nie natrafiliśmy w naszych badaniach na suma, świnkę i sandacza, które dla Krzyny wymienia ten autor.

Błachuta i inni (2002) wyraźnie zaznaczyli, że ryby łowili tylko w ujściu Krzyny, identyfikując 14 gatunków, z których wszystkie z wyjątkiem kozy złotawej i babki łysej również i my w tej rzece spotkaliśmy. Według tych autorów najliczniejsze były w kolejności płoć, koza i kiełb. Według nas pierwsza była też płoć, ale potem szczupak, ukleja, jaź i jelec (Rys. 2).

Jeśli chodzi o dopływy Krzyny to informacje o ich ichtiofaunie są dostępne tylko u Danilkiewicza (1997). Autor ten wymienia 8 dopływów Krzyny oraz jeden dopływ Rudki, my 10, ale wspólnych jest tylko 7. My wzięliśmy nazwy i dane o dopływach z najnowszych opracowań, opartych o mapy satelitarne (APHP 2005a, 2005b, KMPHP 2007), Danilkiewicz (1997) oparł się na dostępnych wówczas mapach. My podczas badań dwie nazwy rzek odczytaliśmy z tabliczek zamieszczonych na mostach, które wg cytowanych wyżej pozycji są już nieaktualne (Piszczałka i Złota Krzywula). Porównując w miarę możliwości wyniki naszych badań ograniczymy się więc tylko do wspólnych cieków. W Krzywuli my stwierdziliśmy 4 gatunki, Danilkiewicz (ZD) 12, wspólnych było 3, w Klukówce my 11, ZD 18, wspólnych 7, w Rudce my 13, ZD 19, wspólnych 10, w Zielawie my 16, ZD

24, wspólnych 13, w Żarnicy my 9, ZD 14, wspólnych 6 i w Lutni my 10, ZD 15, wspólnych 8. Patrząc na wyniki Danilkiewicza (1997) i nasze, łatwo dostrzec, że różnice na naszą niekorzyść dotyczą klenia, jelca, jazia, leszcza, chociaż nasz sprzęt umożliwiał łowienie tych gatunków, co widać na przykładzie Zielawy i Żarnicy.

Zbadany po raz pierwszy w krajowej literaturze wpływ rzeki głównej na różnorodność ichtiofauny dopływów został przedstawiony przy wykorzystaniu partycjonowania różnorodności  $M1$ . Tab. 4 w swojej pierwszej kolumnie zawiera wartości  $M1$  obliczone odrębnie dla każdej rzeki. Wartości te różnią się w sposób dość przypadkowy, nie dają więc wielkiego wyobrażenia o różnicach pomiędzy ichtiofaunami rzek. Nawet jednak gdyby zmieniały się w systematyczny (monotoniczny) sposób, nie byłyby dowodem na mniejszą, czy większą odrębność danej rzeki, gdyż wartość  $M1$  nie bierze pod uwagę, które gatunki ją tworzą. Innymi słowy dwie rzeki mające taką samą różnorodność  $M1$  mogą być zupełnie różne bądź identyczne w zależności od tego czy ich gatunki są takie same czy też zupełnie odmienne. Podobnie sytuacja przedstawiałaby się dla wielu innych miar różnorodności. Dane tej kolumny mają więc charakter poglądowy.

Inaczej sytuacja wygląda w przypadku składowej  $\beta$  różnorodności  $M1$ , znajdującej się w jednej z kolejnych kolumn, a według jej malejących wartości uszeregowane są rzeki w Tab. 4. Interpretacja ekologiczna kategorii  $\beta$  polega na tym, że wyraża odrębność ichtiofauny danej rzeki od pozostałych rzek zlewni Krzny. Zwróćmy uwagę, że kolejność uszeregowania w tej tabeli odpowiada prawie dokładnie kolejności cieków pod względem odległości ich ujść od cieków recypienta Krzny, czyli Bugu (są to rzeki wyłuszczone w Tab. 4). Jedynie Krzywula oraz Klukówka powinny zamienić się miejscami, lecz obie razem znajdują się we właściwym miejscu względem innych dopływów Krzny (a więc albo jedna z tych dwóch ma nieco za niską albo druga za wysoką różnorodność). Zauważmy również, że ichtiofauna głównej rzeki badanej zlewni, czyli Krzna, wykazuje pośrednią odrębność od innych (8,8%), czego należało się spodziewać, bowiem posiada stanowiska zarówno najbardziej odległe jak i najbliższe Bugu. Rezultaty przedstawionego w Tab. 4 modelu sugerują więc sytuację, w której odrębność ichtiofauny dopływów Krzny pod względem bioróżnorodności w decydującym stopniu uzależniona jest od ich odległości od Bugu.

Do modelu tego pasują również dwa dopływy dopływów Krzny, Lutnia oraz Grabarka. Pierwsza bowiem uchodzi do Zielawy niedaleko jej ujścia do Krzny, a posiada podobną odrębność (13,1% vs. 14,3%). Druga natomiast jest dalekim (tzn. w górnym biegu) dopływem Zielawy, co może tłumaczyć jej niewielką odrębność (1,4%, Rys. 1). Do koncepcji nie pasuje jedynie Żarnica, która jest dopływem Zielawy blisko jej ujścia do Krzny, a mimo to posiada niską odrębność (4,2%); być może ta mała odrębność wynika np. z połączenia Żarnicy kanałami z innymi ciekami zlewni.

Wydawać by się mogło, że wartości różnorodności  $\beta$  są niewielkie (np. 23,9%) w stosunku do maksymalnych możliwych (100%). Zwróćmy jednak

uwagę, że wartość maksymalna pojawić się może jedynie wtedy gdy, po pierwsze, wszystkie gatunki danej rzeki są nieobecne wśród wszystkich gatunków pozostałych rzek, co byłoby zupełnie wyjątkowe, a po drugie, gdy gatunki obecne w danej rzece i pozostałych wystąpią w takich samych liczebnościach, co jest już praktycznie nieprawdopodobne, choć teoretycznie możliwe.

Zaskoczeniem jest dla nas fakt, że oddziaływanie ciekłu recipienta na różnorodność dopływów Krzny sięga być może całej zlewni, a więc nawet 100 km od niego, gdyż wartość  $N1_{\beta}$  zmniejsza się aż do najdalszego dopływu, to jest Krzny Południowej. Zauważmy, że wpływ ten mógł być znacznie, a nawet całkowicie, stłumiony przez czynniki abiotyczne, takie jak zanieczyszczenia czy regulacja koryt w zlewni Krzny, ale nie miało to miejsca. Wydaje się więc, że czynniki abiotyczne nie wywierają na ryby w dorzeczu Krzny większego, a z pewnością dominującego wpływu, przynajmniej jeśli chodzi o bioróżnorodność. Niemniej we wpływie zanieczyszczeń na stanowiska ulokowane na samej Krznie powyżej i poniżej ujścia Krzywuli (st. 5, 6, 7) (stanowiska te miały konduktywność wyższą od średniej, a ta mogła wynikać z większej ilości ścieków bytowych poniżej Międzyrzecza Podlaskiego) można by upatrywać większej różnorodności na tym dopływie, niżby to wynikało z opisywanej koncepcji. Z drugiej jednak strony konduktywność na samej Krzywuli nie odbiegała od średniej w dorzeczu Krzny, co jest argumentem nie wspierającym tego przypuszczenia.

W celu oceny i porównania rybostanu Krzny z innymi częściami zbadanego dorzecza Bugu (Marszał i inni 2006, 2010, Zięba i inni 2008, 2011, Penczak i inni 2010, Zięba i inni 2011) oraz na tle innych nizinnych dorzeczy Polski, w pierwszej kolejności kierować będziemy się podobieństwem długości, a następnie budową koryta oraz doliny.

W górnym biegu Bugu najdłuższym jego dopływem jest Huczwa (77,45 km długi, KMPHP 2007), która płynąc w podmokłej dolinie zachowała połączenia z licznymi starorzeczami i na znacznej długości naturalną budowę koryta. W rybostanie Huczwy pod względem wartości dominacji i stałości występowania pierwsze miejsca zajmują płoć i ukleja (podobnie jak w Krznie), okoń jest na dalszej pozycji, ale kleń jest ważniejszym gatunkiem niż w Krznie i dość licznie występuje tu wskaźnikowy gatunek (reofil) – szweja (Marszał i inni 2009). Przesuwając się na północ wzdłuż Polsko-Ukraińskiego odcinka Bugu, podobny rybostan, jeśli chodzi o dominanty, ma Uherka (46,68 km). Dominantami były tutaj również płoć i ukleja, a dodatkowo licznie występowały kiełb i jelec (Marszał i inni 2009). Kolejny większy dopływ Bugu, Włodawka (38,54 km), rozpoczynająca swój bieg na bagnie, a potem płynąca przez równiny torfowiskowe, charakteryzuje się także małą powierzchnią zlewni (725 km<sup>2</sup>). Rzeka na większej części swojej długości jest uregulowana (Marszał i inni 2010). Dominantami są tu w kolejności koza i piskorz, a karaś srebrzysty osiągnął najwyższą wartość stałości występowania. Płoć i szczupak są również obecne, ale zajmują dalsze miejsca.

Kolejny dopływ Bugu, lecz dłuższy od Krzny, to Liwiec (142,24 km). Ma on zupełnie inny skład ichtiofauny (Marszał i inni 2006). Najliczniej reprezentowanym gatunkiem była tu płoć, ale następnymi współdominantami koza, kielb, okoń i szczupak. Nawet kleń jest tu również liczniejszy od uklei, a ponadto stwierdzono w tym cieku obecność brzany i głowacza białopłetwego. Taki skład ichtiofauny tłumaczy fakt, że źródłowy odcinek Liwca otacza wysoczyzna, chociaż wraz z biegiem rzeki staje się ona zabagniona, co jest dość nietypowe. Obecność typowych reofilii w Liwcu i to na kilku stanowiskach jest zaskoczeniem, gdyż stanowiska uregulowane przeważały liczbowo nad naturalnymi.

W prawobrzeżnym Broku, o długości 72,9 km, najwyższymi wartościami dominancji charakteryzowały się płoć, ukleja i kielb, a stałością występowania kielb, szczupak i równorzędną płoć i okoń. Wyniki odnotowane dla płoci i uklei jeśli chodzi o dominację są dość bliskie tym otrzymanym dla Krzny, a miejsce kielbia zajął ciernik, który tworzy bogate populacje również w zdegradowanych rzekach (Penczak 1975). W Broku najwyższymi wartościami stałości występowania charakteryzowały się kielb, szczupak, i równorzędnie płoć i okoń, natomiast w Krznie szczupak, płoć i równorzędnie ukleja i okoń. Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że również wysoką stałością występowania charakteryzował się reofilny śliz.

Ostatni duży dopływ Bugu – Nurzec (107,31 km długi) ma w swym składzie na pierwszym miejscu płoć i ukleję, której ilościowo dorównuje koza. Obecne są tutaj takie reofile jak: głowacz białopłetwy, szweja, boleń i kleń (Zięba i inni 2008). Wyjaśnienia tej sytuacji można dopatrywać się w fakcie, że stanowiska naturalne (7), przewyższają uregulowane (5), a rzeka bierze początek na Wysoczyźnie Drohickiej. W środkowym i dolnym biegu rzeka płynie przez pastwiska, po piaszczystym dnie, ale spotykano tutaj także frakcje żwiru i kamieni.

Ponieważ Bug wpada do Narwi, w jej dolnym biegu, można było oczekiwać na pewne podobieństwa w składzie ichtiofauny pomiędzy Krzną a rzekami zlewni Narwi. Zbadana w latach 1990–1995 ichtiofauna Narwi i jej dopływów zawarta jest w 6 publikacjach. Mało celowe wydaje się jednak szukanie podobieństw pomiędzy ichtiofauną Krzny i samej Narwi, natomiast zasadne wydaje się porównanie ichtiofauny pierwszej z nich z dużymi dopływami drugiej.

Biebrza, najdłuższy, prawobrzeżny dopływ Narwi (163,8 km), płynie w dolinie zwanej pradoliną Biebrzy, a nazwa tej rzeki bardziej kojarzy się z bagnami i ostoją łosia niż z rybami. Spadki są tu niewielkie i rzeka płynie wśród zabagnionych łąk i rozlewisk (Witkowski 1984). Płoć jest tu gatunkiem najliczniejszym, natomiast ukleja ustępuje kilku gatunkom, takim jak krap, okoń, szczupak, chociaż liczbowo różnią się one niewiele. Płoć również charakteryzuje się najwyższą wartością stałości występowania (100%), a ukleja jest za szczupakiem, wzdręgą, okoniem i miętusem

(Witkowski 1984). Poza tym są tu gatunki, których nam nie udało się złowić, takie jak brzana, sum i węgorz.

Pisa, 80 km długości ciek jest od razu dużą rzeką, gdyż bierze początek z Jeziora Roś i płynąc na południe wpada do Narwi przed Nowogrodem. Pierwszym dominantem w Pisie, podobnie jak w Krznie jest płoć, a następnie ukleja, bo w tej „dziwnej rzece” w dolnym (a nie w górnym) biegu główny trzon ichtiofauny formują świnka, brzana i głowacz białopłetwy, a dość liczne na całej długości rzeki są miętus i okoń (Penczak i inni 1990).

W pracy poświęconej rybom Wyżyny Białostockiej, największym ciekim jest Supraśl (Penczak i inni 1991a). Płoć jest tam ważnym gatunkiem, ale tylko w dolnym biegu, a ukleja jest gatunkiem rzadkim. Dominantami, zwłaszcza w dopływach tej rzeki są *Salmonidae*, głowacz białopłetwy i strzebla potokowa. W lewobrzeżnych dopływach Narwi spośród kilku zbadanych dopływów tylko dwa i w dodatku znacznie mniejsze od Krzny mogą być wykorzystane do porównań, a mianowicie Narewka (61,95 km, ale tylko 39 km w granicach Polski) i Orlanka (50,30 km). W Narewce płoć i ukleja są pierwszoplanowymi gatunkami, ale tylko w dolnym biegu i niewiele jest w niej gatunków wspólnych z Krzną, podczas gdy w Orłance płoć jest subdominantem, a ukleja gatunkiem rzadkim, natomiast dominantami kiełb, ciernik, cierniczek i już mniej liczny śliz (Penczak i inni 1991b).

W rzekach Równiny Kurpiowskiej, spośród czterech podobnych, a nawet większych rzek tylko Omulew (127,2 km) zasiedlają jako dominanty płoć i ukleja, a wspólnymi gatunkami są ponadto kleń, jelec, jaź, ciernik i cierniczek, zaś odrębnymi szweja i głowacz białopłetwy (Penczak i inni 1992). W największym cieku Orzyc (142,2 km) dominantem jest płoć, a następnie okoń, koza i kleń. W Szkwie i Rozodze płoć jest gatunkiem rzadkim, a ukleja nie jest obecna.

W innych nizinnych rzekach Polski płoć przeważnie jest dominantem, ale z ukleją bywa już różnie. Kruk (2006, 2007), śledząc losy tych dwóch gatunków w Warcie i jej dopływach (Widawka i jej dopływ Grabia) wykazał, że w odniesieniu do lat 60. aż do pierwszej dekady obecnego stulecia w Warcie stopień dominacji uklei zmniejszył się z 22,9% do 1,8%, przy jednocześnie dużym wzroście liczebności płoci (Kruk 2006). W Widawce (99,6 km) i Grabi (84,2 km) dominacja uklei w tym samym przedziale czasu spadła z 66,7% do 6,5%, a stałość występowania z 13,68% do 0,15% (Kruk 2007). Również w obu rzekach płoć bardzo zwiększyła wartości obu parametrów. Nie wykluczone, że liczebność i stałość występowania uklei zależy od naturalnej budowy koryta i czystości wody, tymczasem oba parametry są gorsze w Krznie, a jeszcze bardziej w jej dopływach. Gatunkami towarzyszącymi płoci i uklei w centrum kraju często są reofile, chociaż w okrojonym jakościowo i ilościowo składzie (Kruk 2007).

Warto jednak przypomnieć w związku z naszymi poszukiwaniami podobnych zespołów ryb w podobnych rzekach, że takie próby już podejmowano i nie jest to zadanie łatwe (Kruk i inni 2007). Uważamy, że w zlewni

Krzny oprócz głównego cieką ważne dla wędkarstwa mogą być jeszcze takie dopływy jak Czapelka, Zielawa czy Żarnica, które posiadają gatunki ważne dla wędkarstwa (miętus, kleń, jaź, płóc, leszcz, okoń, szczupak) i które osiągają tu ponadto wymiary sankcjonujące połowy wędkarskie.

Reasumując rybostan dobrze rozwiniętego dorzecza Krzny (Rys. 1) nie wygląda imponująco, ale powszechna tu regulacja koryt, a także dość wysoka konduktywność wody poniżej zlokalizowanych na jego brzegach miast, mogą stanowić nadal zagrożenie dla ichtiofauny (Tab. 1).

Praca ta stanowi zamknięcie cyklu prac poświęconych rybnom i minogom systemu Bugu wykonanych przez Katedrę Ekologii i Zoologii Kręgowców Uniwersytetu Łódzkiego.

### **PODZIĘKOWANIA**

Magistrantce z naszej katedry, Dagmarze Błońskiej, dziękujemy za aktywny udział w badaniach terenowych. Podziękowania składamy Zarządowi Okręgu PZW w Białej Podlaskiej za cenne rady i wydane na czas zezwolenia na połowy. Badania finansowane były z grantu MNiSW N N305 101635 oraz przez Polski Związek Wędkarski. W niniejszej publikacji źródłem części danych hydrograficznych jest Mapa Podziału Hydrograficznego Polski wykonana przez Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej na zamówienie Ministra Środowiska i sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Autorzy dziękują za udzielenie im Katedrze UŁ licencji na niniejszą mapę.

### **6. SUMMARY**

The Krzna River and its tributaries (the Bug River catchment) were sampled in 43 sites in August 2010 (Fig. 1), and site characteristics and selected water parameters are presented in Tab. 1, and Photos 1–4. This lowland river catchment is located in a peat valley, 88.4% of its sites were regulated, and a majority of them more or less polluted (Tab. 1). Catches were conducted from a boat (sites marked by asteriks in Tab. 1) or while wading. A full-wave rectified, pulsed DC supplied by an electroshocker (3 kW, 230 V) and two anode dipnets were always used both while wading and from the boat. If four and more samples were taken in a river species presence and abundance are presented in figures (Figs 2–4), but if the number of samples was lower the data from a river are presented in Tab. 2. Altogether, 12773 individuals representing 24 fish and one lamprey species were caught. Only roach (24.58%) and bleak (16.51%) were numeric dominants, the former one with the stability of occurrence of 67.44%, and the latter one of 48.84%. Obligatory riverine species, in moderate numbers and with low constancy of occurrence, were present in the Krzna River and



some of its right side tributaries only (Tab. 3). Assemblage structures in the Krzna River catchment were created mainly by representatives of phytophilous and phytolithophilous reproductive guilds (Tab. 3).

The impact of the recipient river (i.e. Bug) on fish diversity (Tab. 4) in the Krzna River catchment was assessed with the multiplicative partitioning of the  $H1$  species diversity measure. Its  $H1_{\beta}$  component turned out to be monotonically increasing with decreasing distance from the recipient, which indicates increasing difference between the rivers and the rest of the catchment. The impact of the recipient seems to affect the whole catchment, which is surprising.

## 7. LITERATURA

- Allan J.D. 1995. Stream ecology: structure and function of running waters. Chapman and Hall, London, ss. 388.
- APHP (Atlas Podziału Hydrograficznego Polski) 2005a. Część 1. Zestawienia Zlewni (red. Czarnecka, H.). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa, ss. XI + 558.
- APHP (Atlas Podziału Hydrograficznego Polski). 2005b. Część 2. Mapy w skali 1:200 000 (red. Czarnecka, H.). Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Warszawa, ss. 118.
- Balon E.K. 1990. Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. *Guelph Ichthyol. Rev.*, 1, 1–48.
- Błachuta J., Błachuta J., Kuszniierz J. 2002. Ichtiofauna Bugu. ss. 168–183 (W: Korytarz ekologiczny doliny Bugu. Stan – Zagrożenia – Ochrona. Red. A. Dombrowski, Z. Głowacki, W. Jakubowski, I. Kovalchuka, Z. Michalczyk, M. Nikiforov, W. Sz wajgier, K. H. Wojciechowski). Fundacja IUCN, Warszawa.
- Danilkiewicz Z. 1997. Minogi oraz ryby rzeki Bugu i jego polskich dopływów. *Arch. Ryb. Pol.*, 5 (supl 2), 5–82.
- Głowacki Ł., Grzybkowska M., Dukowska M., Penczak T. 2010. Effects of damming a large lowland river on chironomids and fish assessed with the (multiplicative partitioning of) true/Hill biodiversity measure. *River Res. Applic.* 00, 000–000. doi: 10.1002/rra.1380.
- Hill M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427–31.
- Jost L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363–375.
- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427–2439.
- Jost L. 2010. Partitioning diversity for conservation analysis. *Diversity Distrib.*, 16, 65–76.
- 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. Long-term changes in fish assemblages of the Widawka and Grabia Rivers (Poland): pattern recognition with a Kohonen artificial neural network. *Ann. Limnol.* 43, 253–264.

- Kruk A., Lek S., Park Y.-S., Penczak T. 2007. Fish assemblages in the large lowland Narew River system (Poland): Application of the self-organizing map algorithm. *Ecol. Modell.*, 203, 45–61.
- KMPHP (Komputerowa Mapa Podziału Hydrograficznego Polski). 2007. Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- Ludwig J.A., Reynolds J.F. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York. ss. 315.
- Marszał L., Zięba G., Przybylski M., Grabowska J., Pietraszewski D., Gmur J. 2006. Ichtiofauna systemu rzeki Liwiec. *Rocz. Nauk. PZW*, 19, 47–70.
- Marszał L., Kruk A., Tybulczuk S., Pietraszewski D., Tszedel M., Kapusta Ł., Galicka W., Penczak T. 2009. Ichtiofauna lewobrzeżnych dopływów Polsko-Ukraińskiego odcinka Bugu. *Rocz. Nauk. PZW*, 22, 87–117.
- Marszał L., Kruk A., Penczak T., Pietraszewski D., Tybulczuk S., Tszedel M., Kapusta Ł., Galicka W. 2010. Ichtiofauna lewobrzeżnych dopływów polsko-białoruskiego odcinka Bugu: Systemy rzeczne Włodawki i Hanny. *Rocz. Nauk. PZW*, 23, 25–50.
- Penczak T. 1967. Biologiczne i techniczne podstawy połowu ryb stałym prądem elektrycznym. *Prz. Zool.*, 11, 114–131.
- Penczak T. 1975. Ichthyofauna of the catchment area of the River Ner and perspectives of its restitution in connection with the erection of a collective sewage treatment plant for the Agglomeration of the City of Łódź. *Acta Hydrobiol.*, 17, 1–20.
- Penczak T., Koszaliński H., Zaczyński A., Koszalińska M., Ułańska M. 1992. Ichtiofauna dorzecza Narwi. Część V. Rzeki Równiny Kurpiowskiej. *Rocz. Nauk. PZW*, 5, 155–172.
- Penczak T., Kruk A., Galicka W., Tybulczuk S., Marszał L., Pietraszewski D., Tszedel M. 2010. Ichtiofauna Bugu. *Rocz. Nauk. PZW*, 23, 5–24.
- Penczak T., Mann R. H. K., Koszaliński H., Pietrowska M. 1990. Ichtiofauna dorzecza Narwi. Część II. Pisa i jej dopływy. *Rocz. Nauk. PZW*, 3, 95–114.
- Penczak T., Zaczyński A., Koszaliński H., Galicka W., Ułańska M., Koszalińska M. 1991a. Ichtiofauna dorzecza Narwi. Część III. Supraśl i inne rzeki Wysoczyzny Białostockiej. *Rocz. Nauk. PZW*, 4, 65–81.
- Penczak T., Zaczyński A., Koszaliński H., Koszalińska M., Ułańska M. 1991b. Ichtiofauna dorzecza Narwi. Część IV. Lewobrzeżne dopływy Narwi. *Rocz. Nauk. PZW*, 4, 83–99.
- Podział Hydrograficzny Polski. 1983. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wyd. Geologiczne, Warszawa, ss. 924.
- Ricotta C. 2010. On beta diversity decomposition: Trouble shared is not trouble halved. *Ecology*, 91, 1981–1983.
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, 27, 379–423.
- Whittaker R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 22, 1–44.
- Witkowski A. 1984. Analiza ichtiofauny basenu Biebrzy. Część II. Materiały do znajomości rybostanu i przegląd gatunków. *Fragm. Faun.* 28, 137–184.
- Zięba G., Marszał L., Kruk A., Penczak T., Tybulczuk S., Kapusta Ł., Galicka W. 2008. Ichtiofauna systemu rzeki Nurzec. *Rocz. Nauk. PZW*, 21, 105–128.
- Zięba G., Marszał L., Kruk A., Penczak T., Tybulczuk S., Galicka W. 2011. Ichtiofauna systemu rzeki Brok. *Rocz. Nauk. PZW*, 24, 51–67.



**Fot. 1.** Stanowisko 6 na Krznie, przed ujściem Krzywuli. Rzeka uregulowana w latach 70. (fot. T. Penczak).

**Photo 1.** Site No 6 in the Krzna River, before the Krzywula River estuary. The river was regulated in the 70. (photo by T. Penczak).



**Fot. 2.** Stanowisko 11 na Krznie, około 10 km przed ujściem Czapelki. Rzeka meandruje, brzegi zadrzewione (fot. T. Penczak).

**Photo 2.** Site No 11 on the Krzna River, about 10 km before the Czapelka River estuary. The river is meandering, trees along banks (photo by T. Penczak).



**Fot. 3.** Stanowisko 17 na Klukowce, uregulowanej w latach 70. (fot. T. Penczak).

**Photo 3.** Site No 17 on the Klukowka River, regulated in the 70. (photo by T. Penczak).



**Fot. 4.** Stanowisko 30 na Zielawie, uregulowanej w latach 70. (fot. T. Penczak).

**Photo 4.** Site No 30 on the Zielawa River, regulated in the 70. (photo by T. Penczak).