

**Bartosz Bojarski¹, Agnieszka Ludwikowska¹, Jakub Popek², Paweł Szczerbik²,
Artur Klaczak², Hanna Lutnicka¹, Włodzimierz Popek²**

¹Katedra Hodowli Drobiu, Zwierząt Futerkowych i Zoohigieny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

²Katedra Ichtiobiologii i Rybactwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Ichtiofaunistyczna i ekologiczna inwentaryzacja cieków prowadzących wodę na terenie gospodarstwa stawowego

Wstęp

Niewielkie ciek wodne są nieodłącznym elementem hydrotechnicznym gospodarstwa rybackiego. Ich zadaniem jest doprowadzenie wody do stawów z miejsca jej ujęcia oraz odprowadzenie nadmiaru do odbiornika. Jedynie w przypadku, gdy istnieje obawa przemarzania lub dużych strat wody, buduje się rurociągi (Wojda 2004). W przeciwieństwie do rzek, których ichtiofauna jest na terenie Polski stosunkowo dobrze przebadana (Witkowski i Kotusz 2008), rowy biegnące na terenie gospodarstw rybackich są zwykle pomijane w badaniach inwentaryzacyjnych i ekologicznych. Jednakże otwarte rowy ziemne mogą być ekosystemami bogatymi pod względem ichtiofaunistycznym i pełnić istotną rolę w zachowaniu bioróżnorodności (Bojarski i in. 2013). Celem niniejszej pracy było zbadanie składu gatunkowego ichtiofauny wybranych cieków prowadzących wodę na terenie gospodarstwa stawowego Rybackiej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, w sezonie wiosenno-letnim 2013 roku. Praca ta jest wynikiem kontynuacji badań przeprowadzonych w latach 2011-2012. Dla lepszego poznania charakteru ekologicznego cieków biegnących na terenie Stacji, badania zostały rozszerzone o określenie parametrów fizykochemicznych wody oraz różnorodności biologicznej makrozoobentosu.

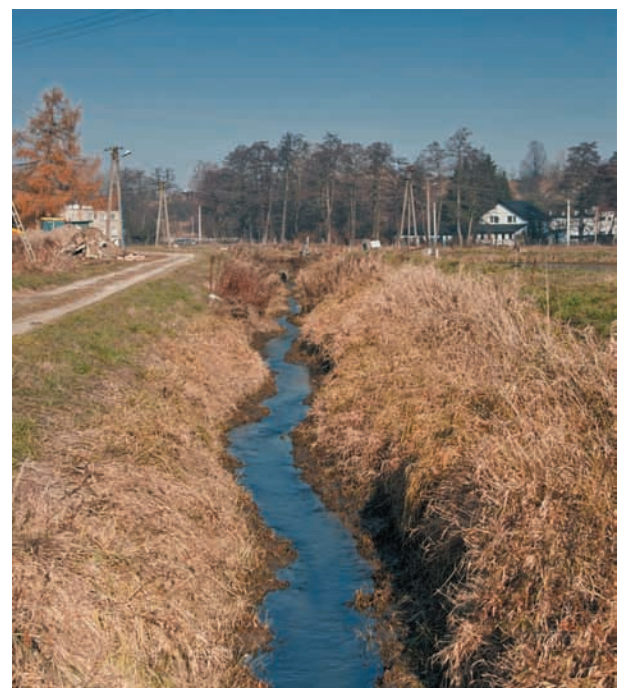
Teren badań

Rybacka Stacja Doświadczalna jest jednostką badawczą Katedry Ichtiobiologii i Rybactwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, która pełni także rolę dydaktyczną i produkcyjną. Łączna powierzchnia lustra wody stawów ulokowanych na terenie Stacji Doświadczalnej wynosi 26,5 ha. Gospodarstwo prowadzi hodowlę ryb karpowatych (Cyprinidae), jesiotrowatych (Acipenseridae) oraz łososiowatych (Salmonidae). Stawy zasilane są wodą z rzeki Rudawy (Dąbek 2007), która jest lewobrzeżnym dopływem Wisły. Badaniom poddano trzy ciek prowadzące wodę na terenie

Stacji: „Tarlisko”, „Rów Główny” oraz „Rów Pstrągowy”. Funkcją „Tarliska” (fot. 1) jest odprowadzenie części wody z Młynówki, która pełni rolę doprowadzalnika. Pomimo antropogenicznego pochodzenia nieco przypomina naturalny



Fot. 1. „Tarlisko”



Fot. 2. „Rów Główny”



Fot. 3. „Rów Pstrągowy”

potok – dno jest miejscami piaszczyste, a miejscami żwirowe; w cieku występują liczne korzenie drzew i kamienie. Jesienią można w nim obserwować gniazda tartłowe pstrąga potokowego (stąd nazwa). Rów ma długość 110 m; przebadano ciek

Charakterystyka badanych cieków. Rodzaj substratu dennego: a – substrat antropogeniczny, k – kamienie / żwir, m – muł, p – piasek

Nazwa cieku	Długość cieku (m)	Długość badanego odcinka (m)	Szerokość (m)	Głębokość (m)	Rodzaj substratu dennego	Obecność rumszu drzewnego
"Tarlisko"	110	110	3,5 (3-5)	0,5 (0,1-0,8)	k, p	obecny
"Rów Główny"	425	150	1,5 (1-2)	0,4 (0,2-0,6)	m, p	brak
"Rów Pstrągowy"	610	160	1,5 (1-2)	0,4 (0,1-0,6)	a, m, p	brak

na całej jego długości. „Rów Główny” (fot. 2) ma łączną długość wynoszącą 425 m; połowy prowadzono na odcinku 150 m. Ciek ten ma pochodzenie antropogeniczne i odprowadza wodę ze stawów gospodarstwa. Dno ma piaszczyste, z mulistymi fragmentami w pobliżu brzegów. „Rów Pstrągowy” (fot. 3) jest wyprostowanym i wyprofilowanym fragmentem naturalnego cieku – Potoku Pandory. Na badanym odcinku, liczącym 160 m, wyłożony jest betonowymi płytami. Odprowadza wodę między innymi ze stawów pstrągowych (stąd nazwa). Całkowita długość „Rowu Pstrągowego” wynosi około 610 m. Szczegółową charakterystykę poszczególnych rowów przedstawiono w tabeli 1.

Materiał i metody

Ryby odławiano raz w każdym miesiącu połowowym (tj. w maju, czerwcu, lipcu i sierpniu) 2013 roku za pomocą atestowanego agregatu plecakowego IUP-12 metodą jednokrotnego przejścia w górę cieku. Przy niewielkiej szerokości objętych badaniami rowów metoda ta była całkowicie wystarczająca. Po złowieniu wszystkie ryby zmierzono (określono długość całkowitą ciała z dokładnością do 0,5 cm) i zważono (z dokładnością do 0,5 g), a następnie wypuszczono w miejscu złowienia. Przed dokonaniem

pomiarów ryby wprowadzono w stan narkozy za pomocą 2-fenoksyetanolu podanego w formie immersji w dawce 0,3-0,5 ml l⁻¹, celem zminimalizowania stresu manipulacyjnego. Dla ryb odłowionych z poszczególnych cieków w każdym miesiącu obliczono wskaźnik różnorodności Simpsona (D). Obliczono go korzystając z następującego wzoru (Magurran 1988):

$$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$$

gdzie:

D – wskaźnik różnorodności Simpsona

n_i – udział osobników gatunku i w zgrupowaniu

N – liczba wszystkich osobników w zgrupowaniu

Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci 1–D. Przedstawiony w ten sposób wskaźnik Simpsona określa prawdopodobieństwo wylosowania z próby dwóch osobników

należących do różnych gatunków i wzrasta wraz ze wzrostem różnorodności gatunkowej próby (Magurran 1988). Próby osadów dennych wraz z zamieszkującymi je organizmami zostały pobrane przy każdych odłowach ichtiofaunistycznych, z wykorzystaniem skrobaka hydrobiologicznego w pięciu losowo wybranych miejscach w każdym z rowów. Pobrany w ten sposób materiał traktowano jako próbę łączną z danego cieku. Zoobentos oznaczono za pomocą dostępnych kluczy taksonomicznych (Kołodziejczyk i Koperski 2000, Rybak 2000). Pomiarów parametrów fizykochemicznych wody dokonano za pomocą fotometru multiparametrycznego HI 83200 (Hanna Instruments).

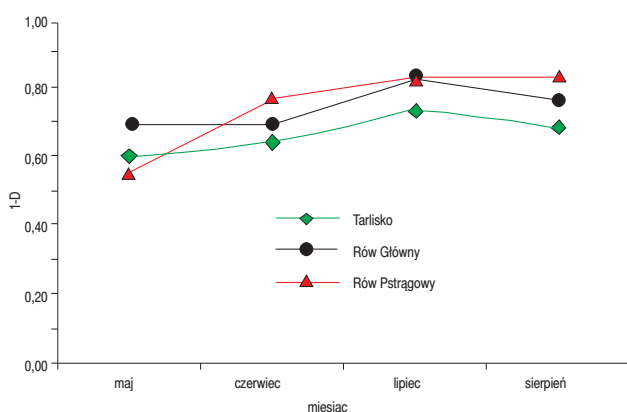
Wyniki

Podczas odłowów pozyskano łącznie 1056 ryb, które zaklasyfikowano do 23 gatunków. Najwięcej ryb złowiono w sierpniu (729 sztuk należących do 16 gatunków), najmniej zaś w lipcu (77 sztuk należących do 10 gatunków). Najbardziej zasobnym w ryby ciekim okazał się „Rów Główny”, z którego pozyskano łącznie 857 osobników należących do 16 gatunków, na drugim miejscu znalazł się „Rów Pstrągowy” (162 osobniki; 14 gatunków), na ostatnim zaś ciek „Tarlisko” (37 osobników; 5 gatunków). Zestawienie złowionych w trakcie wszystkich odłowów ryb dla poszczególnych cieków przedstawiono w tabeli 2.

W przypadku cieku „Tarlisko” wskaźnik 1–D przyjmował wartości od 0,60 do 0,73. Dla „Rowu Głównego” mieścił się w zakresie od 0,69 do 0,82, natomiast dla „Rowu Pstrągowego” wynosił od 0,54 do 0,82 (rys. 1).

Łączne zestawienie gatunków, liczby i udziału ryb z poszczególnych cieków oraz zakres długości i masy ich ciała

Gatunek	"Tarlisko"				"Rów Główny"				"Rów Pstrągowy"			
	liczba złowionych ryb	udział ryb na stanowisku (%)	zakres długości całkowitej (cm)	zakres masy ciała (g)	liczba złowionych ryb	udział ryb na stanowisku (%)	zakres długości całkowitej (cm)	zakres masy ciała (g)	liczba złowionych ryb	udział ryb na stanowisku (%)	zakres długości całkowitej (cm)	zakres masy ciała (g)
amur biały	-	-	-	-	7	0,8	15-20	37-100	1	0,6	18	55,5
ciernik	-	-	-	-	64	7,5	2-6	0,5-4	19	11,7	4-6,5	1-3
czebaczek amurski	-	-	-	-	12	1,4	7-10,5	3-9	-	-	-	-
jazgarz	-	-	-	-	1	0,1	13	29,5	-	-	-	-
jaź	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6	22,5	200
karaś srebrzysty	-	-	-	-	151	17,6	5,5-21	2-124	4	2,5	14-17	54-87
karp	-	-	-	-	318	37,1	6-18	9-122	46	28,4	2-23	4-156
kielb	2	5,4	6-11	4-8	172	20,1	6,5-13,5	4-26	21	13,0	6-16	2-35,5
kleń	-	-	-	-	11	1,3	12-16	18-58	8	4,9	13-18	25-60
lin	-	-	-	-	68	7,9	5-16	4-48	-	-	-	-
lipień	2	5,4	16-20	52-128	-	-	-	-	-	-	-	-
okoń	-	-	-	-	5	0,6	12-18	18-80	2	1,2	14,5-17,5	42-75
piskorz	-	-	-	-	1	0,1	18,5	35	-	-	-	-
płoc	-	-	-	-	1	0,1	8	8,5	2	1,2	13-14	20-46
pstrąg potokowy	18	48,7	8-25	6-174	-	-	-	-	6	3,7	8-27	5-111
pstrąg tęczy	-	-	-	-	1	0,1	12	17,5	-	-	-	-
pstrąg źródlany	1	2,7	-	51	-	-	-	-	-	-	-	-
różanka	-	-	-	-	1	0,1	5,5	5	-	-	-	-
słonecznica	-	-	-	-	-	-	-	-	12	7,4	5-6	1,5-2
szczupak	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6	25	78
śliz	14	37,8	6,5-12,5	5-15	42	4,9	6-12	1,5-17	38	23,5	7-14	3,5-30
ukleja	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,6	12	10
wzdregra	-	-	-	-	2	0,2	9-11	9,5-16	-	-	-	-



Rys. 1. Różnorodność gatunkowa ryb z poszczególnych cieków określona wskaźnikiem Simpsona przedstawionym w postaci 1-D w kolejnych miesiącach połowowych.

Najliczniej reprezentowanym gatunkiem był karp *Cyprinus carpio* (364 osobniki), następnie kielb *Gobio gobio* (195), karaś srebrzysty *Carassius gibelio* (155), śluz *Barbatula barbatula* (94), ciernik *Gasterosteus aculeatus* (83), lin *Tinca tinca* (68), pstrąg potokowy *Salmo trutta* (24), kleń *Squalius cephalus* (19), czebaczek amurski *Pseudorasbora parva* i słonecznica *Leucaspis delineatus* (po 12 osobników), amur biały *Ctenopharyngodon idella* (8), okoń *Perca fluviatilis* (7), płoc *Rutilus rutilus* (3), lipień *Thymallus thymallus* i wzdręga *Scardinius erythrophthalmus* (po 2 osobniki); natomiast najmniej licznie wystąpiły: jazgarz *Gymno-*

cephalus cernua, jaź *Leuciscus idus*, piskorz *Misgurnus fossilis*, pstrąg tęczy *Oncorhynchus mykiss*, pstrąg źródlany *Salvelinus fontinalis*, różanka *Rhodeus amarus*, szczupak *Esox lucius* i ukleja *Alburnus alburnus* (po 1 osobniku). Dominację gatunków ryb złowionych w poszczególnych miesiącach połowowych przedstawiono w tabeli 3.

Największą różnorodnością taksonomiczną dennej makrofauny bezkręgowej charakteryzował się rów „Tarlisko” w sierpniu (15 rodzin), następnie „Rów Pstrągowy” w czerwcu (14 rodzin). Najmniejszą różnorodność makrozoobentosu zanotowano w „Tarlisku” i „Rowie Głównym” w maju 2013 r. (8 rodzin), w „Rowie Głównym” i „Rowie Pstrągowym” w lipcu 2013 r. (8 rodzin) oraz w „Rowie Głównym” w sierpniu 2013 r. (także 8 rodzin). Różnorodność taksonomiczną dennej makrofauny bezkręgowej przedstawiono w tabeli 4.

Parametry fizykochemiczne wody pobranej z objętych badaniami cieków w poszczególnych miesiącach przedstawiono w tabeli 5. Średnia temperatura wody w cieku „Tarlisko” wynosiła 13,5°C, w „Rowie Głównym” oraz w „Rowie Pstrągowym” 15,4°C. Uśredniony odczyn pH wody pobranej z „Tarliska” określono na poziomie 7,7, natomiast w przypadku „Rowu Głównego” na poziomie 7,8. Uśredniony odczyn pH wody pozyskanej z „Rowu Pstrągowego” wyniósł 7,9. Średnie stężenie tlenu rozpuszczonego (O₂) wyniosło

TABELA 3

Dominacja (%) poszczególnych gatunków ryb w kolejnych miesiącach połowowych w objętych badaniami ciekach

Gatunek	"Tarlisko"				"Rów Główny"				"Rów Pstrągowy"			
	maj	czer-wiec	lipiec	sier-pień	maj	czer-wiec	lipiec	sier-pień	maj	czer-wiec	lipiec	sier-pień
amur biały	-	-	-	-	-	5,9	-	0,3	-	9,1	-	-
ciernik	-	-	-	-	1,3	3,5	8,8	8,6	14,8	-	10,8	11,7
czebaczek amurski	-	-	-	-	1,3	1,2	-	1,5	-	-	-	-
jazgarz	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-
jaż	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,7	-
karasś srebrzysty	-	-	-	-	41,6	20,0	26,5	14,1	-	-	-	6,7
karp	-	-	-	-	27,3	49,4	29,4	37,1	63,0	27,3	13,5	6,7
kiełb	-	-	16,7	12,5	1,3	-	2,9	25,7	-	9,1	21,6	20,0
kleń	-	-	-	-	-	-	11,8	1,1	-	-	10,8	6,7
lin	-	-	-	-	26,0	16,5	5,9	4,8	-	-	-	-
lipień	7,7	10,0	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	-
okoń	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	5,4	-
piskorz	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
plóć	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	3,3
pstrąg potokowy	61,5	40,0	33,3	50,0	-	-	-	-	-	-	2,7	8,3
pstrąg tęczowy	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
pstrąg źródłany	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
różanka	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-
słonecznica	-	-	-	-	-	-	-	-	22,2	-	-	-
szczupak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7
śliz	23,1	50,0	50,0	37,5	-	-	14,7	5,6	-	45,5	32,4	35,0
ukleja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	-	-
wzdreğa	-	-	-	-	-	2,4	-	-	-	-	-	-

10,18, 10,55 i 9,53 mg dm⁻³. Średnie stężenie azotu amonowego (N-NH₄) wynosiło 0,34, 0,36 i 0,39 mg dm⁻³ (odpowiednio: „Tarlisko”, „Rów Główny” i „Rów Pstrągowy”). Średnia koncentracja azotanów (NO₃⁻) przedstawiała się na poziomie 4,20, 6,95 i 9,65 mg dm⁻³. Stężenie fosforanów (PO₄³⁻) w cieku „Tarlisko” było większe niż 2,5 mg dm⁻³ w sierpniu, w „Rowie Głównym” przekroczyło 2,5 mg dm⁻³ w czerwcu, lipcu i sierpniu. Natomiast w „Rowie Pstrągowym” poziom 2,5 mg dm⁻³ był przekroczony we wszystkich miesiącach objętych badaniami. Średnie stężenie jonów miedzi (Cu²⁺) wyniosło 96,25, 112,75 i 41,50 µg dm⁻³. Średnie stężenie żelaza (Fe) oznaczono na poziomie 0,23, 0,34 i 0,33 mg dm⁻³ (odpowiednio: „Tarlisko”, „Rów Główny” i „Rów Pstrągowy”). Średnią koncentrację manganu (Mn) oznaczono na poziomie 58,0, 63,75 i 46,50 µg dm⁻³ (odpowiednio: „Tarlisko”, „Rów Główny” i „Rów Pstrągowy”).

Dyskusja

Kompleksy stawowe stwarzają dogodne warunki życia dla zwierząt wodnych i amfibiotycznych (Bieniarz i in. 2003). W trakcie odłowów niejednokrotnie obserwowano w ciekach lub ich pobliżu znaczne ilości żab (*Rana* spp.). Podczas majowych odłowów razem z rybami odłowiono z „Rowu Pstrągowego” karczownika ziemnowodnego (*Arvicola amphibius*) – roślinożernego ssaka związanego ze środowiskiem wodnym. Otwarte rowy ziemne charakteryzują się niekiedy wysoką wydajnością rybacką (Robakowski i in. 2004), mogą przy tym pełnić istotną rolę w zachowaniu róż-

TABELA 4

Łączne zestawienie obecności poszczególnych rodzin makrozoobentosu w kolejnych miesiącach połowowych w objętych badaniami ciekach

Rodzina	"Tarlisko"				"Rów Główny"				"Rów Pstrągowy"				
	maj	czer-wiec	li-piec	sier-pień	maj	czer-wiec	li-piec	sier-pień	maj	czer-wiec	li-piec	sier-pień	
Anisopodidae											+	+	
Baetidae		+		+	+	+						+	+
Beraeidae			+										
Brachycentridae													+
Ceratopogonidae		+		+								+	+
Chironomidae		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Coenagrionidae												+	+
Corixidae			+	+	+							+	
Culicidae												+	
Dendrocoelidae		+					+	+					
Dyctiscidae							+					+	+
Empididae			+				+						
Ephemeroidea				+								+	+
Ephemeroidea		+	+	+									+
Ephydriidae				+		+						+	
Erpobdellidae													+
Gammaridae		+	+	+							+	+	+
Glossophoniidae		+		+									
Glossosomatidae				+		+							
Gordiidae		+										+	
Halipidae							+						
Haplaxiidae												+	
Hirudinidae				+								+	
Hydropsychidae				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lepidostomatidae												+	+
Leptophlebiidae													+
Limnephilidae		+	+	+	+						+		
Limoniidae				+	+			+	+				
Lymnaeidae		+					+	+					+
Notonectidae											+		
Oligoneuridae													+
Philopotamidae								+					+
Phryganeidae							+						+
Planorbidae				+	+								
Platycnemidae												+	
Polycentropodidae		+										+	
Rhyacophiliidae												+	
Sericostomatidae												+	
Simuliidae		+	+	+								+	+
Siphonuridae													+
Sphaeriidae		+					+				+	+	+
Thaumaleidae											+		
Tubificidae		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+
Unionidae							+					+	
Viviparidae							+						
Łączna liczba rodzin	8	9	13	15	8	9	8	8	12	14	8	13	

norodności biologicznej, będąc miejscem występowania wielu gatunków ryb (Bojarski i in. 2013, Musil i in. 2007, Tatoj 2009). Podczas przeprowadzonych badań stwierdzono łącznie występowanie 23 gatunków ryb, czyli o 7 więcej niż w latach 2011-2012 (Bojarski i in. 2013) i o 13 więcej niż w roku 2008 (Tatoj 2009) w tych samych ciekach. Zaobserwowane zmiany w liczbie gatunków w latach 2008-2013 wskazują na wzbogacenie tych siedlisk. W obecnych badaniach wskaźnik różnorodności gatunkowej (1-D) przyjmował stosunkowo wysokie wartości (do 0,82 – „Rów

TABELA 5

Zestawienie parametrów fizykochemicznych wody we wszystkich ciekach objętych badaniami w poszczególnych miesiącach

Parametr	Badany ciek	maj	czerwiec	lipiec	sierpień
temperatura powietrza (°C)	"Tarlisko"	24	15	25	14,5
	"Rów Główny"	24	15	25	14,5
	"Rów Pstragowy"	24	15	25	14,5
temperatura wody (°C)	"Tarlisko"	10	15	17,5	11,5
	"Rów Główny"	12	17	19,5	13,1
	"Rów Pstragowy"	12	17	19	13,5
odczyn pH	"Tarlisko"	7,6	8	7,3	8
	"Rów Główny"	7,6	8,5	7,4	7,8
	"Rów Pstragowy"	7,7	8,4	7,3	8,2
O ₂ (mg/l)	"Tarlisko"	6	10,5	11	13,2
	"Rów Główny"	7	10,6	12	12,6
	"Rów Pstragowy"	6,5	9,4	10,7	11,5
N-NH ₄ (mg/l)	"Tarlisko"	0,45	0,42	0,25	0,23
	"Rów Główny"	0,47	0,51	0,16	0,31
	"Rów Pstragowy"	0,53	0,45	0,3	0,26
NO ₃ ⁻ (mg/l)	"Tarlisko"	4,6	0,8	4,5	6,9
	"Rów Główny"	2,9	4,2	12,1	8,6
	"Rów Pstragowy"	8,4	5,1	14,9	10,2
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	"Tarlisko"	0,51	0,42	0,96	>2,5
	"Rów Główny"	1,5	>2,5	>2,5	>2,5
	"Rów Pstragowy"	>2,5	>2,5	>2,5	>2,5
Cu ²⁺ (µg/l)	"Tarlisko"	61	40	276	8
	"Rów Główny"	90	5	311	45
	"Rów Pstragowy"	12	36	107	11
Fe (mg/l)	"Tarlisko"	0,21	0,23	0,17	0,32
	"Rów Główny"	0,2	0,31	0,17	0,68
	"Rów Pstragowy"	0,12	0,38	0,2	0,61
Mn (µg/l)	"Tarlisko"	135	5	69	23
	"Rów Główny"	99	23	100	33
	"Rów Pstragowy"	131	24	15	16

Główny" i „Rów Pstragowy” oraz do 0,73 – „Tarlisko”). Dodatkowo badane rowy okazały się ekosystemami zasobnymi w ryby. Podczas zaledwie czterech odłowów pozyskano 1056 osobników, tj. o 794 więcej niż podczas 10 odłowów przeprowadzonych w latach 2011-2012 i o 793 więcej niż w roku 2008. Liczebność odłowionych ryb w latach 2011-2013 wyraźnie podzieliła badane ciek: najzasobniejszy – „Rów Główny”, zasobny – „Rów Pstragowy” i ubogi – „Tarlisko”. W 2013 roku dominantami w ichtiofaunie były: karp, kiełb i karaś srebrzysty. W latach 2011-2012 dominował śluz, następnie karp, później lin (Bojarski i in. 2013). Natomiast w roku 2008 najliczniej występowały: kiełb, śluz i lin (Tatoj 2009).

Rowy mogą stanowić zagrożenie ekologiczne. Są istotnym siedliskiem dla ryb, mogącym przyczyniać się do przedostawania się hodowlanych gatunków ryb do wód otwartych (Musil i in. 2007). Podczas przeprowadzonych odłowów stwierdzono występowanie w badanych ciekach czterech gatunków (amur biały, karp, karaś srebrzysty, pstrąg tęczy), które najprawdopodobniej pochodzą z hodowli stawowej. Wszystkie powyższe są gatunkami obcymi dla

rodzimej ichtiofauny. Jedynym ciekim wolnym od uciekinierów ze stawów był rów „Tarlisko” (ciek ten nie pełni funkcji odprowadzalnika). Liczba obcych gatunków w polskiej ichtiofaunie wzrasta od końca XIX w.; aktualnie wynosi ona więcej niż 30 (Nowak i in. 2008b). Spośród tej grupy siedem gatunków uznano za gatunki inwazyjne (Grabowska i in. 2008). W objętych badaniami ciekach odnotowano łącznie występowanie sześciu gatunków obcych (amur biały, czebaczek amurski, karp, karaś srebrzysty, pstrąg tęczy i pstrąg źródlany), w tym dwóch gatunków inwazyjnych: czebaczka amurskiego i karasia srebrzystego. Gatunki inwazyjne stwarzają zagrożenie dla ekosystemów naturalnych poprzez m.in. zmniejszenie liczebności lub zanik niektórych gatunków ryb i bezkręgowców, hybrydyzację z lokalnymi gatunkami, zawleczenie obcych pasożytów i przyspieszenie eutrofizacji (Witkowski 1996). Nie potwierdzono występowania stwierdzonej wcześniej (2007) trawianki *Perccottus glenii*. Wydaje się, że gatunek ten ustąpił samoistnie, pomimo iż stosunkowo szybko rozprzestrzenił się na terenie Polski w ciągu ostatnich lat (Nowak i in. 2008a).

Kolejnym po ichtiofaunie zespołem, jaki analizowano w niniejszych badaniach był makrozoobentos. Skład taksonomiczny bentosu zależy od wielu czynników (m.in. głębokość cieku, typ podłoża). W ciekach bentos jest zazwyczaj bardzo zróżnicowany, a jego skład uzależniony jest głównie od szybkości prądu wody (Kajak 1998). Literatura krajowa dotycząca badań zoobentosu małych cieków jest raczej uboga. Pitek (2011) określił średnią liczbę rodzin makrobezkręgowców bentosowych w dwóch niewielkich potokach na poziomie 13,8 (potok „bukowy”, jesień), 11,8 (potok „bukowy”, wiosna) oraz 12,8 (potok „jodłowy”, jesień) i 11,2 (potok „jodłowy”, wiosna). Liczba rodzin w rowach objętych badaniami była zbliżona i wynosiła od 8 do 15 w zależności od cieku i miesiąca. Co istotne, różnorodność taksonomiczna makrozoobentosu w „Rowie Pstragowym” jest stosunkowo wysoka i wynosi 12, 14, 8 i 13 rodzin (odpowiednio: w maju, czerwcu, lipcu i sierpniu), pomimo iż ciek ten na badanym obszarze wyłożony jest betonowymi płytami. Wydaje się, że substrat w tej postaci nie przyczynia się do zubożenia jakościowego dennej fauny bezkręgowej.

Jakość wody odprowadzana z gospodarstwa stawowego ulega ciągłym fluktuacjom zarówno w cyklu dziennym, jak i rocznym. Zależy ona od temperatury otoczenia, rodzaju i etapu prowadzonej hodowli oraz systemu karmienia ryb. Powyższe fakty należy wziąć pod uwagę przy ocenie jakości wody odprowadzanej z danego gospodarstwa stawowego. Analiza wybranych parametrów fizykochemicznych wody badanych cieków wskazuje na podobną jej jakość we wszystkich przypadkach. Nie da się jednoznacznie wskazać „najlepszego” i „najgorszego” cieku pod względem jakości wody. Porównując wodę płynącą w rowach pełniących funkcję typowych odprowadzalników („Rów Główny” i „Rów Pstragowy”) z ciekim „Tarlisko” można przypuszczać, że w badanym okresie stawy nie wpłynęły istotnie na chemizm cieków. Stawy porośnięte

roślinnością pełnią rolę filtrów biologicznych, które oczyszczają wody odpływające z obszarów rolniczych z substancji biogennych i pestycydów (Mioduszewski 2007).

Temperatura badanej wody w okresie od maja do sierpnia 2013 r. mieściła się w zakresie 10-17,5, 12-19,5 i 12-19°C („Tarlisko”, „Rów Główny” i „Rów Pstrągowy”), była więc odpowiednia zarówno dla ryb łososiowatych, jak i karpowatych. Kolejnym parametrem limitującym występowanie ryb w określonym siedlisku jest odczyn pH wody. Wartość pH wód powierzchniowych mieści się w przedziale od 4 do 9 (Dojlido 1995), przy czym dla ryb optymalne są wody neutralne lub lekko alkaliczne (pH 6-9 wg Rozporządzenia MŚ 2002; pH 6,5-8,5 wg Svobodová i in. 1993). W przeprowadzonych badaniach wartość odczynu wody wszystkich cieków w poszczególnych miesiącach nie przekroczyła dopuszczalnych wartości. Tlen rozpuszczony w wodzie jest niezbędny w wielu procesach chemicznych i biochemicznych zachodzących w wodach naturalnych oraz jest czynnikiem niezbędnym do życia ryb i innych organizmów wodnych. Co więcej, jest kolejnym istotnym wskaźnikiem jakości wód. Jego zawartość w wodach powierzchniowych wynosi od 0 do 14 mg O₂ dm⁻³ i rzadko kiedy przekracza tę wartość (Kubiak i in. 1999). W badanych ciekach zawartość tlenu rozpuszczonego mieściła się w następujących przedziałach: 6-13,2, 7-12,6 oraz 6,5-11,5 („Tarlisko”, „Rów Główny” oraz „Rów Pstrągowy”), przy czym najniższe wartości w poszczególnych ciekach notowane były w maju. Można to wytłumaczyć długą zimą i dość niską temperaturą otoczenia, a co za tym idzie niewielką biomasą fotoautotrofów. Niemniej jednak oznaczone wartości tlenu rozpuszczonego w badanych ciekach mieściły się, z wyjątkiem maja, w optymalnych zakresach zarówno dla ryb bardziej wymagających (łososiowate) – od 8 do 10 mg O₂ dm⁻³, jak i dla mniej wymagających (karpowate) – od 6 do 8 mg O₂ dm⁻³ (Svobodová i in. 1993).

Ładunek substancji biogennych (N i P) fluktuuje z sezonu na sezon i jest zależny głównie od warunków hydrologicznych, pory roku i napływu zanieczyszczeń antropogenicznych. Podwyższenie koncentracji azotanów i fosforanów w wodach powierzchniowych prowadzi do ich eutrofizacji. Azot w wodach powierzchniowych występuje w formie organicznej (rozpuszczonej i cząstek zawieszonych), gazowej N₂, jonów: amonowych (NH₄⁺), azotynowych (NO₂⁻) i azotanowych (NO₃⁻) oraz pod postacią amoniaku cząsteczkowego (NH₃). Jednak nieustanne przemiany azotu w procesach nityfikacji i denityfikacji mogą sprawiać trudność w określeniu toksyczności poszczególnych form azotu dla ryb. Pośród powyższych amoniak (NH₃) jest uważany za formę azotu istotnie wpływającą na dobrostan ryb. Stężenie amoniaku w wodach powierzchniowych generalnie waha się w granicach kilkudziesięciu setnych do kilku mg dm⁻³ (Teodorowicz 2013). W niniejszych badaniach określano poziom azotu amonowego (N-NH₄) jako wskaźnika ilości amoniaku i poziomu zanieczyszczenia środowiska azotem. Stężenia azotu amonowego (N-NH₄) utrzymywały się na następujących pozio-

mach: 0,23-0,45, 0,16-0,51 i 0,26-0,53 mg N-NH₄ dm⁻³ (odpowiednio „Tarlisko”, „Rów Główny” i „Rów Pstrągowy”). Biorąc pod uwagę występującą w badanym okresie temperaturę (do 19,5°C) i odczyn wody (do pH 8,5) stężenie NH₃ to zaledwie do 8,63% otrzymanych wartości (Svobodová i in. 1993). Oznaczone koncentracje azotu amonowego (N-NH₄) nie przekroczyły poziomu 0,78 mg N-NH₄ dm⁻³ określonego w Rozporządzeniu MŚ z roku 2002. W wyniku procesu nityfikacji amoniak zostaje utleniony do azotynów (NO₂⁻), a później azotanów (NO₃⁻), które są znacznie mniej toksyczne niż poprzednie formy. Przy optymalnych warunkach tlenowych maksymalne dopuszczalne stężenie azotanów wynosi 80 mg NO₃⁻ dm⁻³ dla ryb karpowatych i 20-25 mg NO₃⁻ dm⁻³ w przypadku ryb łososiowatych (Własow i Guziur 2008). Stężenie azotanów (NO₃⁻) w badanych ciekach było znacznie niższe. Najwyższe stwierdzone stężenie (12,1 mg NO₃⁻ dm⁻³) odnotowano w „Rowie Pstrągowym” w lipcu. W porównaniu z innymi pierwiastkami, niezanieczyszczone wody powierzchniowe zawierają niewielkie ilości fosforu (około 0,01 mg dm⁻³ wg Allan 1998). Jednakże na skutek antropopresji jego poziom w wodach silnie eutroficznych osiąga nawet 7-10 mg PPO₄ dm⁻³ (Kajak 1998). W przeprowadzonych badaniach w większości przypadków ilość fosforu w postaci fosforanów przekroczyła wartość 2,5 mg PO₄³⁻ dm⁻³. Jedynie w „Tarlisku” w maju, czerwcu i lipcu zanotowano poniżej 1 mg PO₄³⁻ dm⁻³. We wszystkich badanych ciekach we wszystkich miesiącach zostały przekroczone polskie normy (Rozporządzenie MŚ z roku 2002) dotyczące dopuszczalnej ilości fosforanów zarówno dla ryb łososiowatych (0,2 mg PO₄³⁻ dm⁻³), jak i karpowatych (0,4 mg PO₄³⁻ dm⁻³).

Zbadana w danych ciekach woda nie jest też wolna od innych pierwiastków, których wzrost ilości będzie jednoznacznie sugerował zanieczyszczenie antropogeniczne. Jednym z nich jest miedź. Jej stężenie w wodach naturalnych notuje się na poziomie 2 µg dm⁻³ (Dojlido 1995). W śladowych ilościach jest pierwiastkiem niezbędnym do życia, jednak po przekroczeniu pewnych wartości może wykazywać toksyczne działanie. Dla ryb LC₅₀ wynosi 17-1000 µg dm⁻³ (Moore i Ramamoorthy 1984) w zależności od gatunku i chemizmu wody. Przyjmując zaproponowane przez Svobodová i in. (1993) maksymalne dopuszczalne stężenie miedzi (0,001-0,01 mg dm⁻³) w badanych ciekach stwierdzono wielokrotne przekroczenie norm, a najwyższe jej koncentracje odnotowano we wszystkich rowach w lipcu. Kolejnym uwzględnionym w niniejszych badaniach pierwiastkiem było żelazo. W wodach powierzchniowych jego stężenie jest stosunkowo niskie (w porównaniu z wodami podziemnymi) i na ogół nie przekracza kilku mg dm⁻³ (Dojlido 1995). Biorąc pod uwagę dobrostan ryb Mance i Campbell (1988) wskazują na dopuszczalne stężenie żelaza ogólnego na poziomie 2 mg dm⁻³. Jednakże, jak podkreśla Svobodová i in. (1993), letalne stężenie żelaza dla ryb jest trudne do określenia, ze względu na różną toksyczność tego pierwiastka w zależności od chemizmu wody. Dopuszczalny poziom żelaza ogólnego dla ryb karpowatych wynosi 1,0 mg dm⁻³ a dla ryb łososiowa-

tych 0,5 mg dm⁻³. W badanych ciekach odnotowano niewielkie przekroczenia wartości 0,5 mg dm⁻³ jedynie w sierpniu w dwóch ciekach, tj. w „Rowie Głównym” i „Rowie Pstrągowym”. Zawartość w wodach powierzchniowych kolejnego pierwiastka – manganu zależy nie tylko od dopływu ścieków, ale też od intensywności wymywania go z podłoża. W wodach powierzchniowych rzadko kiedy obserwuje się przekroczenie wartości 1 mg dm⁻³, a jego toksyczne działanie dla ryb obserwowano powyżej 75 mg dm⁻³ (Dojlido 1995). W badanych wodach maksymalne stężenie odnotowano na stosunkowo niskim poziomie, tj. 0,135 mg dm⁻³.

Podsumowanie

Badania przeprowadzone na ciekach prowadzących wodę na terenie Rybackiej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wskazują na ważną rolę ekologiczną tych ekosystemów. Zanotowano dużą, rosnącą w ostatnich latach, liczbę gatunków ryb oraz znaczną liczbę rodzin makrozoobentosu. Z drugiej strony objęte badaniami cieki są miejscem występowania gatunków obcych oraz uciekinierów ze stawów. Ich dalsza migracja do wód otwartych wiąże się z ryzykiem zaburzenia naturalnej struktury biocenoz. Badania hydrochemiczne pokazały, że większość oznaczonych parametrów fizykochemicznych wody płynącej w rowach nie budzi zastrzeżeń, a nieliczne przekroczenia przyjętych norm nie wydają się mieć negatywnego wpływu na ichtiofaunę, w skład której wchodzi także gatunki wrażliwe na zanieczyszczenie środowiska.

Badania zostały przeprowadzone w ramach DS 3210/KHDZFIZ.

Literatura

- Allan J.D. 1998 – Ekologia wód płynących – Wyd. Nauk PWN, Warszawa.
- Bieniarz K., Kownacki A., Epler P. 2003 – Biologia stawów rybnych – Wyd. IRS, Olsztyn.
- Bojarski B., Szczerbik P., Ludwikowska A. 2013 – Ichtyofauna cieków prowadzących wodę na terenie Rybackiej Stacji Doświadczalnej UR w Krakowie – Komun. Ryb. 1: 6-9.
- Dąbek D. 2007 – Zmiany w ichtiofaunie cieków doprowadzających i odprowadzających wodę ze stawów Rybackiej Stacji Doświadczalnej w Mydlnikach w cyklu rocznym – praca magisterska, UR Kraków.
- Dojlido J.R. 1995 – Chemia wód powierzchniowych – Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- Grabowska J., Witkowski A., Kotusz J. 2008 – Inwazyjne gatunki ryb w polskich wodach – zagrożenie dla rodzimej ichtiofauny – Użytkownik Rybacki – Nowa Rzeczywistość, PZW: 90-96.
- Kajak Z. 1998 – Hydrobiologia – limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych – Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kotodziejczyk A., Koperski P. 2000 – Bezkręgowce zwierzęta słodkowodne. Klucz do oznaczania oraz podstawy biologii i ekologii makrofauny – Wyd. UW, Warszawa.
- Kubiak J., Tórz A., Nędzarek A. 1999 – Analityczne podstawy hydrochemii – Wyd. AR Szczecin.
- Magurran A.E. 1988 – Ecological Diversity and Its Measurement – Wyd. Princeton University Press, New Jersey.
- Mance G., Campbell J.A. 1988 – Proposed Environmental Quality Standards for List II Substances in Water – Water Research Center, Medmenham, Marlow, Bucks.
- Mioduszewski W. 2007 – Budowa stawów – Oficyna Wyd. Hoża, Warszawa.
- Moore J., Ramamoorthy S. 1984 – Heavy metals in natural waters – Wyd. Springer, Berlin.
- Musil J., Adámek Z., Baranyi C. 2007 – Seasonal dynamics of fish assemblage in a pond canal – Aquaculture International 15: 217-226.
- Nowak M., Popek W., Epler P. 2008a – Range expansion of invasive alien species, Chinese sleeper, *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Teleostei: Odontobutidae) in the Vistula River drainage – Acta Ichthyol. Piscat. 38(1): 37-40.
- Nowak M., Szczerbik P., Tatój K., Popek W. 2008b – Non-native freshwater fishes in Poland – AACL Bioflux 1: 173-191.
- Pitek Sz. 2011 – Struktura zespołów makrobezkręgowców w dwóch potokach: płynącym przez las bukowy i jodłowy – Forum Faunistyczne 1: 63-66.
- Robakowski P., Czerniejewski P., Wawrzyniak W., Siwek G. 2004 – Wstępna ocena możliwości wykorzystania rowów doprowadzających wodę w gospodarstwie karpowym do podchowu szczupaka (*Esox lucius* L.) – Komun. Ryb. 5: 7-10.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody śródlądowe będące środowiskiem życia ryb w warunkach naturalnych. Dz. U. nr 176, poz. 1455.
- Rybak J.I. 2000 – Bezkręgowce zwierzęta słodkowodne – Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Svobodová Z., Lloyd R., Máchová J., Vykusová B. 1993 – Water quality and fish health – EIFAC Tech. Pap. No. 54, Rome, FAO.
- Tatój K. 2009 – Zmiany ichtiofauny Rybackiej Stacji Doświadczalnej w Krakowie-Mydlnikach w latach 2006-2008 – I Międzynarodowa Sesja Kół Naukowych. Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Kraków.
- Teodorowicz M. 2013 – Surface water quality and intensive fish culture – Arch. Pol. Fish. 21: 65-111.
- Witkowski A. 1996 – Introduced fish species in Poland: pros and cons – Arch. Pol. Fish. 4(1): 101-112.
- Witkowski A., Kotusz J. 2008 – Stan ichtiofaunistycznych badań inwentaryzacyjnych rzek Polski – Roczn. Nauk. PZW 21: 23-60.
- Własow T., Guziar J. 2008 – Higiena ryb i środowiska hodowlanego z profilaktyką chorób raków – Oficyna wyd. Hoża, Warszawa.
- Wojda R. 2004 – Karp. Chów i hodowla – Wyd. IRS, Olsztyn.

Przyjęto po recenzji 3.03.2014 r.

ICHTHYOFAUNA AND ECOLOGICAL ROLE OF POND CANALS OF CHOSEN FISH FARM

Bartosz Bojarski, Agnieszka Ludwikowska, Jakub Popek, Paweł Szczerbik, Artur Klaczak, Hanna Lutnicka, Włodzimierz Popek

ABSTRACT. The aim of the study was to determine the diversity of fish fauna and zoobenthos in three pond canals of the Experimental Fisheries Station of the University of Agriculture in Krakow. The physicochemical parameters of the water were also measured. A total of 1,056 fish of 23 species was caught during four sampling catches performed from May 2013 to August 2013. Six of the species identified were aliens. The number of zoobenthos families noted was similar and ranged from eight to 15 depending on the canal and month. The results suggest that the ecological role of the pond canals is significant.

Keywords: pond canals, ichthyofauna, zoobenthos, water parameters