



Ryszard Wojda, Grzegorz Zygmunt

Pracownia Ichtiobiologii i Rybactwa SGGW

Wpływ stawów karpowych na jakość, retencję i bilans wodny zlewni

Tocząca się w ostatnich latach dyskusja dotycząca znaczenia stawów karpowych w gospodarce kraju wykazała, że poza podstawową rolą jaką im do tej pory przypisywano, czyli udziałem w produkcji żywności, spełniają one również wiele innych ważnych funkcji, np.:

- pełnią rolę w małej retencji wodnej oraz zmniejszeniu zagrożenia powodziowego,
- wpływają korzystnie na procesy samooczyszczania wód powierzchniowych,
- stabilizują poziom wody gruntowej w zlewni rzeki, regulując stosunki wodne terenów z nimi sąsiadujących,
- są siedliskiem dla wielu cennych gatunków roślin i zwierząt,
- odgrywają rolę społeczną, edukacyjną, ogólnoprzyrodniczą i rekreacyjną,
- korzystnie oddziałują na różnorodność krajobrazową i mikroklimat,

(Szymański 1984, Drabiński i in. 1994, Pływaczyk 1995, Szumiec 2003, Wojda 2008, Kuczyński 2010, Drabiński i in. 2010, Kaczkowski i Zalewski 2010, Turkowski i Lirski 2011).

Spośród wyżej wymienionych, poza produkcją rybacką, najbardziej istotna jest rola jaką pełnią stawy w gospodarce wodnej kraju (Drabiński 1980, Nyc i in. 1992, Murat-Błażejewska 1997, Lewkowicz i in. 2003, Murat-Błażejewska i Kanclerz 2005, Kiedzińska i in. 2008 a,b, Kaca i Lipiński 2008). Literatura na temat tego zagadnienia jest bardzo skąpa, materiał badawczy dotyczy najczęściej wybranych, pojedynczych stawów niezwiązanych z całością produkcji, małych zbiorników bądź obiektów doświadczalnych.

W niniejszej publikacji został przedstawiony wieloletni materiał badawczy uzyskany w klasycznym gospodarstwie karpowym, wykorzystującym wszystkie kategorie stawów w normalnym toku produkcyjnym (Zygmunt 2006).

Celem prowadzonych testów było sprawdzenie wpływu stawów karpowych na jakość wody w zlewni, anali-

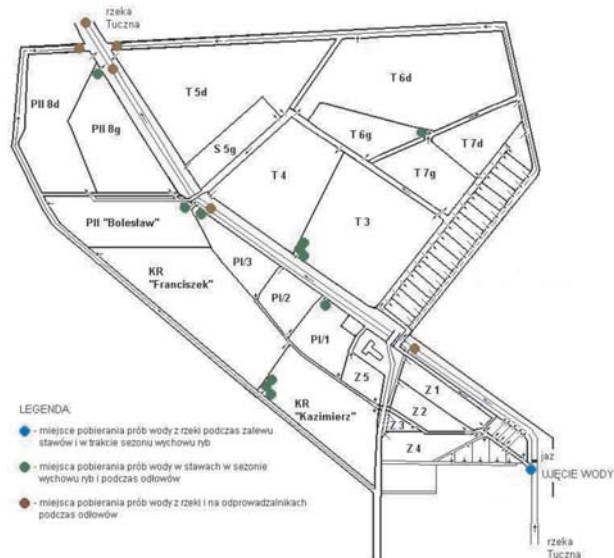
zowanie jej retencji w ciągu sezonu produkcyjnego ryb oraz określenie ogólnego bilansu zawiesiny i biogenów (azotu i fosforu) wpływających z rzeki w trakcie zalewu stawów i odprowadzanych do zlewni podczas ich odłowów.

Teren badań i charakterystyka gospodarstwa

Badania zostały przeprowadzone w Rybackiej Stacji Doświadczalnej SGGW Łąki Jaktorowskie w ciągu pięciu lat – dwuletniego okresu przygotowawczego (2001-2002) służącego opracowaniu metodyki, tj. ilości, czasu, miejsca, sposobu oznaczania i pobierania prób wody w rzece i stawach oraz trzech lat badań ścisłych (2003-2005).

Gospodarstwo położone jest w centralnej części Polski w odległości 40 km od Warszawy w kierunku Żyrardowa, w miejscowości Jaktorów, w dolinie małej rzeczki nizinnej Pisi Tucznej stanowiącej jeden z prawobrzeżnych dopływów Bzury. Obszar zlewni tej rzeki wynosi około 148,3 km², a długość całkowita 34,8 km (Postek 1983).

Powierzchnia ogroblowana analizowanych stawów wynosi 85,62 ha, a lustra wody 76,62 ha. Pobór wody z rzeki dla potrzeb obiektu odbywa się za pomocą ruchomego jazu żelbetowego. Gospodarstwo jest zwartym kompleksem kilkudziesięciu stawów wszystkich kategorii z możliwością indywidualnego zasilania wodą i jej spuszczenia (rys.1). Wszystkie stawy są spuszczałne. Stawy kroczkowe i towarowe, ze względu na wyłycone i zamulone rowy osuszające, posiadają osuszalność tylko około 30% powierzchni ich dna. Natomiast pozostałe kategorie stawów: przesadki I, II, zimochowy, są całkowicie osuszalne i jest w nich prowadzona coroczna uprawa dna. Gospodarstwo posiada wysoką intensywność użytkowania rybackiego – 89,5% (stosunek powierzchni lustra wody do powierzchni ogroblowanej) (Wojda i Ciodyk 2001). Charakterystykę techniczną poszczególnych stawów przedstawiono w tabeli 1. W skład gleby dna stawów wchodzi głównie piasek i glina, pod względem wartości użytkowej



Rys. 1. Plan RSD SGGW Łąki Jaktorowskie z zaznaczonymi miejscami pobierania prób wody do analiz fizykochemicznych (gdzie symbole oznaczają: PI – przesadki pierwsze, PII – przesadki drugie, KR – stawy kroczkowe, T – stawy towarowe, S – staw tarlakowo-selektowy, Z – zimochowy).

TABELA 1

Charakterystyka poszczególnych stawów produkcyjnych w gospodarstwie

Nazwa stawów i kategorii	Powierzchnia zalewu (ha)	Średnia głębokość stawu (m)
PI/1*	1,80	0,70
PI/2	1,50	0,75
PI/3*	2,05	0,75
razem – przesadki I	5,35	
Bolesław*	4,20	1,40
8d	4,55	1,50
8g*	3,55	1,50
razem – przesadki II	12,30	
Kazimierz*	5,10	1,40
Franciszek	7,40	1,50
razem – stawy kroczkowe	12,50	
3*	7,23	1,50
4	5,65	1,50
5g	2,00	1,50
5d	7,22	2,00
6g*	2,25	1,50
6d	8,70	2,00
7g	1,95	1,50
7d	2,40	1,50
razem – stawy towarowe	37,40	
razem – wszystkie kategorie	67,55	

*stawy, w których pobierano próby wody do badań

należy więc ona do V i VI klasy bonitacyjnej, czyli gruntów o niskiej zawartości próchnicy, a według bonitacji Staffa (1930), która opisuje wydajność naturalną, zalicza się do trzeciej klasy żyzności (Wojda 1979).

W czasie trwania badań stawy towarowe i kroczkowe były napełniane wodą w marcu i kwietniu, a okres ich użytkowania rybackiego trwał do początków listopada. Przesadki I zalewane były w maju, spuszczone po około miesiącu ich eksploatacji. Przesadki II zaś napełniano

w czerwcu, a odławiano w drugiej połowie października. We wszystkich stawach przez cały sezon wychowu ryb nie stosowano przepływu wody, uzupełniano tylko jej ubytki spowodowane przesiąkami i parowaniem. Nawożenia mineralnego stawów w celach produkcyjnych nie wykonywano, a produkcja materiału zarybieniowego w przesadkach I i II oparta była tylko na nawożeniu organicznym w ilościach od 10000 do 20000 kg ha⁻¹.

W gospodarstwie prowadzony był głównie wychów karpia towarowego w pełnym cyklu produkcyjnym w systemie dwu- i trzyletnim, na poziomie chowu nisko intensywnego, w oparciu o jednorodne pasze zbożowe, z zachowaniem stałych nurtów hodowlanych i zimowaniem materiału obsadowego w zimochowach (Wojda 2009). Poza karpim prowadzono także hodowlę kilku gatunków ryb dodatkowych. Parametry produkcji karpia w czasie prowadzonych badań przedstawiono w tabeli 2. Średnia produkcja za okres trzech lat, z wszystkich kategorii stawów wyniosła 819 kg ha⁻¹, przy średniej wydajności naturalnej 281 kg ha⁻¹. Należy zauważyć, że przyrosty ryb uzyskane poprzez dokarmianie paszami zbożowymi, w stosunku do tych na pokarmie naturalnym, wzrosły tylko o połowę (w przesadkach II) oraz 1,7 razy (w stawach kroczkowych i towarowych). Można zatem stwierdzić, że wyniki produkcyjne były zbliżone wielkościami do uzyskiwanych przez większość gospodarstw stawowych w Polsce, w których śmiertelność obsad nie przekracza teoretycznych wskaźników.

TABELA 2

Uśrednione wyniki produkcyjne i ilość paszy skarmionej w okresie badań (2003-2005)

Nazwa kategorii stawów i grupy wiekowej ryb	kg ha ⁻¹				wartość współczynnika d ^x
	Produkcja	Przyrosty obliczeniowe		Ilość paszy	
		całkowity	naturalny		
Przesadki I narybek letni	59	59	59	0	1
Przesadki II narybek jesienny	502	490	330	638	1,5
Stawy kroczkowe kroczi karpia	508	442	166	1077	2,7
Stawy towarowe ryba towarowa	1136	895	335	2349	2,7
Wartości średnie dla całego gospodarstwa	819	671	281	1616	-

d^x – współczynnik intensywności żywienia jest to stosunek całkowitego do naturalnego przyrostu obliczeniowego

Materiał i metody

Próby wody do analiz chemicznych pobierano podczas napełniania stawów, w czasie sezonu odchowu ryb oraz w trakcie spuszczenia wody przy ich odławie. W testach oznaczano: odczyn, temperaturę, ilość rozpuszczonego w wodzie tlenu w mg dm⁻³ i % nasycenia, BZT₅ oraz zawartość zawiesiny ogólnej, poziom azotu amonowego (NH₄⁺) i fosforu (PO₄).

Odczyn wody ustalano za pomocą pehametru cyfrowego firmy Tetra river.

Pomiarów temperatury wody i ilości rozpuszczonego w niej tlenu w mg dm⁻³ i % nasycenia, dokonywano sondą tlenową firmy WTW typu OXI, po uprzednim jej wyskalowaniu metodą Winklera.

BZT₅, czyli zużycie tlenu rozpuszczonego w wodzie przez bakterie tlenowe w ciągu 5 dni w temperaturze 20-22°C określano metodą Winklera. Wynik obliczeń wyrażano w mg O₂ dm⁻³ (Korycka 1973).

Zawiesinę ogólną oznaczano laboratoryjnie metodą wagową (Hermanowicz i in. 1976). Wynik zapisywano w mg dm⁻³.

Zawartość azotu i fosforu mierzono fotometrem mikroprocesorowym LF 205 firmy SLANDI. Wynik pomiaru podawano w mg dm⁻³.

W celu określenia składu fizykochemicznego wody i wprowadzonych do stawów ilości ładunków zawiesiny ogólnej, azotu i fosforu, wodę do analiz z rzeki zawsze pobierano na ujęciu głównego doprowadzalnika, przed jazem, na głębokości 30 cm, przy użyciu czerpacza Patalasa (rys. 1). Wiosną, podczas zalewu stawów aż do momentu ich napełnienia, próby wody pobierano co 3 dni, natomiast po zalaniu, w ciągu sezonu letniego co dwa tygodnie.

Na podstawie pomiarów geodezyjnych, w okresie przygotowawczym na stojakach mnichów spustowych wszystkich stawów produkcyjnych, umocowano łąty umożliwiające odczyty wysokości piętrzenia wody, co pozwoliło na obliczenie ich kubatury. Następnie w ciągu całego sezonu letniego dokonywano odczytów aktualnej wysokości piętrzenia, celem obliczenia faktycznej pojemności wodnej stawów. Dzięki temu sporządzono rzeczywisty bilans wodny osobno dla wszystkich kategorii stawów i oddzielnie dla każdego roku, sumując trzy składowe:

- ilość wody potrzebną do nasączenia dna stawów i do całkowitego napełnienia rowów i mis stawowych zbiorników,
- ilość wody potrzebną w sezonie na podtrzymanie zalewu stawów, poprzez uzupełnianie strat spowodowanych jej przesiąkaniem i parowaniem (Drabiński i in. 1994, Guziur 1997).

W celu charakterystyki warunków jakości wody w gospodarstwie w ciągu całego sezonu odrostowego ryb od maja do 15 września, na wszystkich stawach produkcyjnych, przy mnichach spustowych pobierano co dwa tygodnie w przekroju dobowym (minimum w godzinach wczesnorannych o wschodzie słońca, maksimum w godzinach popołudniowych o 16-17) próby wody, mierząc jej temperaturę, pH, ilość tlenu oraz poziom azotu i fosforu.

Określając jakość odprowadzanej ze stawów wody i ilość zawartych w niej metabolitów w części zbiorników podanych w tabeli 3 pobierano próby wody podczas

TABELA 3

Powierzchnia stawów objęta doświadczeniem

Kategorie stawów	Nazwa stawu	Powierzchnia (ha)	Procentowy udział	
			w powierzchni	w objętości
Przesadki I	PI/1, PI/3	3,85	72,0	71,4
Przesadki II	8 g, Bolesław	7,75	63,0	62,2
Stawy kroczkowe	Kazimierz	5,10	40,8	39,3
Stawy towarowe	6 g, 3	9,48	25,3	22,5
W stosunku do całego gospodarstwa	-	-	38,8	34,4

odłowy ryb. Badania ściśle przeprowadzono na siedmiu stawach, których obszar wynosił 38,8% całkowitej powierzchni lustra wody gospodarstwa, objętej bilansem wodnym i stanowił 34,4% kubatury wszystkich stawów. Za każdym razem dokładnie określano ilość wody znajdującą się jeszcze w analizowanym zbiorniku. Obserwacje przeprowadzone w okresie wstępnym (2001-2002) wykazały, że podczas spuszczenia wody ze stawów (przy dwukrotnie dokonywanych codziennie pomiarach), aż do ostatniego dnia i momentu samego odłowy, nie występowały istotne rozbieżności w uzyskiwanych wynikach. Duże różnice pojawiały się dopiero przy małej ilości wody znajdującej się już tylko w rowach i samym łowisku (stanowiącej około 0,3% całkowitej pojemności zalanego stawu). Na tej podstawie w latach 2003-2005 w badaniach ścisłych, w okresie spuszczenia wody podczas odłowów ryb, ilość prób w badanych stawach ograniczono do trzech: pierwszą pobierano w dniu rozpoczęcia spuszczenia wody ze stawu, drugą w połowie jego objętości i trzecią tuż przed odłowem. Próby wody podczas samego łowienia ryb pobierano w 3 fazach odłowy: w momencie jego rozpoczęcia, w połowie i w fazie końcowej. Wodę pobierano przed mnichem spustowym każdego ze stawów.

W celu określenia średniego bilansu biogenów i zawiesiny ogólnej, oszacowano za pomocą programu statystycznego SPSS 12 PL korelację Pearsona pomiędzy ilościami wprowadzanymi z wodą z rzeki do stawów a zatrzymanymi w nich podczas sezonu rybackiego. Wysokość istotności różnic statystycznych przy wynikach korelacji określono poprzez oznaczenia: **) wysoce istotne, *) istotne i ~) nieistotne.

Wyniki badań

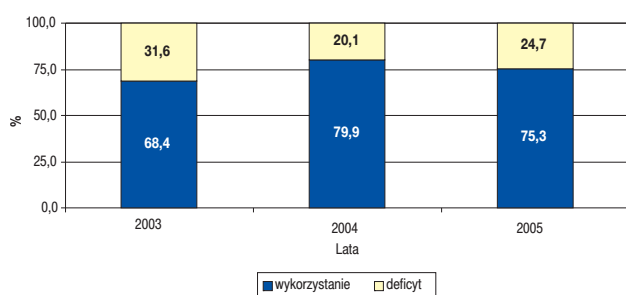
1) Ilość wody pobranej do zalewu stawów i odprowadzonej w sezonie produkcyjnym oraz podczas odłowy ryb

W tabeli 4 przedstawiono całkowitą, optymalną ilość wody, jaka powinna być zużyta do zalewu stawów i do uzupełniania jej braków powstałych na skutek przesiąków i parowania, w ciągu sezonu letniego oraz wielkość faktyczną, jaka została wykorzystana w badanych trzech sezo-

Ilość wody wykorzystana do zalewu stawów

Ilość wody	Optymalne zapotrzebowanie		Faktyczna ilość pobranej wody w sezonie na 1 ha powierzchni stawów								
			2003			2004			2005		
	m ³ ha ⁻¹	%	m ³ ha ⁻¹	%	deficyt	m ³ ha ⁻¹	%	deficyt	m ³ ha ⁻¹	%	deficyt
Zalew	17020	40	13940	48	18,1	15531	47	6,4	16033	49	5,8
Uzupełnienie ubytków	25624	60	15247	52	40,5	18139	53	29,2	16099	51	37,2
Razem	42644	100	29187	100	31,6	34070	100	20,1	32132	100	24,7

nach. Powstałe różnice, wyraźnie widoczne w tabeli 4 były spowodowane pojawieniem się znacznej, długotrwałej suszy. Uzyskane wyniki pokazują, że największe braki wody wynoszące 31,6% wystąpiły w sezonie 2003, w pozostałych zaś latach były nieco niższe i kształtowały się na poziomie 20,1 % w roku 2004 oraz 24,7 % w 2005 (rys. 2).



Rys. 2. Deficyty wody w gospodarstwie RSD SGGW Łąki Jaktorowskie w badanych sezonach.

Z powodu deficytu nie wszystkie stawy miały zapewnioną wystarczającą ilość wody do zalewu, co skutkowało zmniejszeniem ich głębokości i pogorszeniem warunków produkcyjnych. Z analizy wielkości poboru wody, jaką wykorzystano w gospodarstwie do napełnienia stawów wynika, że do samego zalewu ich mis potrzebne było tylko od 47 do 49% całkowitej jej ilości zużytej w całym sezonie, a pozostała część konieczna była do uzupełnienia w ciągu okresu letniego na pokrycie strat spowodowanych parowaniem i przesiąkami. W wyniku wystąpienia suszy rzeczywista retencja wody w omawianym czasie była znacznie niższa od wielkości, jakie by wystąpiły przy osiągnięciu maksymalnego dopuszczalnego piętrzenia stawów

i kształtowała się za trzy sezony na poziomie 31796 m³ ha⁻¹ (tab. 5).

Przeprowadzone pomiary pozwalają stwierdzić, że średnio dla trzech sezonów, przy występującym deficycie, aż 62,5% ilości wody użytej przez cały okres produkcyjny zostało odprowadzone ze stawów poprzez przesiąki i parowanie. Część ta równomiernie wzbogaciła zlewnię rzeki w wodę czystą. Tym samym ładunek zawiesiny i biogenów (związków azotu i fosforu), jaki napłynął z rzeki pozostał w całości w stawach, wpływając korzystnie na jakość wody w samym cieku, szczególnie przy niskich jego stanach w tym okresie. Natomiast tylko około 37,5% wody zostało odprowadzone ze stawów poprzez spuszczenie jej jesienią (od końca września do połowy listopada) do rzeki, podczas odłowów ryb (również przy występujących w tym czasie niedoborach wody). Tylko ta część zawierała większe ilości biogenów i zawiesiny, które zostały wprowadzone bezpośrednio do zlewni.

2) Ilość zawiesiny, azotu i fosforu wprowadzona do stawów z wodą z rzeki

Wielkości ładunków azotu, fosforu i zawiesiny dostających się z wodą na stawy, w poszczególnych sezonach były zróżnicowane, zależały głównie od ilości wody w rzece (przy większych jej deficytach były niższe). Dla bardziej przejrzystego zobrazowania ilości biogenów wprowadzanych wraz z wodą podczas zalewu stawów, w ciągu całego okresu produkcyjnego, przedstawiono ich poziomy w poszczególnych miesiącach, wartości średnie wyrażając w mg dm⁻³ oraz w % (tab. 6).

Ogólna dawka zawiesiny, jaka dostała się do stawów wynosiła średnio rocznie około 989 kg na hektar lustra

TABELA 5

Bilans wodny^{/x} dla RSD Łąki Jaktorowskie

Ilość wody	Sezon 2003		Sezon 2004		Sezon 2005		Średnia za 3 lata	
	m ³ ha ⁻¹	%	m ³ ha ⁻¹	%	m ³ ha ⁻¹	%	m ³ ha ⁻¹	%
Pobrana w całym sezonie	29187	100	34070	100	32132	100	31796	100
Odprowadzona ze stawów poprzez przesiąki i parowanie	18484	63,3	20899	61,3	20213	62,9	19865	62,5
Spuszczona do zlewni rzeki podczas odłowów ryb	10703	36,7	13171	38,7	11919	37,1	11931	37,5

^{/x} – ilość wody, jaką zużyto do zalewu stawów, a odprowadzoną do rzeki w ciągu sezonu produkcyjnego, w przeliczeniu na 1 ha lustra wody

Średnie ilości zawiesiny, azotu amonowego i fosforu wprowadzonych wraz z wodą do stawów

Ilość wody wprowadzana do stawów	miesiąc	Średnia zawartość za lata 2003- 2005					
		zawiesina		azot amonowy		fosfor	
		kg	%	kg	%	kg	%
zalew	III, IV	29786	45	133	36	191	3
uzupełnienie ubytków na przesiąki i parowanie	V	6885	10	32	9	50	9
	VI	8111	12	58	16	57	10
	VII	9928	15	68	19	131	23
	VIII	6251	9	35	10	63	11
	IX	4580	7	22	6	58	10
	X	1282	2	18	5	15	3
razem		66823	100	366	100	565	100
kg ha ⁻¹		989	-	5,4	-	8,4	-

wody. Największa dawka zawiesiny (45%) wpływała podczas początkowego zalewu, czyli nasączenia dna i napełniania misy zbiorników, w marcu i kwietniu. W pozostałych miesiącach jej wielkości były niższe i mieściły się w przedziale od 2 do 15%, w zależności od wezbrań rzeki w danym okresie. Wprowadzona do stawów średnia zawartość azotu amonowego wynosiła 5,4 kg ha⁻¹, a fosforu 8,4 kg ha⁻¹. Zróżnicowanie poziomu obu biogenów było mniejsze w sezonie niż zawiesiny. Podczas zalewu stawów w marcu i kwietniu wpłynęło około 36% całkowitej ilości azotu oraz 34% fosforu. W pozostałych miesiącach ich zawartości w poszczególnych próbach miały duże wahania dochodzące do 20% i zależały od stanu wody w rzece.

3) Ilość zawiesiny, azotu i fosforu odprowadzona do rzeki ze stawów podczas ich odłowów

Uwzględniając podział stawów na poszczególne kategorie, w tabeli 7 przedstawiono wpływ grupy wiekowej ryb na ilości ładunków zawiesiny i biogenów spuszcanych do rzeki podczas odłowów. W badanych latach kształtowały się one odpowiednio na poziomie 822 kg ha⁻¹ dla zawiesiny, 2,8 kg ha⁻¹ dla azotu amonowego i 3,5 kg ha⁻¹ dla fosforu.

Największe różnice jakości wody odprowadzanej z poszczególnych kategorii stawów, dotyczyły zawartości zawiesiny. Najmniejsze jej ilości (384-418 kg ha⁻¹) znajdowały się w wodzie spuszcanej z przesadek I i II, prawdopodobnie ze względu na małą masę jednostkową ryb oraz wysoką kulturę utrzymania dna tych zbiorników (w 100%

osuszalne, po 2-3-krotnej uprawie dna, o dobrym stanie technicznym rowów i łowiska). W stawach kroczkowych i towarowych jej poziom był przeszło dwukrotnie wyższy i wynosił od 940 do 1049 kg ha⁻¹.

Odwrotnie natomiast przedstawiały się wielkości odprowadzanego fosforu. Największe jego ilości, w granicach od 5,5 do 8,5 kg ha⁻¹ znajdowały się w wodzie z przesadek I i II (prawdopodobnie związane to było z nawożeniem organicznym tych stawów narybkowych), w pozostałych dwóch kategoriach stawów było mniejsze i kształtowało się między 1,9 a 2,1 kg ha⁻¹.

W zawartości azotu amonowego w spuszcanej wodzie nie zanotowano istotnych różnic, jego poziom był zbliżony we wszystkich kategoriach stawów i wynosił 2,5-2,7 kg ha⁻¹ w przesadkach I i II oraz 2,8-3,0 kg ha⁻¹ w stawach kroczkowych i towarowych.

Dyskusja

Obszar zlewni Pisi Tuczej znajduje się na terenie, na którym od lat notuje się najmniejsze w Polsce (poniżej 550 mm) opady atmosferyczne (Trojan 1985). To prawdopodobnie było jedną z przyczyn niskiego stanu wody w rzece w latach 2003-2005. W analizowanym gospodarstwie stawowym niedobory wody wynosiły od 20 do aż 31,6% zapotrzebowania rocznie, toteż oszacowana w badaniach wielkość retencji w stawach mimo ich dużej głębokości (średnio około 1,5 m) pozwala porównać je z większością krajowych gospodarstw karpowych posiadających w przeważającej

TABELA 7

Średnie ilości zawiesiny, azotu amonowego i fosforu spuszczone z wodą do rzeki podczas odłowów ryb

Kategoria stawu	Średnia zawartość za lata 2003-2005								
	zawiesina			azot amonowy			fosfor		
	kg	%	kg ha ⁻¹	kg	%	kg h ⁻¹	kg	%	kg ha ⁻¹
przesadki I	1858	4	384	14	8	2,7	28	12	5,5
przesadki II	5093	10	418	30	16	2,5	104	46	8,5
stawy kroczkowe	13116	24	1049	35	19	2,8	26	12	2,1
stawy towarowe	33381	62	940	105	57	3,0	68	30	1,9
dla całego gospodarstwa	53448	100	822	184	100	2,8	226	100	3,5

ilości stawy płytkie. Z przedstawionych analiz wynika, że zbiorniki RSD Łąki Jaktorowskie mają stosunkowo wysoką zdolność do zatrzymywania i magazynowania wody, wynoszącą około 31796 m³ na hektar powierzchni ich lustra rocznie. W obliczu deficytu wody, oprócz produkcji ryb, to właśnie retencja była jedną z naczelnych funkcji gospodarstwa w omawianym okresie. Zgromadzona w stawach woda w 62,5% odprowadzana była do zlewni rzeki w wyniku przesiąków, parowania i nieszczelności urządzeń hydrotechnicznych równomiernie przez cały sezon letni, wpływając korzystnie na podtrzymanie opadających wód gruntowych i mikroklimat otaczającego terenu. Bezpośrednio do cieków podczas odłowów ryb spuszczone było tylko 37,5% pobranych zasobów wodnych.

Opierając się na danych uzyskanych z Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, informujących, że według stanu na 1 stycznia 2011 roku (Lirski i Myszkowski 2011) powierzchnia ewidencyjna stawów karpionych w Polsce wynosiła 72530 ha oraz przyjmując średnią intensywność ich rybackiego użytkowania w wysokości 76%, dość łatwo można obliczyć, że w Polsce szacunkowa powierzchnia lustra wody stawów wynosi około 55000 ha, a możliwości ich retencji kształtują się na poziomie 1,75 mld m³ wody. Ma to niewątpliwie bardzo pozytywny wpływ na poprawę bilansu wodnego wielu cieków (najczęściej bardzo małych) stanowiących podstawowe źródło nawadniania stawów, poprzez inercję przepływu wody w okresie letnim (Mioduszeński 1996).

Temperatura odprowadzanej z gospodarstwa wody nie miała znaczącego wpływu na kształtowanie się warunków termicznych w rzece. Była mocno zróżnicowana i zależała od terminu odłowu ryb. Latem podczas spuszczenia przesadek I wahała się w granicach od 17 do 24,9°C w zależności od sezonu, zaś jesienią podczas odłowu pozostałych kategorii stawowych w przedziale od 4 do 15°C, zbliżając się swym poziomem do temperatury wody w rzece w tym okresie.

Woda odprowadzana ze stawów w pierwszych dwóch etapach jej spuszczenia, charakteryzowała się ogólnie dobrym natlenieniem (od 50 do 200% nasycenia). Dopiero podczas trzeciej fazy w samym dniu odłowu w niektórych próbach, zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie przyjmowała wielkości poniżej 30% nasycenia. Dzięki zastosowaniu niewielkiego, ale ciągłego przepływu wody nie spadała jednak poniżej poziomu krytycznego dla ryb.

Odczyn spuszczonej wody przyjmował wielkości lekko zasadowe i wahał się w granicach od 7,4 do 8,6 pH. Nie stanowił więc zagrożenia dla środowiska wodnego oraz żyjących w nim organizmów (Jara 1992, Wróbel 1992).

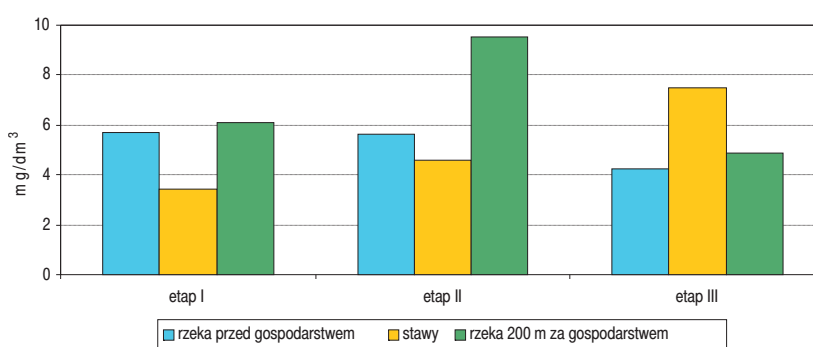
Jedną z najbardziej dyskutowanych kwestii jest zanieczyszczenie naturalnych wód powierzchniowych zawiesiną znajdującą się w opróżnianych stawach. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że jej stężenie w pierwszym i drugim etapie spuszczenia zbiorników było niewielkie i wynosiło od 15 do 160 mg dm⁻³ (średnio około 65 mg dm⁻³). Poziom ten zaczynał wzrastać dopiero w ostatniej fazie odprowadzania wody przyjmując szacunkowe wartości 5491 mg dm⁻³. Podobne zależności stwierdzili też m.in. Kruger i Piotrowska (1974) oraz Kolasa-Jamińska (1999). Należy także zwrócić uwagę na to, że w czasie odłowu ryb ilość wody, która zawierała tę pokąźną dawkę zawiesiny była niewielka (znajdowała się wyłącznie w rowie głównym i łowisku stawu) i stanowiła tylko około 0,3% całkowitej objętości spuszczonej z danego zbiornika. Nie miała więc już znacznego wpływu na ogólny bilans zawiesiny. Badania wyraźnie dowiodły, że większa jej ilość wpłynęła z rzeki do stawów niż została odprowadzona podczas spuszczenia z nich wody, a średnia retencja w ich dnie w latach 2003-2005 wyniosła 167 kg ha⁻¹ (tab. 8). Przeprowadzone analizy wykazały też, że korzystną rolę w zmniejszeniu ilości zawiesiny mogą spełniać długie odprowadzalniki. Na odcinku 1500 m jej stężenie znacznie spadało (w jednej z prób nawet z 2923 do 137 mg dm⁻³), dodatkowo zmniejszając poziom masy organicznej wprowadzanej do zlewni. (Zygmunt 2006).

TABELA 8

Retencja zawiesiny, azotu amonowego i fosforu w stawach

Bilans substancji	Wartości średnie za 2003-2005 (kg ha ⁻¹)		
	zawiesina	azot amonowy	fosfor
Wprowadzona z wodą do stawów	989	5,4	8,4
Spuszczona z wodą podczas odłowu	822	2,8	3,5
Wielkość retencji w dnie stawów	167	2,6	4,9

Potwierdziły to również wyniki wielkości BZT₅ notowane w wodzie rzecznej w trakcie odłowów ryb (rys. 3). Pokazały one, że podczas dwóch pierwszych etapów, wielkość tego wskaźnika w odprowadzanej ze stawów wodzie była niższa niż w rzece, a wartość jego wzrastała do



Rys. 3. Średnie wartości BZT₅ wody spuszczonej podczas poszczególnych etapów odłowu w wszystkich kategoriach stawów w porównaniu z wielkością wskaźnika mierzonego w wodzie rzecznej. Objasnienie: etap I – faza I, etap II – faza II, etap III – faza III.

poziomu 7,5 mg BZT₅ dopiero w dniu łowienia ryb. Dodatkowo w wyniku zachodzących procesów samooczyszczania, z biegiem rzeki, ulegał on zmniejszeniu do 5,0 mg już na odcinku 200 m za ujściem wody ze spuszczanego zbiornika.

Najwyższą ilość azotu amonowego odprowadzanego ze stawów notowano w przesadkach I, w których przez cały czas utrzymywała się ona mniej więcej na stałym pułapie około 0,5 mg dm⁻³. W pozostałych kategoriach stawów podczas dwóch pierwszych etapów spuszczenia wody stężenie NH₄⁺ nie przewyższało 0,3 mg dm⁻³. W ostatniej fazie znacznie wzrastało nawet do 1,5 mg dm⁻³, nie przekraczając jednak dawek szkodliwych dla ryb. Analizując ogólny bilans azotu wykazano, że podczas spuszczenia wody ze stawów średnio odprowadzano go do rzeki w ilościach około 2,8 kg ha⁻¹, a statystyczna retencja w dnie stawów w badanych sezonach wyniosła 2,6 kg ha⁻¹ (tab. 8).

Poziom fosforu w wodzie odprowadzanej ze stawów był bardziej zróżnicowany w poszczególnych ich kategoriach. W przesadkach I jego stężenie było podobne we wszystkich etapach odłowu i wynosiło od 0,8 do 1,0 mg dm⁻³. Najwyższe zawartości notowano w przesadkach II, mieściły się one w przedziale od 1,0 do 1,3 mg dm⁻³ (w ostatniej fazie łowienia ryb). W stawach towarowych i kroczkowych ilości fosforu kształtowały się poniżej 0,5 mg dm⁻³, wzrastając do 0,7 mg dm⁻³ dopiero w trzeciej, końcowej fazie odłowu. Sumując dane z wszystkich kategorii stawów z trzech omawianych sezonów wyliczono, że do rzeki odprowadzono około 3,5 kg fosforu z hektara powierzchni lustra wody, zaś według bilansu ogólnego w dnie zbiorników zakumulowanych zostało około 4,9 kg ha⁻¹ (tab. 8).

Podsumowując uzyskane wyniki obrazujące wpływ stawów karpiowych na retencję i parametry wody odprowadzanej do zlewni rzeki podczas ich użytkowania, można jednoznacznie stwierdzić, że odgrywają one bardzo korzystną rolę, oddziałując zarówno na polepszenie jakości, jak i poprawę ogólnego bilansu wodnego.

Badania wykazały również, że istnieje wyraźna wprost proporcjonalna zależność, przy wysoce istotnej korelacji (0,783**) pomiędzy łączną ilością zawiesiny, azotu i fosforu wprowadzoną w ciągu trzech lat z wodą z rzeki do stawów podczas ich zalewu i użytkowania rybackiego w sezonie letnim a wielkością ich retencji w dnie zbiorników. Podobną relację, ale przy różnicy statystycznie tylko istotnej stwierdzono dla samego fosforu (0,995*), natomiast w przypadku azotu i zawiesiny oszacowany stopień współczynnika korelacji był nieistotny (0,983[~]).

Literatura

- Drabiński A. 1980 – Rola stawów rybnych w gospodarce wodnej zlewni rzeki Baryczy – Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu nr 128. Melioracja. XXIII: 203-218.
- Drabiński A., Sasik J., Szymański J., Wieniawski J. 1994 – Poza produkcyjne wartości stawów rybnych – Zeszyty Nauk. 264. AR. Wrocław: 73-82.
- Drabiński A., Jawecki B., Tokarczyk-Dorociak K. 2010 – Rola stawów rybnych typu karpiowego w gospodarce wodnej zlewni rzek – W: M. Cieśla, J. Śliwiński (red.) Wielofunkcyjność gospodarki stawowej w Polsce. Perspektywy rozwoju. SGGW Warszawa. Wyd. „Wieś Jutra” Warszawa: 36-42.
- Guziur J. 1997 – Chów ryb w małych stawach – Oficyna Wyd. „Hoża”. Warszawa: 5-83.
- Hermanowicz W., Dorożarska W., Dojlido J., Koziarowski B. 1976 – Fizykochemiczne badania wody i ścieków – Arkady, Warszawa.
- Jara Z. 1992 – Wpływ niektórych czynników fizycznych i chemicznych na stan zdrowia i kondycję ryb karpiojących – AR. Wrocław: 148-180.
- Kaca E., Lipiński J. 2008 – Stawy rybne jako obiekty retencyjne w świetle bilansu wodnego – W: J. Barszczewski (red.) Innowacyjne rozwiązania wodno-stawowe w hodowli ryb karpiojących. Wyd. IMUZ Falenty: 80-91.
- Kaczkowski Z., Zalewski M. 2010 – Akwakultura jako element w ekohydrologicznym podejściu do problematyki odnowy stanu ekologicznego dorzecza – W: M. Cieśla, J. Śliwiński (red.) Wielofunkcyjność gospodarki stawowej w Polsce. Perspektywy rozwoju. SGGW. Warszawa. Wyd. „Wieś Jutra”: 43-50.
- Kiedrzyńska E., Wagner I., Zalewski M. 2008a – Quantification of phosphorus retention efficiency by floodplain vegetation and a management strategy for a eutrophic reservoir restoration – Ecol. Eng. No 33 (1): 15-25.
- Kiedrzyńska E., Kiedrzyński M., Zalewski M. 2008b – Characteristics and quantification of flood quality improvement and reduction of reservoir eutrophication – Ecohydr. Hydrobiol., no 8, 2-4: 281-289.
- Kolasa-Jamińska B. 1999 – Wpływ stopnia intensyfikacji chowu ryb w stawach na jakość wody odprowadzanej w czasie odłowów – Praca dokt. wyk. w AR w Szczecinie. Bibl. Prac. Ichtiob. Ryb. SGGW, Warszawa.
- Korycka A. 1973 – Oznaczanie w warunkach polowych ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie – Wyd. IRS Zakł. Upowszechn. Post. 61, Olsztyn: 3-12.
- Kruger A., Piotrowska W. 1974 – Wpływ spuszczenia wody przy odłowieniu karpia na zawartość składników biogennych w dnie stawów – Roczn. Nauk Roln. Ser. H 96(1): 49-61.
- Kuczyński M. 2010 – Akwakultura stawowa jako narzędzie do zrównoważonego rozwoju – W: M. Cieśla, J. Śliwiński (red.) Wielofunkcyjność gospodarki stawowej w Polsce. Perspektywy rozwoju. SGGW. Warszawa. Wyd. „Wieś Jutra” Warszawa: 17-24.
- Lewkiewicz S., Kolasa-Jamińska B., Kuczyński M., Pilarczyk M. 2003 – Seasonal changes in the degree of phosphorus elimination from municipal sewage from Bielsko-Biała municipality used for fish pond fertilization – Acta Sci. Pol. Ser. Piscaricia, 2: 169-182.
- Lirski A., Myszkowski L. 2011 – Polska akwakultura w 2010 roku na podstawie analizy kwestionariuszy RRW-22 – Komun. Ryb. 5. Wyd. IRS, Olsztyn: 5-12.
- Mioduszecki W. 1996 – Mała retencja a ochrona zasobów wodnych – Przegl. Ryb. 3. PTRyb. Poznań: 46-54.
- Nyc K., Kamionka S., Janas E. 1992 – Oddziaływanie stawów na stosunki wodne terenów przyległych – Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 211. Melioracja XI.: 171-185.
- Murat-Błażejewska S. 1997 – Przesiąki w bilansie wodnym stawów rybnych. Roczn. AR w Poznaniu – Rozprawy naukowe 275: 1-89.
- Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2005 – Oddziaływanie stawów rybnych na rozkład i wielkość odpływu ze zlewni – Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ. Pol. Kosz. 22: 867-875.
- Pływaczek L. 1995 – Mała retencja wodna i jej uwarunkowania techniczne – W: L. Tomiałojć (red.) Ekologiczne aspekty melioracji wodnych Wyd. Inst. Ochr. Przyr. PAN, Kraków: 13-25.
- Postek A. 1983 – Skład ichtiofauny rzeki Tucznej zasilającej stawy w Łąkach Jaktorowskich – Praca magisterska. Bibl. Prac. Ich. i Ryb. SGGW, Warszawa.
- Staff F. 1930 – Metoda szacowania rybackiej wydajności terenów stawowych – Przegl. Ryb. 15-16: 533-541.
- Szumiec M.A. 2003 – Multidirectional integrated and sustainable role of carp ponds – In: Conference papers of annual carp producers. Pol. Fish. Soc.: 33-38.
- Szymański J. 1984 – Ogólna informacja o gospodarce stawowej – Mat. Konf. Naukowo-Technicznej „Stan i perspektywy gospodarki stawowej” cz.1, Wrocław: 9-18.
- Trojan P. 1985 – Bioklimatologia ekologiczna – PWN. Warszawa: 91-158.
- Turkowski K., Lirski A. 2011 – Funkcje pozaprodukcyjne stawów rybnych i możliwości ich ekonomicznej wyceny – W: A. Lirski, A. Pyć. (red) Chów karpia w Europie. Stan obecny, trudności perspektywy. Wyd. IRS, Olsztyn: 25-42.
- Wojda R. 1979 – Ilość i jakość wody jako kryterium gęstości obsad stawów karpiowych – Zeszyt. Nauk. SGGW 116 Warszawa: 12-86.

Wojda R., Ciodyk T. 2001 – Punktowa metoda oceny wartości użytkowej nieruchomości stawowych i jej zastosowanie do wyceny w podejściu porównawczym – Rzeczozn. Majątkowy. 4(31): 45-49.
Wojda R. 2008 – Wielowymiarowe funkcje stawów karpowych – Mat. Szkol. Organiz. Przez Związek Producentów Ryb. Sieraków Wielkopolski. 10-12.IX. 2008. Wyd. ZPR. Poznań: 5-15.
Wojda R. 2009 – Karp. Chów i hodowla – Wyd. IRS, Olsztyn.

Wróbel S. 1992 – Kryteria jakości wody dla rybactwa śródlądowego (odczyn wody) – W: Wytyczne do oceny jakości wód przydatnych do chowu i hodowli ryb karpowatych. AR Wrocław: 31-45.
Zygmunt G. 2006 – Wpływ stawów karpowych na bilans wodny zlewni. Praca doktorska – Bibl. Prac. Ictiob. i Ryb. SGGW, Warszawa: 4-114.

Przyjęto do druku 09.05.2012 r.

IMPACT OF CARP FARMS ON THE QUALITY, RETENTION, AND WATER BUDGETS IN DRAINAGE AREAS

ABSTRACT. The article presents the results of investigations on the role of traditional carp farms in water retention and its quality improvement in small river drainage areas. Seven parameters were measured from March to October to calculate the budget between the amount of elements introduced into ponds and then removed at fish harvest: oxygenation, pH, temperature, BOD₅, suspended solids, total phosphorus, and ammonia nitrogen in inflowing and outflowing waters. In the 2003-2005 period, water retention averaged approximately 31796 m³ ha⁻¹. Only 37.5% was removed at fish harvest, while 62.5% was gradually returned to the environment by infiltration and transpiration throughout the production season. Increases in suspended solids and nitrogen and phosphorus levels were noted only in the last water of the season, and this did not usually exceed 0.3% of the entire volume of outflow water. It was confirmed that traditional carp farming plays a very positive role in water quality improvement. On average, 1 ha of carp ponds retained 167 kg of suspended solids, 2.6 kg of nitrogen, and 4.9 kg of phosphorus annually.

Key words: carp ponds, water retention, nitrogen, phosphorus, suspended solids