

## WPŁYW HODOWLI MATERIAŁU ZARYBIENIOWEGO NA JAKOŚĆ WODY POPRODUKCYJNEJ ODPROWADZANEJ DO ŚRODOWISKA

Małgorzata Bonisławska<sup>1</sup>, Arkadiusz Nędzarek<sup>1</sup>, Agnieszka Rybczyk<sup>1</sup>, Beata Żuk<sup>1</sup>,  
Marlena Socha<sup>1</sup>, Adam Tański<sup>1</sup>, Agnieszka Tórz<sup>1</sup>, Sebastian Gronowski<sup>1</sup>, Rafał Pender<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. K. Królewicza 4, 71-550 Szczecin, e-mail: mbonislawaska@zut.edu.pl, anedzarek@zut.edu.pl, arybczyk@zut.edu.pl, bzuk@zut.edu.pl, msocha@zut.edu.pl, atanski@zut.edu.pl, atorz@zut.edu.pl

<sup>2</sup> Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Szczecinie, ul. Mickiewicza 3, 70-383 Szczecin

### STRESZCZENIE

Celem pracy była ocena oddziaływania Ośrodka Hodowli i Zarybienia (OHZ), zajmującego się głównie produkcją i podchowem materiału zarybieniowego, na jakość wody poprodukcyjnej. Oznaczano: tlen rozpuszczony w wodzie, zawartość materii organicznej, zdolność buforową wody, stężenie wybranych form azotu i fosforu: ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ , azot całkowity,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , fosfor całkowity) oraz stężenie jonów chlorkowych. Mierzono także temperaturę wody, przewodność elektrolityczną oraz pH. Wykazano, że woda doprowadzana do OHZ charakteryzowała się dobrą jakością, zapewniającą optymalne warunki wzrostu i bytowania narybku i form młodocianych różnorodnych gatunków ryb (większość oznaczanych wskaźników była w zakresie I klasy czystości). Działalność produkcyjna OHZ powodowała obniżenie jakości odprowadzanej wody poprodukcyjnej w odniesieniu do takich wskaźników jak zawiesina ogólna, materia organiczna oraz fosfor.

**Słowa kluczowe:** hodowla stawowa ryb, wskaźniki jakości wody, azot, fosfor

### THE EFFECT OF STOCKING FISH PRODUCTION ON THE QUALITY OF WATER DISCHARGED FROM THE HATCHERY

#### ABSTRACT

The aim of this study was to assess the effect of a fish hatchery (Stocking-Breeding Centre in Goleniów – OHZ), focused on the production and on-growing of stocking material, on the quality of post-production water. The following parameters were determined: dissolved oxygen, organic matter content, buffering capacity, the concentration of some forms of nitrogen and phosphorus ( $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ , total nitrogen,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ , total phosphorus) and the concentration of chloride ions. The study also included the measurements of water temperature, electrolytic conductivity and pH. It was shown that the water supplied to the hatchery had good quality, providing optimum conditions for growth and living of fry and juvenile forms of various fish species (most indices were within the range of the first water quality class). Production activities at the hatchery caused a reduction in the quality of discharged post-production water with respect to indicators, such as total suspended solids, organic matter and phosphorus.

**Keywords:** fish pond culture, indices of surface water quality, nitrogen, phosphorus

### WSTĘP

Stawy hodowlane oprócz głównej funkcji jaką jest produkcja ryby towarowej mogą pełnić funkcję stawów do podchowu narybku i przetrzymywania tarlaków. Dodatkowo w stawach hodowlanych może być produkowany materiał

zarybieniowy wykorzystany do odnowy liczebności populacji cennych gatunków ryb w środowisku naturalnym. Działalność ta może jednak negatywnie wpływać na jakość wód powierzchniowych zasilanych wodą odpływającą z obiektów hodowlanych. Jakość wody odprowadzanej ze stawów hodowlanych jest zmienna i zależy

m.in. od pory roku, rodzaju i wielkości obsady [Brune i in., 2003; Quant i in., 2009; Sidoruk 2012; Bonisławska i in., 2013; Berleć i in., 2015]. Wody poprodukcyjne z hodowli ryb charakteryzują się znacznym udziałem procentowym związków biogenych głównie: azotu azotanowego(V) ( $N-NO_3^-$ ), azotu amonowego ( $N-NH_4^+$ ), azotu całkowitego i fosforu ogólnego. W wodach tych następuje również wzrost stężenia materii organicznej oraz zawiesin ogólnych [Read i Fernandes, 2003; Quant i in., 2009; Wojda i Zygmunt, 2012; Bonisławska i in., 2013; Teodorowicz 2013]. Źródłem zanieczyszczeń powstających podczas hodowli ryb są głównie produkty przemiany materii ryb, pozostałości po niewykorzystanej paszy, pozostałości po środkach leczniczych i dezynfekujących [Madeyski 2001; Piedrahita 2003; Tucholski i Sidoruk, 2013].

Stawy hodowlane oprócz roli produkcyjnej również pełnią ważną funkcję związaną z retencyjną w zlewni, a także przeciwpowodziową i rekreacyjną [Augustyn 2001; Barszczewski i Kaca, 2012; Wojda i Zygmunt, 2012].

Celem pracy była ocena oddziaływania ośrodka gospodarki rybackiej zajmującego się głównie produkcją i podchowem materiału zarybieniowego na jakość wody poprodukcyjnej.

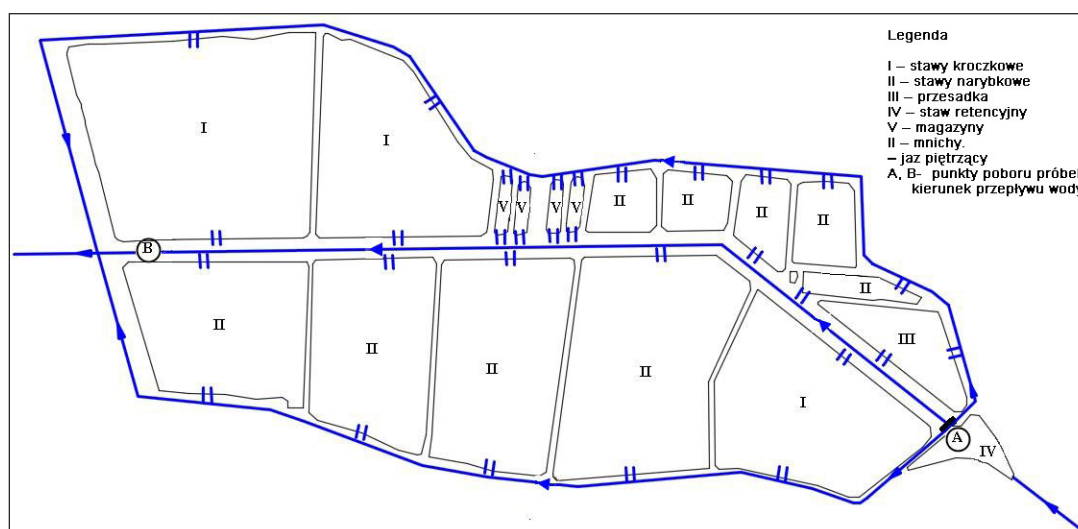
## OBSZAR BADAŃ

Stawy Ośrodka Hodowlano Zarybieniowego (OHZ) zlokalizowane są we wschodniej części miasta Goleniów (woj. zachodniopomorskie 53°33'N, 14°50' E). Obiekty te, w ilości 18 sztuk,

leżą w zlewni Strumyka Goleniowskiego o głębokości rzędu 0,68–1,36 m. Łączna powierzchnia stawów wynosi 16,34 ha, a głębokość mieści się w granicach 0,6–1,4 m [Baliński 2012]. Stawy zasilane są wodą Strumyka Goleniowskiego poprzez ich spiętrzenie za pomocą jednoprzęsłowego jazu. Do poszczególnych stawów woda dopływa poprzez mnichy z rowów okalających obiekt (rys. 1).

W OHZ hodowane są następujące gatunki ryb: szczupak *Esox lucius* (L.), sandacz *Stizostedion lucioperca* (L.), sum *Silurus glanis* (L.), jaź *Leuciscus idus* (L.), cętra *Vimba vimba* (L.), boleń *Aspius aspius* (L.), sieja *Coregonus lavaretus* (L.), lin *Tinca tinca* (L.), karaś pospolity *Carrasius carrasius* (L.), karp *Cyprinus carpio* (L.). Dla poszczególnych gatunków produkowany jest materiał zarybieniowy w postaci narybku (letniego, wiosennego 1+, jesiennego) i krocza, hodowane są również selekty, tarlaki i handłówka [Baliński 2012].

Zgodnie z Operatem wodnoprawnym [Baliński 2012] napełnianie i opróżnianie stawów z wody prowadzone jest w różnych okresach. Od stycznia do maja zalewane są największe stawy, a do zbiorników wprowadzane są tarlaki oraz wylęg i narybek. Od maja do lipca napełniane są stawy do hodowli narybku letniego, od października do grudnia napełniane są stawy przeznaczone do zimowania ryb. Od października do kwietnia spuszcza woda ze stawów po zimowaniu ryb. W okresie maj – lipiec spuszcza woda podczas odłowu narybku letniego, a od września do października spuszcza woda podczas odłowu narybku jesiennego.



Rys. 1. Schemat układu stawów OHZ w Goleniowie  
Fig. 1. Diagram showing the stocking ponds at the hatchery (OHZ) in Goleniów

## MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Badania hydrochemiczne prowadzono od września 2013 roku do sierpnia 2014 roku z częstotliwością raz w miesiącu. Stanowiska poboru próbek wody zlokalizowane były na stawie retencyjnym (stanowisko A) oraz na końcowym odcinku rowu okalającego (stanowisko B) (rys. 1). Bezpośrednio podczas poboru próbek wody, mierzono temperaturę i odczyn wody (pehametr z termometrem firmy Elmetron CP-103 Polska) oraz przewodność elektrolityczną (konduktometr firmy Elmetron CC-101 Polska).

Wskaźniki jakości wody oznaczano zgodnie z zaleceniami Standard Methods [APHA 1999]. Zawiesinę ogólną oznaczano metodą wagową. Tlen rozpuszczony w wodzie oraz biochemiczne zapotrzebowanie na tlen ( $BZT_5$ ) oznaczano metodą Winklera ( $BZT_5$  po pięciodobowej inkubacji próbek). Chemiczne zapotrzebowanie na tlen ( $ChZT_{Cr}$ ) oznaczano metodą dwuchromianową. Zasadowość ogólną oznaczano metodą miareczkową za pomocą 0,1N HCl wobec metyloranżu. Twardość ogólną oznaczano kompleksometrycznie 0,025N EDTA wobec czerni eriochromowej. Jony chlorkowe oznaczano argentometryczną metodą Mohra. Pozostałe wskaźniki oznaczano metodami kolorymetrycznymi z zastosowaniem spektrofotometru UV-VIS Spectroquant Pharo 300 firmy Merck (Germany), mierząc absorbancję przy zalecanych długościach fal ( $\lambda$ ). Azot

amonowy ( $N-NH_4^+$ ) oznaczano metodą indofenolową ( $\lambda=640$  nm). Azot azotanowy(III) ( $N-NO_2^-$ ) oznaczano z sulfanilamidem ( $\lambda=543$  nm). Azot azotanowy(V) ( $N-NO_3^-$ ) oznaczano jak azot azotanowy(III) po redukcji azotu azotanowego(V) na kolumnie Cu/Cd. Azot całkowity oznaczano jak azot azotanowy(V) po wcześniejszej mineralizacji nadsiarczaniem potasu. Fosfor reagujący ( $P-PO_4^{3-}$ ) oznaczano metodą z molibdeniamentu i kwasem askorbinowym ( $\lambda=882$  nm). Fosfor całkowity oznaczano jak fosfor reagujący po wcześniejszej mineralizacji nadsiarczaniem potasu.

Wyniki badań opracowano statystycznie przy zastosowaniu programu Statistica 9.0 PL software (StatSoft Poland) z zastosowaniem: jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA,  $p<0,01$ ) oraz testu Duncana ( $p<0,05$ ) w celu porównania średnich wartości badanych wskaźników jakości wód na stanowisku A i B.

Dla oceny oddziaływania prowadzonej hodowli ryb w stawach na jakość wód powierzchniowych stosowano wymogi zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [Rozporządzenie, 2014]. Natomiast ocenę jakości wody wykonano zgodnie z wymogami zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 listo-

**Tabela 1.** Wymogi zawarte w Rozporządzeniu MŚ (2011)

**Table 1.** Requirements of Decrees of Ministry of Environment (2011)

Wskaźniki		Rozp. MŚ z dn. 09.11.2011r.	
		Klasa I	Klasa II
Temperatura	°C	≤22	≤24
pH		6–8,5	6–9
Tlen rozpuszczony	$mgO_2 \cdot dm^{-3}$	≥7	≥5
$BZT_5$		≤3	≤6
$ChZT_{Cr}$		≤25	≤30
Przewodność	$\mu S \cdot cm^{-1}$	≤1000	≤1500
Azotany (V) $N-NO_3^-$	$mg N \cdot dm^{-3}$	≤2,2	≤5
Azot amonowy $N-NH_4^+$		≤0,78	≤1,56
Azot całkowity		≤5	≤10
Fosfor całkowity	$mg P \cdot dm^{-3}$	≤0,2	≤0,4
Fosforany $P-PO_4^{3-}$		≤0,2	≤0,31
Zawiesina ogólna	$mg \cdot dm^{-3}$	≤25	≤50
Zasadowość ogólna	$mgCaCO_3 \cdot dm^{-3}$	≤150	≤250
Twardość ogólna	$mgCaCO_3 \cdot dm^{-3}$	≤300	≤500
Chlorki	$mgCl \cdot dm^{-3}$	≤200	≤300

pada 2011 roku w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Rozporządzenie, 2011].

## WYNIKI I DYSKUSJA

Temperatura wody na obu stanowiskach była zbliżona (średnia dla stanowisk badawczych A i B odpowiednio: 11,6 i 11,7°C), a zmienność sezonowa była charakterystyczna dla klimatu umiarkowanego. Maksymalne temperatury, odnotowane latem (ok. 21–22°C), pozwalają te wody zaliczyć do I klasy czystości. Odczyn wody był zbliżony

w wodzie obu stanowisk badawczych, (różnice nieistotne statystycznie przy  $p > 0,05$ ), i zawierał się w przedziale 6,8–8,3 (tab. 2) co klasyfikuje te wody do I klasy czystości [Rozporządzenie, 2011]. Odnotowany wzrost pH w sezonie letnim jest charakterystyczny dla wód powierzchniowych na skutek intensyfikacji produkcji pierwotnej, jak to np. w wodach jeziora Dąbie wykazali Nędzarek i in. [2007].

Warunki tlenowe wody w stawach (średnia zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie dla stanowisk A i B wynosiła odpowiednio 9,6 i 9,7  $\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ) spełniały wymogi I klasy czystości [Rozporządzenie... 2011] i należy je uznać za optymalne dla wzrostu i podchowu narybku ga-

**Tabela 2.** Temperatura, pH, stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie, zawartość materii organicznej ( $\text{BZT}_5$  i  $\text{ChZT}_{\text{Cr}}$ ) i zawiesiny ogólnej w okresie prowadzonych badań (stanowisko A – woda doprowadzana do OHZ, stanowisko B – woda poprodukcyjna)

**Tabela 2.** Water temperature, pH, dissolved oxygen, and organic matter determined by the biochemical and chemical oxygen demand ( $\text{BOD}_5$  and  $\text{CODCr}$ ) and total suspended solids during the period of the study (site A - water supplied to OHZ, site B – post-production water)

Data	Temperatura	pH	Zawiesina ogólna	Tlen rozpuszczony	$\text{BZT}_5$	$\text{ChZT}_{\text{Cr}}$
	°C		$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$		
Stanowisko A						
09.2013	12.9	7,3	24	10,6	4,3	10,2
10.2013	10.9	7,2	22	7,2	4,4	10,3
11.2013	9.5	7,1	48	11,0	2,7	21,7
12.2013	7.1	7,0	28	11,8	3,5	30,0
01.2014	5.3	7,5	22	10,6	1,5	32,0
02.2014	4.5	7,6	56	10,8	2,1	34,9
03.2014	6.0	7,6	20	11,1	3,4	25,0
04.2014	8.2	8,1	12	9,7	2,1	31,6
05.2014	13.5	7,9	34	7,8	3,3	34,1
06.2014	18.1	8,3	32	8,7	4,3	15,0
07.2014	21.1	8,2	36	8,0	4,5	13,5
08.2014	22.1	6,8	22	8,2	8,1	73,2
<b>Średnia</b>	<b>11.6a</b>	<b>7,6b</b>	<b>30c</b>	<b>9,6d</b>	<b>3,7e</b>	<b>27,6f</b>
Stanowisko B						
09.2013	12.9	7,2	40	9,7	6,1	22,0
10.2013	11.5	7,1	76	5,4	5,1	14,1
11.2013	9.4	7,1	56	11,2	3,7	39,8
12.2013	7.2	7,1	72	12,1	4,5	30,0
01.2014	6.3	7,6	20	12,1	2,7	35,0
02.2014	4.0	7,5	58	10,7	1,8	35,8
03.2014	6.3	7,6	8	10,1	1,8	45,0
04.2014	8.5	8,0	10	10,2	2,0	47,5
05.2014	13.0	7,8	58	8,8	1,2	26,1
06.2014	17.6	8,3	34	10,1	2,5	16,0
07.2014	20.8	8,0	38	7,7	3,3	11,8
08.2014	22.3	7,0	76	8,6	8,5	68,7
<b>Średnia</b>	<b>11.7a</b>	<b>7,5b</b>	<b>46c</b>	<b>9,7d</b>	<b>3,6e</b>	<b>32,7f</b>

\* Analiza wariancji ANOVA  $p < 0.01$ ; dla poszczególnych prób, średnie w wierszach oznaczone takimi samymi indeksami (małe litery) nie różnią się statystycznie istotnie przy  $p > 0.05$  (test post-hoc Duncana).

tunków ryb o wysokich wymaganiach środowiskowych [Müller i Stadelmann, 2004].

Stężenie zawiesiny ogólnej było wyższe w wodzie stanowiska B niż stanowiska A (wartości średnie odpowiednio 46 i 30 mg·dm<sup>-3</sup>), a odnotowane wartości maksymalne tego parametru przekraczały zakres II klasy czystości (tab. 2) [Rozporządzenie...2011]. Zawartość materii organicznej należy uznać za podwyższoną. Na stanowiskach A i B wartości średnie BZT<sub>5</sub> wynosiły odpowiednio: 3,7 i 3,6 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, a wartości średnie ChZT<sub>Cr</sub> wynosiły odpowiednio: 27,6 i 32,7 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> (tab. 2). Takie stężenia pozwalają zaklasyfikować badane wody do II klasy czystości (tab. 1). Jednak maksymalne wartości tych wskaźników (np. stężenie ChZT<sub>Cr</sub> w sierpniu na stanowiskach A i B wynosiło odpowiednio: 73,2 i 68,7 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>) przekraczały normatywy tej klasy czystości [Rozporządzenie...2011]. Wzrost stężenia zarówno zawiesiny ogólnej jak i materii organicznej może być efektem prowadzonej działalności gospodarczej, bowiem pozostałości pokarmu i odchody ryb podnoszą ich stężenie w obiektach hodowlanych [Quant i in., 2009; Bonisławska i in., 2013; Nootong i in., 2012]. Z grupy tych wskaźników jedynie wyliczone średnie stężenie zawiesiny ogólnej przekraczało (o 10 mg·dm<sup>-3</sup>), najwyższą dopuszczalną wartość normowaną Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18.11.2014 r. (tab. 3). Dla BZT<sub>5</sub> nie wykazano przyrostu, natomiast dla ChZT<sub>Cr</sub> przyrost nie przekraczał 7 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> [Rozporządzenie...2014] (tab. 3).

Stężenia nieorganicznych form azotu i fosforu w wodach obu stanowisk były niskie i pozwalają zaklasyfikować wodę do I klasy czystości. Także stężenie azotu całkowitego było w zakresie I klasy czystości, a jego średnie stężenie w wodzie odpływającej ze stawów było niższe niż w wodzie dopływającej (tab. 4). W przypadku fosforu

całkowitego wartości średnie pozwalają zaklasyfikować wodę badanych stanowisk do II klasy czystości [Rozporządzenie...2011]. Odnotowano jednak stężenia tego wskaźnika przekraczające normatywy (np. w próbkach pobranych na stanowisku B w październiku 2013 roku i lipcu 2014 roku stężenia fosforu całkowitego wynosiły odpowiednio 0,509 i 0,554 mg P·dm<sup>-3</sup>) (tab. 4). Wyznaczony średni przyrost fosforu całkowitego w wodzie odpływającej ze stawów nie przekraczał wymogu normowanego Rozporządzeniem MŚ z dnia 18.11.2014 r. (tab. 3).

Odnotowane niskie koncentracje nieorganicznych form azotu wskazują, że w wodzie badanego systemu hodowlanego zachodzą procesy nityfikacji obniżające stężenie azotu całkowitego i łatwo rozkładalnej materii organicznej oraz utrzymujące stężenie szczególnie toksycznej dla ryb amonowej formy azotu nieorganicznego na poziomie niezagrażającym życiu hodowlanych ryb [Arrendondo-Figueroa i in., 2007; Nootong i in., 2012].

Prawidłowy rozwój ryb warunkowany jest zawartością soli mineralnych rozpuszczonych w wodzie [Zimmerman 2003]. W naszych badaniach zawartość soli mineralnych oceniono za pomocą przewodnictwa elektrolitycznego, którego wartości oscylowały w zakresie 379–803 μS·cm<sup>-1</sup>. Wartości te były wyższe w wodzie odpływającej z obiektu hodowlanego niż w wodzie dopływającej (wartości średnie odpowiednio 571 i 562 μS·cm<sup>-1</sup>) (tab. 5), jednakże zgodnie z wymogami Rozporządzenia MŚ z dnia 09.11.2011 r. badana woda należała do I klasy czystości. Wodę w stawach OHZ należy zaliczyć do wód o przeciętnym zasoleniu, typowym dla wód Niżu Europejskiego, jak to np. wykazali Pyka i in. [2007] na przykładzie jezior północnej Polski. Potwierdza to także wykazana niska koncentracja jonów chlorokowych (średnie stężenie ok. 33 mg·dm<sup>-3</sup>, I klasa

**Tabela 3.** Najwyższy dopuszczalny wzrost zawartości substancji w badanej wodzie oraz wymogi według Rozporządzenia MŚ z dn. 18.11.2014 r. (Zał. 11)

**Table 3.** The maximum permissible increases in the levels of substances in the tested water and the requirements of Decrees of Ministry of Environment dated 18.11. 2014 (App.11)

Wskaźnik		Średnie wartości dla stanowisk badawczych		Przyrost substancji (Δ) (B–A)	Wymogi Rozp. MŚ ... 2014r. Przyrost (Δ)
		A	B		
BZT <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	3,7	3,6	-	3,0
ChZT <sub>Cr</sub>	mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	27,0	32,7	5,7	7,0
Zawiesina ogólna	mg·dm <sup>-3</sup>	30,0	46,0	<b>16,0</b>	<b>6,0</b>
Azot całkowity	mg N·dm <sup>-3</sup>	0,935	0,912	-	1,0
Fosfor całkowity	mgP·dm <sup>-3</sup>	0,244	0,289	0,045	0,1

**Tabela 4.** Stężenie oznaczanych form azotu i fosforu w wodzie doprowadzanej do OHZ (stanowisko A) i w wodzie poprodukcyjnej (stanowisko B) w okresie prowadzonych badań**Table 4.** Concentrations of the determined forms of nitrogen and phosphorus in the water supplied to OHZ (site A) and in the post-production water (site B) during the study period

Data	Azot amonowy (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	Azotany(III) (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Azotany(V) (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Azot całkowity	Fosforany	Fosfor całkowity
	mg N·dm <sup>-3</sup>				mg P·dm <sup>-3</sup>	
Stanowisko A						
09.2013	0,040	0,037	0,087	0,953	0,060	0,354
10.2013	0,017	0,031	0,081	1,297	0,069	0,249
11.2013	0,181	0,012	0,049	0,834	0,039	0,243
12.2013	0,059	0,024	0,057	1,156	0,047	0,261
01.2014	0,028	0,054	0,118	1,297	0,064	0,118
02.2014	0,149	0,021	0,062	0,729	0,065	0,283
03.2014	0,018	0,023	0,061	1,596	0,060	0,172
04.2014	0,054	0,019	0,033	0,912	0,016	0,129
05.2014	0,158	0,037	0,062	0,532	0,058	0,244
06.2014	0,032	0,033	0,023	0,380	0,040	0,200
07.2014	0,024	0,030	0,033	0,315	0,026	0,270
08.2014	0,062	0,043	0,013	1,224	0,047	0,402
<b>Średnia</b>	<b>0,069a</b>	<b>0,030b</b>	<b>0,057c</b>	<b>0,935d</b>	<b>0,049e</b>	<b>0,244f</b>
Stanowisko B						
09.2013	0,106	0,039	0,070	1,142	0,162	0,509
10.2013	0,051	0,046	0,072	0,960	0,114	0,327
11.2013	0,311	0,020	0,025	0,550	0,055	0,249
12.2013	0,066	0,025	0,050	1,126	0,057	0,298
01.2014	0,030	0,054	0,094	0,960	0,114	0,153
02.2014	0,162	0,024	0,064	1,021	0,082	0,336
03.2014	0,023	0,022	0,063	1,647	0,058	0,141
04.2014	0,069	0,017	0,030	0,742	0,012	0,121
05.2014	0,100	0,041	0,058	0,338	0,057	0,213
06.2014	0,029	0,035	0,035	0,364	0,050	0,230
07.2014	0,019	0,029	0,030	0,231	0,021	0,554
08.2014	0,060	0,040	0,019	1,867	0,048	0,341
<b>Średnia</b>	<b>0,086a</b>	<b>0,033b</b>	<b>0,051c</b>	<b>0,912d</b>	<b>0,069e</b>	<b>0,289f</b>

\* Analiza wariancji ANOVA  $p < 0.01$ ; dla poszczególnych prób, średnie w wierszach oznaczone takimi samymi indeksami (małe litery) nie różnią się statystycznie istotnie przy  $p > 0.05$  (test post-hoc Duncana)

czystości) [Rozporządzenie... 2011]. Natomiast odnotowana zasadowość ogólna oraz twardość ogólna (średnie wartości odpowiednio ok. 190 i 260 mgCaCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>·dm<sup>-3</sup>) pozwalają wnioskować, że badany obiekt hodowlany ma wodę dobrze zbuforowaną, odporną na zakwaszenie [Dickson 1983]. Średnia wartość zasadowości ogólnej mieściła się w zakresie II klasy czystości a twardości ogólnej w zakresie I klasy czystości [Rozporządzenie... 2011].

## WNIOSKI

1. Woda zasilająca stawy Ośrodka Hodowlano Zarybieniowego w Goleniowie charaktery-

zowała się dobrą jakością – większość oznaczanych wskaźników mieściła się w zakresie I klasy czystości. Warunki tlenowe, temperaturę wody, odczyn wody, koncentracje nieorganicznych form azotu (zwłaszcza azotu amonowego) oraz zdolność buforową wody należy uznać za optymalne dla produkcji materiału zarybieniowego, który charakteryzuje się większą wrażliwością na zanieczyszczenia środowiskowe niż osobniki dorosłe.

2. Wskaźnikami obniżającymi jakość wody w stawach były: zawiesina ogólna, materia organiczna, fosfor całkowity oraz zasadowość ogólna. W 50% badanych próbek wody odpływającej z ośrodka stężenie zawiesiny ogólnej i ChZT<sub>Cr</sub> przekroczyły normatywy

**Tabela 5.** Wskaźniki charakteryzujące zasolenie wody (przewodnictwo elektrolityczne, jony chlorkowe) oraz charakteryzujące zdolność buforową wody (zasadowość ogólna i twardość ogólna wody) oznaczone w wodzie doprowadzanej do OHZ (stanowisko A) i w wodzie poprodukcyjnej (stanowisko B) w okresie prowadzonych badań

**Table 5.** Indicators of water salinity (electrolytic conductivity, chloride ions) and buffering capacity (total alkalinity and total hardness) determined in the water supplied to OHZ (site A) and in the post-production water (site B) during the study period

Data	Przewodnictwo elektrolityczne	Zasadowość ogólna	Twardość ogólna	Chlorki
	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg CaCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$		$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$
Stanowisko A				
09.2013	461	199,5	270,0	42,6
10.2013	511	192,5	230,0	28,4
11.2013	787	194,5	282,5	28,4
12.2013	678	190,0	267,5	28,4
01.2014	751	195,5	280,0	28,4
02.2014	575	210,5	275,0	42,6
03.2014	576	178,5	275,0	39,0
04.2014	403	142,5	190,0	28,4
05.2014	440	197,0	255,0	31,9
06.2014	576	206,0	265,0	32,0
07.2014	425	190,5	255,0	32,0
08.2014	563	223,0	272,5	35,5
<b>Średnia</b>	<b>562a</b>	<b>193,3a</b>	<b>259,8a</b>	<b>33,1a</b>
Stanowisko B				
09.2013	480	200,0	277,5	39,0
10.2013	566	173,0	265,0	39,1
11.2013	796	198,5	270,0	24,9
12.2013	687	183,5	262,5	39,1
01.2014	803	189,0	285,0	28,4
02.2014	567	214,5	280,0	28,4
03.2014	567	185,0	272,5	35,5
04.2014	379	142,0	197,5	32,0
05.2014	418	189,0	255,0	35,5
06.2014	568	198,5	275,0	28,4
07.2014	556	188,5	270,0	35,5
08.2014	463	217,5	247,5	32,0
<b>Średnia</b>	<b>571a</b>	<b>190,0a</b>	<b>263,1a</b>	<b>33,2a</b>

\* Analiza wariancji ANOVA  $p < 0.01$ ; dla poszczególnych prób, średnie w wierszach oznaczone takimi samymi indeksami (małe litery) nie różnią się statystycznie istotnie przy  $p > 0.05$  (test post-hoc Duncana)

dla II klasy czystości. Podwyższone stężenia tych wskaźników notowane były już w wodzie dopływającej do ośrodka, a działalność produkcyjna OHZ dodatkowo podwyższyła ich koncentracje.

- Zgodnie z Rozporządzeniem z dnia 18.11.2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego wykazano, że najwyższy dopuszczalny wzrost zawartości substancji w wodach wykorzystanych na potrzeby chowu lub hodowli ryb łososiowatych lub ryb innych niż łososiowate, przekroczony był dla zawiesiny ogólnej.

## LITERATURA

- APHA, 1999. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Am. Publ. Health Assoc., Washington.
- Arredondo-Figueroa J.L., Ingle de la Mora G., Guerrero-Legarreta I., Ponce-Palafox J.T., Barriga-Sosa A. 2007. Ammonia and nitrite removal rates in a closed recirculating-water system, under three load rates of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Revista Mexicana de Ingeniería Química 6(3), 301–308.
- Augustyn D. 2001. Hydrological importance of carp ponds in the upper Vistula river catchment basin. Ecohydrology & Hydrobiology, 3, 401–411.

4. Baliński P. 2012. Operat wodnoprawny. Umowa nr. 04/2012 z dnia 15.10.2012 r. str. 49.
5. Barszczewski J., Kaca E., 2012. Water retention in ponds and the improvement of its quality during carp production. *Journal of Water and Land Development*, No. 17 (VII–XII), 31–38.
6. Berleć K., Budzińska K., Pasela R., Stachowski P. 2015. Hodowla stawowa karpia i jej wpływ na stan mikologiczny wód powierzchniowych. *Inżynieria Ekologiczna*, 45, 135–139.
7. Bonisławska M., Tański A., Mokrzycka M., Brysiewicz A., Nędzarek A., Tórz A. 2013. The effect of effluents from rainbow trout ponds on water quality in the Gowienica River. *Journal of Water and Land Development*, No. 19 (VII–XII), 3–11.
8. Brune D.E., Schwartz G., Eversole A.G., Collier J.A., Schwedler T.E. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquac. Eng.*, 28, 65–86.
9. Dickson W. 1983. Water acidification – effects and countermeasures. Summary document. *Ecol. Effect of Acid Depos.*, Nat. Swedish Envir. Prot. Board – Report PM, 267–273.
10. Madeyski M. 2001. Wpływ stawów rybnych na wybrane elementy środowiska przyrodniczego. *Zesz. Nauk AR Kraków, Inżynieria Środowiska*, 382(21), 139–144.
11. Müller R., Stadelmann P. 2004. Fish habitat requirements as the basis for rehabilitation of eutrophic lakes by oxygenation. *Fisheries Management and Ecology*, 11, 251–260.
12. Nędzarek A., Kubiak J., Tórz A. 2007. Organic pollution of lake Dąbie waters in 1997–2000. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Topic Fisheries*, Vol. 10, Iss. 3, <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue3/art-08.html>
13. Nootong K., Nurit S., Powtongsook S. 2012. Control of inorganic nitrogen and suspended solids concentrations in a land-based recirculating aquaculture system. *Engineering Journal*, 17, 1, 49–59.
14. Piedrahita R.H. 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226, 35–44.
15. Pyka J.P., Zdanowski B., Stawecki K., Prusik S. 2007. Trends in environmental changes in the selected lakes of the Mazury and Suwałki Lakelands. *Limnological Review*, 7, 2, 101–109.
16. Read P., Fernandes T. 2003. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture*, 226, 139–163.
17. Quant B., Haustein E., Remiszewska-Skwarek A. 2009. Ocena potencjalnego wpływu hodowli ryb łososiowatych na jakość wód powierzchniowych. *Gospodarka Wodna*, 5, (69), 202–205.
18. Teodorowicz M. 2013. Surface water quality and intensive fish culture. *Archives of Polish Fisheries*, 21, 65–111.
19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. 2011 nr 257 poz. 1545).
20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2014, poz. 1800).
21. Sidoruk M. 2012. Wpływ chowu pstrąga w stawach ziemnych na właściwości fizyczne i chemiczne wód powierzchniowych. *Inżynieria Ekologiczna*, 31, 101–110.
22. Tucholski S, Sidoruk M. 2013. The effect of feeding fish ponds with biologically treated wastewater on pond water quality. *Ecological Chemistry and Engineering A*, 20(3), 391–399. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(03)038.
23. Wojda R., Zygmunt G. 2012. Wpływ stawów karpowych na jakość, retencję i bilans wodny zlewni. *Komunikaty Rybackie*, 3(128), 1–8.
24. Zimmerman Ch.E. 2003. Biology and ecology of fishes. *Reviews in Fish Biology & Fisheries*, 13(4), ss. 458.