INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 6/2009, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 121–130
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Agnieszka Cupak, Stanisław Krzanowski

ZAWARTOŚĆ TLENU ROZPUSZCZONEGO W WODZIE STAWÓW RYBNYCH ZASILANYCH BIOLOGICZNIE OCZYSZCZONYMI ŚCIEKAMI KOMUNALNYMI

CONTENTS OF OXYGEN DEMAND IN WATER OF FISH PONDS FERTILIZED WITH BIOLOGICALLY TREATED MUNICIPAL SEWAGE

Streszczenie

Artykuł zawiera wyniki badań nad zawartością tlenu rozpuszczonego w wodzie stawów rybnych zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami komunalnymi. Dodatkowo, podczas poboru próbek wody ze stawów badano także jej odczyn pH i temperaturę. Badania prowadzono w sezonie wegetacyjnym 2006 roku.

Obiektem badań były stawy rybne kompleksu Komorowice, zlokalizowane w północnej części miasta Bielsko-Biała. Wybrane stawy: Zielony i Kamienny charakteryzują się indywidualnym doprowadzeniem i odprowadzeniem wody.

Wybrane stawy charakteryzowały się różnymi parametrami technicznymi. Staw Zielony jest stawem płytkim – średnia głębokość wynosi około 1 m, a powierzchnia jest równa 4,2 ha, co daje pojemność wodną stawu równą 42 000 m^3. Staw Kamienny jest stawem o mniejszej powierzchni – 3,3 ha, ale jest prawie dwukrotnie głębszy od Zielonego; średnia głębokość wynosi około 1,7 m, co daje również większą pojemność stawu: 59 200 m^3.

W pracy określono zmiany zawartości tlenu rozpuszczonego, temperaturę oraz odczynu pH wody stawowej. Dodatkowo określono podstawowe charakterystyki statystyczne analizowanych wskaźników, tj.: wartość średnią, minimalną, maksymalną, odchylenie standardowe i rozstęp.

Przeprowadzone analizy wody w stawach Zielony i Kamienny wykazały, że w sezonie wegetacyjnym 2006 wartości tlenu rozpuszczonego w stawie Zielony zawierała się w przedziale 2,0–7,4 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$, natomiast w stawie Kamienny 2,2–11,47 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Zaobserwowano, że mniejsze stężenia tlenu rozpuszczonego występowały w okresach, gdy miał miejsce intensywny rozwój rzęsy wodnej. Z kolei, mniejszej ilości rzęsy towarzyszył wzrost zawartości tlenu rozpuszczonego.

W obu stawach od końca lipca obserwowano zachwianie warunków tlenowych. W tym czasie obserwowano także zwiększoną śmiertelność ryb związaną z rozwijającą się na obszarze kotliny oświęcimskiej chorobą karpia (Koi Herpes Virus).

Odczyn wody pH w obu badanych stawach był zbliżony. Do połowy sezonu obserwowano nieco wyższe wartości pH w stawie Zielony, natomiast pod koniec sezonu była sytuacja odwrotna: wyższe pH obserwowano w stawie Kamienny w stosunku do stawu Zielony.

Również warunki termiczne w obu stawach przebiegały bardzo podobnie w trakcie całego sezonu badawczego. Od początku czerwca do końca sierpnia temperatura wody w badanych stawach przekraczała 20ºC i była związana z ob serwowanymi wysokimi temperaturami powietrza w tym okresie.

Słowa kluczowe: biologicznie oczyszczone ścieki, staw rybny, tlen rozpuszczony

Summary

The article contains results of an investigation on contents of oxygen demand in fish ponds water fertilized with biologically treated municipal sewage. Additionally, during collection of water samples there were also analyzed water reaction and pond's water temperature. Researches were carry on in vegetative season in 2006.

The object of research was fish pods of Komorowice complex, which are located in North part of Bielsko-Biała. The chosen ponds: Green and Stone are characterized with individual inflow and outflow of water.

The chose ponds are characterized with different technical parameters. Green pond is shallow one – its average depth is about 1 m, with area of 4,2 ha, which give water capacity of pond 42 000 m^3. In turn Stone pond have smaller area – 3,3 ha, but is almost two times deeper then Green; its average depth is about 1,7 m which also give greater water capacity of pond: 59 200 m^3.

In paper were qualified changes of oxygen demand, temperature and water reaction in pond's water.

Additionally, were qualified basic statistical parameters of analyzed indicators: an average, minimum, maximum value, standard deviation and interval.

Analyses made in ponds showed, that in 2006 vegetative season contents of oxygen demand in Green pond included itself between 2,0–7,4 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$, instead in Kamienny pond between 2,2–11,47 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Lower contents of oxygen demand in periods with intensive growth of duck weed were observed. In turn, in periods with lower amount of duck weed increase of content of oxygen demand were observed. In both ponds, from the end of July seasonal variations were observed. In this period mortality of fish increase were also observed what was connected with developing of illness of carp (Koi Herpes Virus) on the oświęcim valley.

Water reaction was nearing in both ponds. Into the half of the season a little bit higher value of reaction in Green pond were observed. Instead in the end of the season there were convert situation: higher values were in Stone pond.

Also thermal conditions in both ponds were similar in whole analyzed season. From the beginning of June to the end of August water temperatures in analyzed ponds crossed 20ºC and were connected with high temperature of air observed in this period.

Key words: *biologically treated sewage, fish pond, oxygen demand*

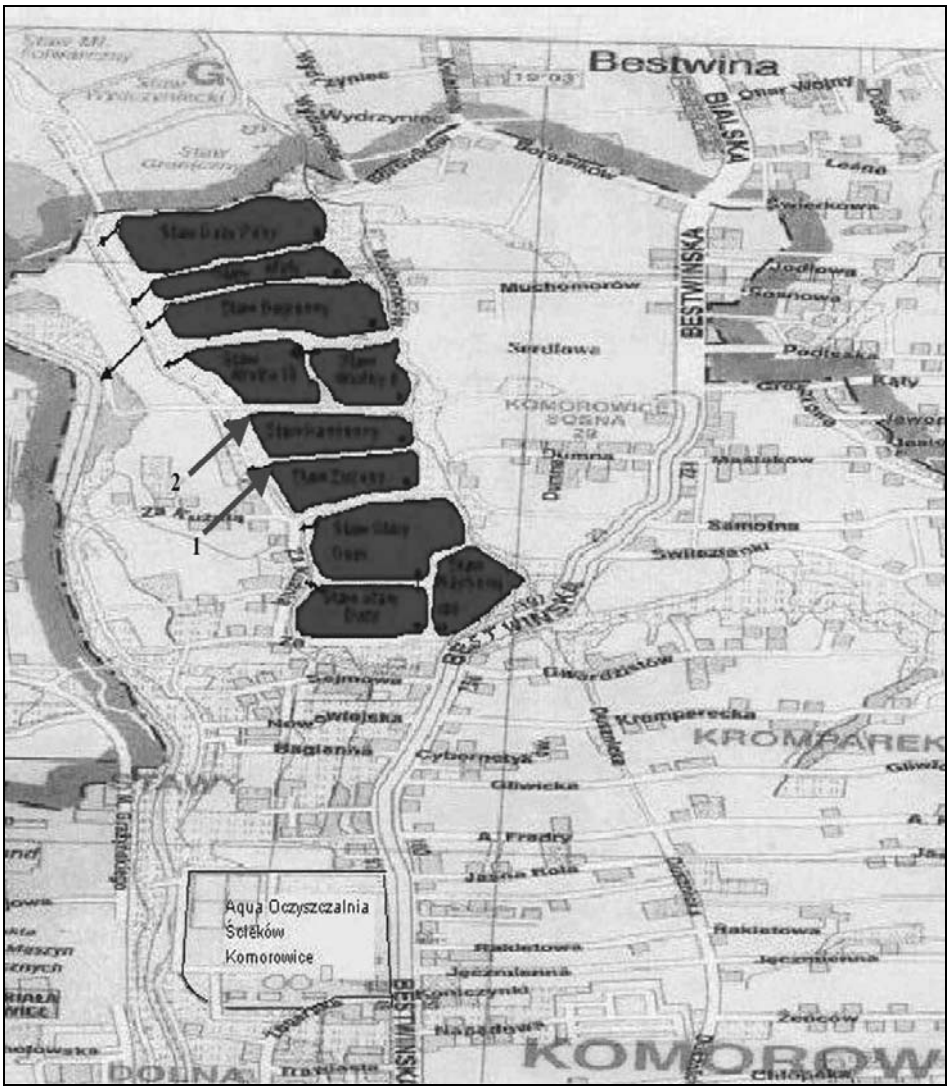
WSTĘP

Środowiska słodkowodne są bardzo niestabilne pod względem zawartości tlenu rozpuszczonego, a jego ilość jest uwarunkowana czynnikami abiotycznymi i biotycznymi, wliczając w to warunki środowiskowe i klimatyczne oraz fotosyntezę i oddychanie [Jawecki i in. 2004]. Tlen do stawów może być dostarczany na drodze naturalnej i poprzez sztuczne napowietrzanie. Źródłem tlenu w stawach naturalnie napowietrzanych jest aeracja, czyli przenikanie go z atmosfery do wody w stawie oraz proces fotosyntezy. Przenikanie tlenu z atmosfery do stawu zależy od temperatury wody, deficytu tlenowego oraz odnawiania się powierzchni kontaktowej woda – powietrze. Odnawianie się powierzchni kontaktowej zależy z kolei od takich czynników jak: głębokość stawu, temperatura wody w stawie oraz siła wiatru [O'Connor, Eckenfelder 1960]. Zabiegi gospodarcze w stawach rybnych oraz bioturbulencja osadów dennych wywoływana przez ryby to źródła składników pokarmowych dla fitoplanktonu, który w warunkach dobrego nasłonecznienia zapewnia odpowiednią ilość tlenu pochodzącego z fotosyntezy, pomimo panujących w wodzie niekorzystnych warunków termicznych [Szumiec i in. 1995]. Najważniejszym regulatorem zawartości tlenu w wodzie jest jej temperatura, gdzie wraz z jej wzrostem zmniejszeniu ulega ilość tlenu rozpuszczonego w wodzie. Wielu autorów [Zakrzewski, Żabowski 1963, Hermanowicz i in. 1965, Polak, Krzanowski 1973] podaje, iż minimalna zawartość tlenu rozpuszczonego w rybnych stawach ściekowych nie powinna spaść poniżej 4 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$. Natomiast Bieniarz i in. [2003] podają, iż minimum tlenowe dla karpi wynosi 2 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$, natomiast wartość optymalna zawiera się w przedziale 3–5 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$.

Biologiczne oczyszczanie ścieków z wykorzystaniem metody osadu czynnego pozbawia je zanieczyszczeń organicznych i biogennych, jednak oczyszczone w ten sposób ścieki charakteryzują się niską zawartością tlenu rozpuszczonego – około 2 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ – która jest wartością graniczną dla bytowania ryb w stawie. Celem pracy jest określenie zawartość tlenu rozpuszczonego w sezonie wegetacyjnym w wodzie stawów rybnych zasilanych biologicznie oczyszczonymi ściekami.

METODYKA BADAŃ

Do badań wybrano obiekt stawowy „Komorowice" położony w północnej części miasta Bielsko-Biała. Kompleks „Komorowice" składa się z 10 stawów i łącznej powierzchni 43,68 ha. Stawy zasilane są ściekami po oczyszczeniu mechaniczno-biologicznym oraz częściowo wodą z rzeki Białej przez prawobrzeżną młynówkę Komorowicko-Bestwińską. Woda ze stawów odprowadzana jest do rzeki Białej. Do badań wybrano dwa stawy posiadające indywidualne doprowadzenie i odprowadzenie wody: staw Zielony i Kamienny (rys. 1).



Rysunek 1. Usytuowanie miejsc poboru próbek w badanych stawach kompleksu Komorowice: 1 – staw Zielony, 2 – staw Kamienny [Plan miasta... 2004]
Figure 1. Location of samples of water collection position in analyzed ponds of Komorowice complex: 1 – Green pond, 2 – Stone pond

Staw Zielony ma powierzchnię równą 4,2 ha, pojemność wodną – 42 000 m^3, jest stawem płytkim o średniej głębokości około 1 m. Drugi z objętych badaniami stawów – staw Kamienny posiada powierzchnię – 3,3 ha, ale jest

stawem głębszym (średnia głębokość około 1,7 m), przez co ma większą pojemność wodną: 59 200 m^3.

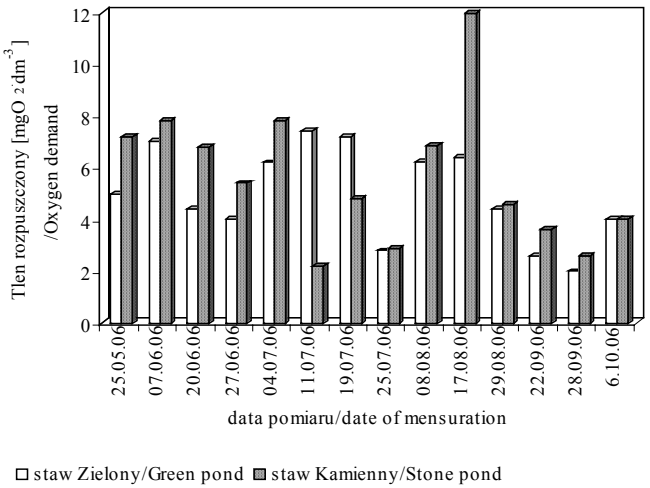
Na kompleksie stawowym Komorowice, gospodarka rybacka była prowadzona od początku ich istnienia. Obecnie, pobór wody do ich zasilania, odprowadzanie wód zużytych oraz rolnicze wykorzystanie ścieków do zasilania stawów z hodowlą ryb jest usankcjonowane prawnie i prowadzone zgodnie z decyzją Prezydenta Miasta Bielsko-Biała. Ponadto, na przedmiotowym kompleksie decyzją Wojewody Śląskiego został ustanowiony obręb hodowlany, który usytuowany jest w dorzeczu i w obwodzie nr 7 rzeki Wisły [Operat… 2004].

Zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym [2004], dopuszczalna ilość biologicznie oczyszczonych ścieków doprowadzanych na kompleks wynosi 30·103 $m^3 \cdot d^{-1}$ w sezonie wegetacyjnym (od kwietnia do listopada). Gatunkiem podstawowym dla gospodarki rybackiej kompleksu Komorowice jest karp, a kategorią wielkościową kroczek (K2).

Okres badawczy obejmował sezon wegetacyjny 2006 roku. Próbki do badań pobierano średnio trzy razy w miesiącu na odpływie ze stawu. Każdorazowo podczas poboru próbek wody stawowej dokonywano pomiaru in situ zawartości tlenu, odczynu wody pH i temperatury wód ściekowych.

Warunki tlenowe w stawach zależne są głównie od dwóch czynników: intensywności fotosyntezy glonów w stawach oraz wielkości respiracji wszystkich ogniw ekosystemu stawowego. Zachodząca proporcja między tymi czynnikami determinuje warunki tlenowe w stawach [Lewkowicz i in. 2005]. Na rysunku 2 przedstawiono przebieg zmian zawartości tlenu rozpuszczonego w badanych stawach. Najniższa zanotowana wartość tlenu rozpuszczonego w badanych stawach była do siebie zbliżona: dla stawu Zielony – 2,0 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$, a w Kamiennym – 2,2 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ (dla temperatury wody stawowej odpowiednio 18 i 27,2°C, przy czy w przypadku stawu Kamienny była to również najwyższa zaobserwowana temperatura w sezonie). Jednak, wartość maksymalna wskaźnika wystąpiła w stawie Kamienny – 11,47 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ (17.08.2006 roku), dla temperatury wody 21,2°C i miała wpływ na wysokość średniej wartości tlenu rozpuszczonego w sezonie 2006 (tab. 1). Była ona znacznie wyższa od maksymalnej zanotowanej dla stawu Zielony: 7,4 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ zaobserwowanej na początku lipca. Zaobserwowano, że niższe stężenia tlenu rozpuszczonego występowały w okresach, gdy miał miejsce intensywny rozwój rzęsy wodnej.

W obu stawach pod koniec lipca obserwowano zachwianie warunków tlenowych. W tym czasie zawartość tlenu w wodzie wahała się od 2,8–4,4 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ w stawie Zielony oraz 2,9–4,6 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$ w stawie Kamienny. Stwierdzone zachwianie warunków tlenowych w wodzie stawów mogło wpłynąć na pojawienie się śniętych ryb w stawach i występującą w tym okresie na obszarze kotliny oświęcimskiej chorobą karpia (*Koi Herpes Virus*), charakteryzującą się zwiększoną śmiertelnością ryb.

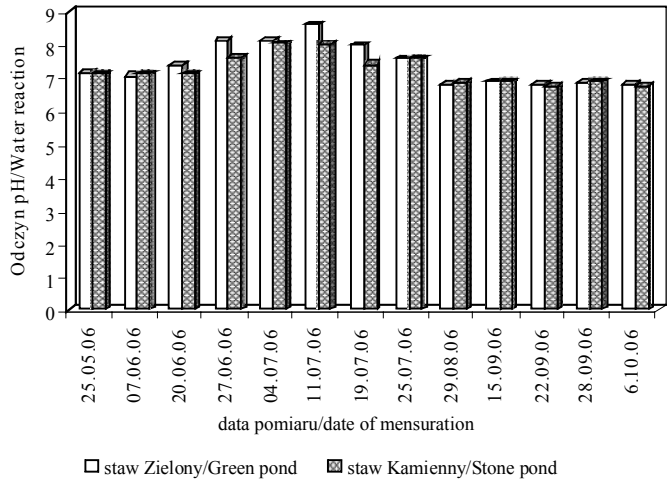


Rysunek 2. Zmiany zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie badanych stawów kompleksu Komorowice w sezonie wegetacyjnym 2006
Figure 2. Changes of content in oxygen demand in water of analyzed fish ponds of Komorowice complex in 2006 vegetative season

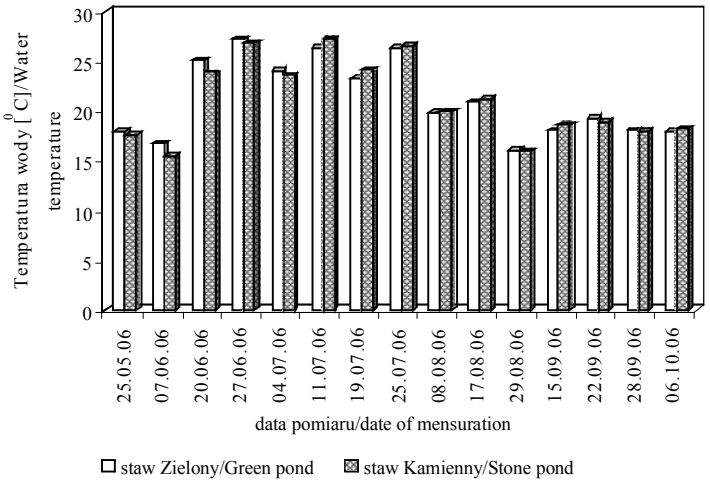
Przebieg zmienności odczynu wody pH (rys. 3) był zbliżony w obu badanych stawach. Do połowy sezonu obserwowano nieco wyższe wartości pH w stawie Zielony, natomiast pod koniec sezonu sytuacja była odwrotna: wyższe pH obserwowano w stawie Kamienny w stosunku do stawu Zielony.

Maksymalna wartość pH wyniosła 8,65 w stawie Zielony oraz 8,04 w Kamiennym. W obu stawach obserwowano identyczną zależność pH. Na początku sezonu wegetacyjnego wartości odczynu wody wynosiły około 7, natomiast w okresie lipiec–sierpień następował wzrost pH do około 8, po czym od końca sierpnia do końca sezonu notowano spadek do wartości około 6,8. Średnia wartość odczynu wody w stawie Zielony w sezonie wegetacyjnym 2006 wyniosła 7,11 (rozstęp wartości 1,75) – tab. 1. Dla stawu Kamienny średnia sezonowa wartość pH była zbliżona do średniej dla stawu Zielony i wyniosła 7,08. Maksymalne wartości odczynu wody w obu stawach zanotowano w pierwszej połowie lipca i wyniosły odpowiednio: 8,64 dla stawu Zielony i 8,04 dla stawu Kamienny. Zauważono ponadto, iż w obu badanych stawach od końca sierpnia do końca sezonu 2006 wartości odczynu wody były najniższymi zaobserwowanymi w trakcie całego sezonu, na co miały wpływ zaobserwowano w tym okresie także najniższe wartości tlenu rozpuszczonego w wodzie stawów.

Warunki termiczne w obu stawach przebiegały bardzo podobnie w trakcie całego sezonu badawczego. Od początku czerwca do końca sierpnia temperatura wody w badanych stawach przekraczała 20°C (rys. 4) i była związana z obserwowanymi wysokimi temperaturami powietrza w tym okresie.



Rysunek 3. Zmiany odczyny wody pH w badanych stawach kompleksu Komorowice w sezonie wegetacyjnym 2006
Figure 3. Changes of water reaction in analyzed ponds of Komorowice complex in 2006 vegetative season



Rysunek 4. Zmiany temperatury wody w badanych stawach kompleksu Komorowice w sezonie wegetacyjnym 2006
Figure 4. Changes of water temperature in analyzed ponds of Komorowice complex in 2006 vegetative season

Do połowy sezonu obserwowano nieco wyższe temperatury w stawie Zielony, natomiast w drugiej części sezonu miała miejsce sytuacja odwrotna. Średnia sezonowa wartość temperatury wody stawowej w obu stawach była praktycznie identyczna i wyniosła około 21°C (tab. 1). Również wartość maksymalna i minimalna w obu stawach była prawie identyczne i wyniosła odpowiednio: 27,2°C (dla obu stawów) oraz minimalne – 16,0°C w stawie Zielony i 15,4°C w stawie Kamienny. Maksymalnej temperaturze wody w stawie Kamienny (27,2°C) towarzyszyła minimalna zawartość tlenu rozpuszczonego – 2,2 mg $O_2 \cdot dm^{-3}$.

Tabela. 1. Podstawowe parametry statystyczne rozpatrywanych wskaźników zanieczyszczeń w wodzie stawów: Zielony i Kamienny
Table. 1. Basic statistical parameters of analyzed parameters of pollution in water of Green and Stone ponds

Parametr/parameter	staw Zielony/Green pond	staw Kamienny/Stone pond
Tlen rozpuszczony/Oxygen demand [$mgO_2 \cdot dm^{-3}$]		
Średnia/an average	4,97	5,61
Maximum/a maximum	7,4	11,47
Minimum/a minimum	2,0	2,2
Odch. stand./a standard deviation	1,79	2,66
Rozstęp/an interval	5,4	9,27
Temperatura wody/Water temperature [^0C]		
Średnia/ an average	21,07	21,01
Maximum/ a maximum	27,2	27,2
Minimum/ a minimum	16,0	15,4
Odch. stand./ a standard deviation	3,89	3,99
Rozstęp/ an interval	11,2	11,2
Odczyn wody pH/Water reaction		
Średnia/ an average	7,11	7,08
Maximum/ a maximum	8,64	8,04
Minimum/ a minimum	6,79	6,74
Odch. stand./ a standard deviation	0,63	0,45
Rozstęp/ an interval	1,75	1,30

WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań nad zawartością w wodzie stawów tlenu rozpuszczonego, odczynu pH oraz temperatury w sezonie wegetacyjnym 2006 wykazały, iż badane wskaźniki są ze sobą skorelowane, a także zależą od takich parametrów jak: kondycja zdrowotna ryb w nich hodowanych oraz naturalna produktywność stawu – rozwój rzęsy wodnej.

Ścieki komunalne oczyszczone z wykorzystaniem metody osadu czynnego charakteryzują się niską zawartością tlenu rozpuszczonego – około 2 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Przeprowadzone badania wykazały, że w trakcie całego sezonu badawczego zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie stawów nigdy nie była mniejsza od 2 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$, a jego koncentracja była zależna od rozwoju rzęsy wodnej i temperatury wody.

Na podstawie uzyskanych wyników badań w analizowanych stawach sformułowano następujące wnioski:

1. W trakcie całego sezonu badawczego obserwowano dobre warunki tlenowe w obu stawach. Najniższa zaobserwowana zawartość tlenu w wodzie wynosząca około 2,0 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ nie wpłynęła na zachwianie procesów życiowych ryb hodowanych w stawach.
2. Wraz z zachwianiem się od połowy lipca warunków tlenowych w obu badanych stawach zaobserwowano zwiększoną śmiertelność ryb spowodowaną rozwijającą się w tym czasie chorobą karpia (*Koi Herpes Virus*).
3. Stwierdzono odwrotną zależność pomiędzy zawartością tlenu rozpuszczonego a występowaniem rzęsy wodnej w stawie.
4. Pod koniec sezonu wegetacyjnego zaobserwowano w wodzie badanych stawów najniższe wartości odczynu pH, które miały wpływ na zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie.

BIBLIOGRAFIA

Bieniarz K., Kownacki A., Epler P. *Biologia stawów rybnych*. IRS, Olsztyn 2003.

Hermanowicz W., Guberski S., Szperliński Z., Trywiański Z. *Technologia wody i ścieków*. PWSZ, Warszawa 1065.

Jawecki B., Drabiński A., Żmuda R. *Kształtowanie się warunków tlenowych w stawie karpiowym 2004*. Roczniki AR w Poznaniu, Melioracje i Inżynieria Środowiska 25.

Lewkowicz S., Pilarczyk M., Jamińska B., Kuczyński M. *Eliminacja związków fosforu z oczyszczonych biologicznie ścieków komunalnych miasta Bielsko-Biała w stawach rybnych.* Mat. z VIII Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowo-Technicznego „Biotechnologia Środowiskowa", Wisła-Jarzębata, grudzień, 2005.

O'Connor D. J., Eckenfelder W. W. *Treatment of Organic Wastes in Aerated Lagoons.* Journal of the Water Pollution Control Federation, Washington 1960.

Operat wodno-prawny na rolnicze wykorzystanie biologicznie oczyszczonych ścieków do celów rybackich na kompleksie stawów komorowickich. Bielsko-Biała 2004.

Plan miasta Bielsko-Biała i Żywiec. Wydawnictwo Kartograficzne Daunpol. Warszawa 2004.

Polak S., Krzanowski S. *Możliwości oczyszczania i wykorzystania ścieków w stawach rybnych*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie nr 4–5, 1973, s. 101–103.

Szumiec M. A., Augustyn D., Jakubas M., Kolasa-Jamińska B., Urbaniec-Brózda W. *Diel, seasonal and spatial variability in the carp pond ecosystem*. Acta Hydrobiol. 37, suppl. 1, 1995, s. 165–172.

Zakrzewski J., Żabowski J. *Gospodarcze wykorzystanie ścieków miejskich*. Arkady 1963.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Krzanowski
Dr inż. Agnieszka Cupak
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Katedra Inżynierii Sanitarnej i ochrony Wód
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 24/28
tel. 012 662 40 29, 012 662 41 02
e-mail: rmkrzano@cyf-kr.edu.pl
a.cupak@op.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Kowalski*