

Wpłynęło 01.07.2014 r.
Zrecenzowano 15.09.2014 r.
Zaakceptowano 10.10.2014 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ZMIANY STĘŻENIA TLENU I TEMPERATURY W WARUNKACH RÓŻNYCH GŁĘBOKOŚCI WODY W ŚRÓDPOLNYM OCZKU WODNYM

**Piotr WESOŁOWSKI¹⁾ ABDEF, Adam BRYSIEWICZ¹⁾ ABCDEF,
Małgorzata GAŁCZYŃSKA²⁾ BCEF**

¹⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy w Szczecinie

²⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie, Zakład Chemii Ogólnej i Ekologicznej

Streszczenie

Badania przeprowadzono w latach 2010–2013 w śródpolnym oczku wodnym Stare Czarnowo, w województwie zachodniopomorskim. Celem podjętych badań było określenie stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie i jej temperatury w warunkach zróżnicowanej głębokości wody. Pomiary wykonywano w trzech pionach badawczych o zróżnicowanej głębokości wody.

W okresie badań stwierdzono, że stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie oczka wodnego zależało od jej głębokości w badanych pionach pomiarowych. Największe średnie z lat 2010–2013 wartości tlenu rozpuszczonego w wodzie w okresach wegetacyjnych (IV–X) zanotowano w trzecim pionie pomiarowym (III) w warunkach największej głębokości wody ($3,00 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$). Mniejsze wartości średniego stężenia tlenu stwierdzono w warunkach mniejszych głębokości wody: w pierwszym pionie badawczym (I) – $1,96 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a w drugim (II) – $2,22 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$.

Słowa kluczowe: głębokość wody, stężenie tlenu, śródpolne oczko wodne, temperatura wody, woda

WSTĘP

Śródpolne oczka wodne są istotnym elementem krajobrazu na terenach rolniczych. Zazwyczaj ich powierzchnia nie przekracza 1 ha. Są to przeważnie bezodpływowe zagłębienia, występujące na obszarach wiejskich [FATYGA i in. 2007;

Do cytowania For citation: Wesołowski P., Brysiewicz A., Gałczyńska M. 2014. Zmiany stężenia tlenu i temperatury w warunkach różnych głębokości wody w śródpolnym oczku wodnym. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 4(48) s. 135–144.

GALCZYŃSKA i in. 2013; PIĘNKOWSKI i in. 2007]. Oczka wodne spełniają wiele różnorodnych funkcji, zarówno w ujęciu ekologicznym, jak i gospodarczym [DEMBEK, OŚWIT 1992; PIĘNKOWSKI i in. 2010]. Odgrywają również rolę w kształtowaniu bilansu wodnego przyległych do nich terenów rolniczych, tworząc mikroklimat sprzyjający uprawie roślin rolniczych [LEŚNY, JUSZCZAK 2005; SYMONIDES 2010].

Śródpolne oczka wodne oraz jeziora są siedliskiem wielu gatunków flory i fauny, w tym również ryb [BRYŚIEWICZ i in. 2012]. W badaniach przeprowadzonych na Pomorzu Zachodnim, dotyczących składu chemicznego wód oraz osadów dennych w oczkach wodnych, stwierdzono dość duże stężenie fosforu, wpływające między innymi na zmniejszenie ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie [SIWEK 2011]. Przyczyną tego zjawiska jest zwiększenie się zasobności gleb w fosfor, który przenika do wód powierzchniowych i gruntowych [SAPEK 2009]. Zagrożenie przenikaniem fosforu do wód gruntowych i powierzchniowych wzrasta w miarę powiększania się salda bilansu tego pierwiastka w gospodarstwach rolniczych, zwłaszcza gdy nadwyżka bilansowa przekracza $20 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$. Mimo to w praktyce stosuje się nawożenie gleby fosforem w dawkach takich samych lub większych niż wspomniana nadwyżka [LABĘTOWICZ i in. 2002; PIETRZAK i in. 2013].

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie jest bardzo ważne dla właściwego funkcjonowania ekosystemów wodnych i charakteryzuje ich stan. Parametr ten odzwierciedla chwilową równowagę pomiędzy zaopatrzeniem w tlen z atmosfery i fotosyntezą a zachodzącymi w wodzie procesami metabolicznymi, zużywającymi tlen [KALFF 2002]. Duże stężenie związków biogenych w wodzie stymuluje produktywność materii organicznej, zwłaszcza w lecie, co prowadzi do zakwitów glonów, zwiększonej mętności wody i zamierania zanurzonej roślinności wodnej. W związku z tym mogą występować warunki niedotlenienia ($<2 \text{ ppm}$) lub beztlenowe ($<0,2 \text{ ppm}$). W takich warunkach dochodzi do śnięcia ryb i utraty różnorodności biologicznej ekosystemu wodnego. W warunkach braku tlenu obserwuje się proces utleniania materii organicznej, prowadzący do wydzielania siarkowodoru. RANKOVIĆ i in. [2010] ustalili, że stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie zbiornika zaporowego Gruza wynosiło od 0,10 do $14,50 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ (średnio 5,01). Rolnicze wykorzystanie zlewni tego zbiornika, w połączeniu z odprowadzaniem do niego ścieków bytowych, istotnie wpływało na skład chemiczny jego wody. Badacze ci testowali, na podstawie danych eksperymentalnych, możliwość zastosowania sieci neuronowych do ustalenia wartości stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie. W wyniku przeprowadzonych analiz statystycznych stwierdzono, że największy wpływ na ten parametr ma wartość pH i temperatura wody, a najmniejszy – stężenie azotanów, chlorków i fosforanów. Z drugiej strony, KORETSKY i in. [2012] wskazują, że w silnie zeutrofizowanych jeziorach zwiększenie zasolenia wody wpływa na zmniejszenie stężenia rozpuszczonego w niej tlenu, czego efektem jest występowanie warunków redukcyjnych w hypolimnionie.

Od 2010 r. Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy ITP w Szczecinie prowadzi kompleksowe badania w śródpolnych oczkach wodnych na terenie gminy Stare

Czarnowo w województwie zachodniopomorskim. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki czteroletnich badań, które odnoszą się tylko do stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie, temperatury wody i jej głębokości.

Celem podjętych badań było określenie stężenia tlenu w wodzie i jej temperatury w warunkach zróżnicowanej głębokości w śródpolnym oczku wodnym.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

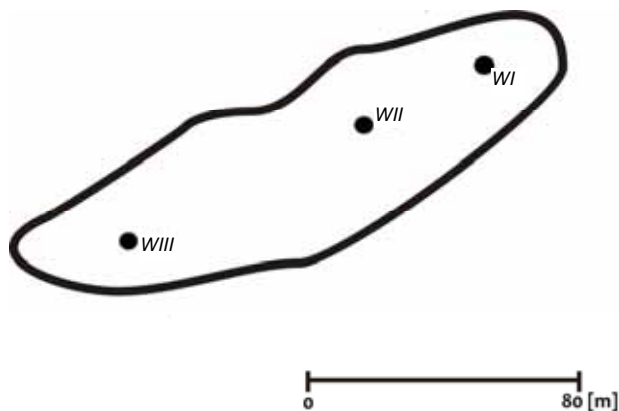
Badania przeprowadzono w latach 2010–2013 w oczku wodnym w Starym Czarnowie w województwie zachodniopomorskim (53°16'4.47"N, 14°46'5,94"E). Omawiane oczko, o powierzchni 0,8 ha, jest zbiornikiem wodnym zagłębionym, bezodpływowym, zasilanym wodami gruntowymi i wodami ze spływów powierzchniowych z przyległych obszarów użytkowanych rolniczo. Grunty przyległe do oczka wodnego są zaliczane do IV klasy bonitacyjnej. Są to gleby brunatne wytworzone z gliny średniej [PIETRZAK i in. 2013]. W okresie badań (2010–2013) na przyległych do oczka wodnego terenach rolniczych uprawiano rzepak ozimy, jęczmień ozimy i pszenżyto ozime.

Badane oczko wodne jest zbiornikiem wydłużonym, w którym w pobliżu linii brzegowej, na płytszych wodach, występuje manna mielec (*Glyceria maxima* Hartm.) jako zbiorowisko uproszczone, mające charakter jednogatunkowej agregacji. Na głębszych wodach, dalej od linii brzegowej, występują dwa zbiorowiska szuwarowe – również uproszczone, o charakterze jednogatunkowych agregacji – pałki szerokolistnej (*Typha latifolia* L.) i trzciny pospolitej (*Phragmites australis* Cav. Trin. Ex Steud.).

Oczko wodne w Starym Czarnowie jest zbiornikiem niewielkim (0,8 ha) i z tego względu wyznaczono tylko trzy piony badawcze, o zróżnicowanej głębokości wody (rys. 1). Raz w miesiącu (w okresie badań) w każdym z pionów badawczych mierzono głębokość wody za pomocą tyczki z zamontowaną metrówką. Średnia (z lat 2010–2013) głębokość wody w okresie wegetacyjnym (IV–X) wynosiła: w pionie I – 98 cm, w pionie II – 113 cm, a w pionie III – 177 cm.

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie oczka i jej temperaturę mierzono w każdym miesiącu okresu wegetacyjnego (IV–X) w latach 2010–2013. Pomiaru te wykonywano w każdym z trzech pionów pomiarowych, na głębokości 30 cm pod zwierciadłem wody, za pomocą wieloparametrowego miernika MULTI 3400, wyposażonego w sondę tlenową typu Cellon 323. Pomiaru stężenia tlenu i temperatury w wodzie omawianego akwenu mierzono w połowie każdego miesiąca w godzinach przedpołudniowych.

Zmierzone wartości stężenia tlenu w wodzie oczka wodnego Stare Czarnowo i jej temperatury poddano obróbce statystycznej za pomocą programu Statistica ver. 10 PL. W tym celu przeprowadzono analizę wariancji (ANOVA) dla oznacza-



Rys. 1. Schemat oczka wodnego w Starym Czarnowie (widok z góry);
W – piony pomiarowe; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. A scheme of the pond in Stare Czarnowo (a bird's-eye view);
W – water profiles; source: own elaboration

nych parametrów, przyjmując do oceny trzy czynniki (I czynnik – rok badań – 4 poziomy, II czynnik – miesiąc badań – 7 poziomów i III czynnik – badawczy pion pomiarowy – 3 poziomy). Określono wartości NIR na poziomie istotności 0,05.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie śródpolnego oczka w Starym Czarnowie w latach 2010–2013 w okresie od kwietnia do października było zróżnicowane (tab. 1 i 2). W badaniach BRYSEWICZA i in. [2012] wartość tego parametru w omawianym oczku w latach 2010 i 2011 była, ze względu na inną lokalizację punktów badawczych, nieco mniejsza niż w prezentowanej pracy. Z kolei podane przez JAWECKIEGO i in. [2013] wartości stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie w okresie od czerwca do września w stawie karpowym były ponad dwukrotnie większe, zarówno w pasie szuwarów (średnio od 4,69 do 6,49 g O₂·m⁻³), jak i w strefie otwartej wody (średnio od 7,60 do 9,09 g O₂·m⁻³). Analiza statystyczna wykazała, że średnie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie śródpolnego oczka zależało od wytypowanych do badań pionów pomiarowych (tab. 2), nie wystąpiły jednak istotne statystycznie różnice jego wartości w I i II pionie pomiarowym. Największe średnie wartości stężenia tlenu zanotowano w trzecim pionie pomiarowym, w warunkach największej głębokości wody (3,00 g O₂·m⁻³). Średnie stężenie tlenu w badanym okresie w warunkach mniejszych głębokości wody w omawianym oczku wodnym wynosiły: w pionie pierwszym – 1,96 g O₂·m⁻³, a w pionie drugim – 2,22 g O₂·m⁻³.

Tabela 1. Miesięczne stężenia tlenu rozpuszczonego O_2 , (w $g \cdot m^{-3}$) temperatury T (w $^{\circ}C$) i głębokości wody G (w cm) w trzech punktach badawczych w śródpolnym oczku wodnym w Starym Czarnowie w latach 2010–2013

Table 1. Monthly concentration of dissolved oxygen O_2 (in $g \cdot m^{-3}$), temperature T (in $^{\circ}C$) and water depth G (in cm) in three sampling sites of the mid-field pond in Stare Czarnowo in the years 2010–2013

Punkty badawcze Sampling sites	Wartości w miesiącach Values for month																							
	IV April			V May			VI June			VII July			VIII August			IX September			X October			średnie IV–X mean for April–October		
	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G	O_2	T	G
2010 r.																								
I	2,82	15,0	150	2,81	14,8	180	2,61	21,3	170	1,22	22,8	140	0,69	21,7	100	2,26	13,7	100	4,30	8,9	110	2,39	16,9	136
II	2,81	15,1	176	3,78	14,5	180	2,30	20,7	175	1,50	22,9	150	0,74	21,5	120	2,37	13,1	120	5,10	8,2	120	2,66	16,6	149
III	3,65	15,2	250	3,61	14,7	240	3,04	20,4	220	1,61	23,1	210	1,52	21,2	160	2,60	14,8	150	4,37	8,1	150	2,91	16,8	197
2011 r.																								
I	3,00	12,7	145	2,85	15,7	146	1,39	18,5	150	0,35	20,1	159	1,41	17,5	135	0,77	14,1	89	4,18	11,3	90	1,99	15,7	131
II	2,91	12,7	160	2,98	15,7	170	1,84	18,5	166	0,60	21,0	177	1,33	18,8	141	0,89	15,1	134	4,72	11,2	112	2,18	16,1	151
III	3,81	12,9	204	4,05	15,4	209	2,97	18,8	216	1,37	20,2	210	1,46	17,3	243	1,70	14,5	190	5,28	12,4	205	2,95	15,9	211
2012 r.																								
I	3,62	13,1	94	2,65	12,9	79	0,41	17,6	68	1,02	18,1	62	0,31	16,1	49	0,90	14,7	54	2,41	3,0	58	1,62	13,6	66
II	3,80	13,0	98	4,51	13,1	85	0,45	17,4	88	1,12	18,0	83	0,22	16,1	89	0,91	15,5	68	2,64	2,7	60	1,95	13,7	82
III	5,22	13,1	177	6,08	13,6	151	1,21	18,0	132	2,31	17,9	125	1,38	15,9	220	1,37	15,4	130	3,81	4,0	118	2,20	14,0	150
2013 r.																								
I	2,02	14,3	73	2,20	18,5	73	1,54	18,6	65	0,21	19,8	63	2,08	15,8	53	2,66	10,5	47	2,19	9,0	50	1,84	15,2	61
II	3,20	13,9	87	2,18	18,8	75	1,26	18,9	78	0,71	19,7	75	2,40	15,3	53	2,46	10,7	70	2,31	7,7	64	2,07	15,0	71
III	3,45	13,1	157	4,13	18,0	166	2,41	18,3	170	1,30	19,7	105	2,54	15,7	155	4,15	9,4	133	3,63	9,5	158	3,09	14,8	149

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 2. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie i temperatura wody w śródpolnym oczku wodnym w Starym Czarnowie**Table 2.** Concentration of dissolved oxygen and temperature in water of the mid-field pond in Stare Czarnowo

Czynnik Factor		Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie Concentration of dissolved oxygen in water $\text{g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$	Temperatura wody Water temperature $^{\circ}\text{C}$
Rok (R) Year	2010	2,65	16,7
	2011	2,37	15,9
	2012	2,21	13,8
	2013	2,33	15,0
	kwiecień April	3,36	13,7
Miesiąc (M) Month	maj May	3,49	15,5
	czerwiec June	1,79	18,9
	lipiec July	1,11	20,3
	sierpień August	1,34	17,7
	wrzesień September	1,92	13,5
	październik October	3,75	8,0
	Pion pomiarowy (Pp) Profile	I	1,96
	II	2,22	15,4
	III	3,00	15,4
NIR _{0,05} dla R	LCD _{0,05} for R	r.n.	1,5
NIR _{0,05} dla M	LCD _{0,05} for M	1,00	2,3
NIR _{0,05} dla Pp	LCD _{0,05} for Pp	0,51	r.n.

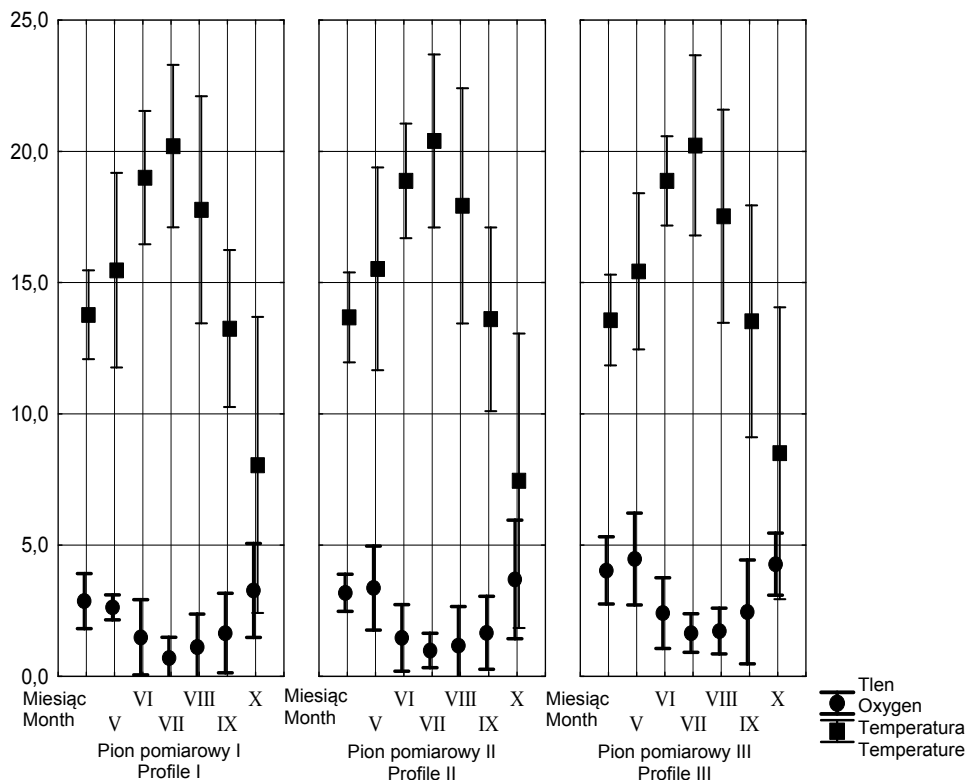
Objaśnienie: r.n. – różnice nieistotne statystycznie; wartości pogrubione – wyraźne różnice istotne statystycznie.

Explanation: r.n. – statistically insignificant differences; markedly significant differences given in bold.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie śródpolnego oczka w Starym Czarnowie porównywano z wartościami granicznymi podanymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9.11.2011 r. i stwierdzono, że ze względu na jego wartość woda omawianego oczka nie mieści się w I i II klasie czystości wg ww. rozporządzenia.

Stwierdzono, że w okresie badań średnia temperatura wody do 15°C nie miała wpływu na stężenie tlenu w wodzie w trzech badanych pionach pomiarowych. Wyraźne różnice stężenia tlenu zanotowano natomiast w warunkach wysokiej temperatury wody, tj. 20°C i powyżej. Średnia z czterech lat (2010–2013) temperatura wody w lipcu, najwyższa w okresie wegetacyjnym (powyżej 20°C), znacząco wpłynęła na zmniejszenie stężenia tlenu we wszystkich pionach badawczych. Stężenie to wynosiło: w I pionie pomiarowym – $0,70 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, w II pionie pomiarowym – $0,98 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a w III pionie pomiarowym – $1,65 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$ (rys. 2).



Rys. 2. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie ($\text{g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) i jej temperatura ($^{\circ}\text{C}$) w trzech pionach pomiarowych śródpolnego oczka wodnego w latach 2010–2013; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Concentration of dissolved oxygen ($\text{g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$) and water temperature ($^{\circ}\text{C}$) in three profiles of the mid-field pond in the years 2010–2013; source: own study

Potwierdzają to również wyniki badań stężenia tlenu w jeziorach przeprowadzone przez WESOŁOWSKIEGO i in. [2011]. W październiku, w warunkach niższej temperatury wody, która wynosiła średnio w okresie czterech lat $7,5\text{--}8,5^{\circ}\text{C}$, średnie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie oczka było wyraźnie większe i wynosiło: w I pionie badawczym – $3,28 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, w II pionie – $3,69 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$, a w III pionie – $4,52 \text{ g O}_2 \cdot \text{m}^{-3}$.

Podsumowując, należy stwierdzić, że stężenie tlenu w wodzie śródpolnego oczka wodnego w Starym Czarnowie zależało nie tylko od głębokości wody, ale również od jej temperatury. W warunkach niskiej temperatury (poniżej 15°C) stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie wzrastało, a w wysokiej temperaturze (20°C i powyżej) – malało. Stwierdzają to również w swoich badaniach na jeziorze Będgoszcz KUBIAK i in. [2006], którzy podkreślają, że stężenie tlenu w badanych zbiornikach wodnych wyraźnie zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury wody tych akwenów.

Analiza wariancji potwierdziła występowanie istotnych statystycznie różnic pomiędzy wartościami badanych parametrów w poszczególnych miesiącach (rys. 2). Wyniki istotne statystycznie zanotowano, porównując ze sobą następujące miesiące: IV–VI, IV–VII, IV–VIII, IV–IX, V–VI, V–VII, V–VIII, V–IX, VI–X, VII–X, VIII–X oraz IX–X.

Jednocześnie należy podkreślić, że w czteroletnim okresie badań (2010–2013) średnie stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie w trzecim pionie pomiarowym (środek omawianego oczka wodnego i największa głębokość wody) było największe we wszystkich latach badań, niezależnie od temperatury wody. Zjawisko to należy tłumaczyć między innymi tym, że w III pionie pomiarowym w okresach badań (IV–X) występowało większe mieszanie wody niż w pozostałych pionach pomiarowych (I i II) zaobserwowane podczas badań. Dodatkowo w sąsiedztwie pionów I i II występują zbiorowiska szuwarowe, utrudniające falowanie wody, oraz, jak podają JAWECKI i in. [2013], duża biomasa obumarłych makrohydrofitów, która może wpływać na zmniejszenie stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie.

Wartość temperatury wody mierzonej w omawianym oczku w trzech pionach pomiarowych nie była istotnie statystycznie zróżnicowana w czteroletnim okresie badań. Wynika to z przyjętej metodyki wykonywania pomiarów, tj. głębokości zanurzenia sondy pomiarowej w eufotycznej strefie wody.

Wielu badaczy [KOWALSKA-GÓRALSKA i in. 2011; PIETRZAK i in. 2013] podkreśla, że na stan wody i jej natlenienie wpływa nie tylko temperatura i głębokość wody w zbiorniku wodnym, ale również jakość wód gruntowych oraz wody ze spływów powierzchniowych, które zasilają śródpolne oczka wodne.

Wyniki czteroletnich badań, dotyczących natlenienia wody w śródpolnym oczku wodnym Stare Czarnowo, wskazują na korzystne dla bytowania ryb, głównie karasia srebrzystego (*Carassius auratus*), warunki tlenowe, pomimo pewnych różnic w okresach badań (IV–X) [BRYSEWICZ i in. 2012].

WNIOSKI

1. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie śródpolnego oczka wodnego było w czteroletnim okresie badań zależne od głębokości wody w badanych pionach pomiarowych.

2. Średnia z lat 2010–2013 miesięczna temperatura wody mniejsza niż 15°C, w okresach od kwietnia do października, nie powodowała znaczącego zmniejszenia stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie w badanych pionach pomiarowych, natomiast w warunkach wysokiej temperatury wody, tj. 20°C i powyżej, stwierdzono zmniejszenie się stężenia tlenu w wodzie, niezależnie od jej głębokości, w omawianym oczku wodnym.

3. W czteroletnim okresie badań (2012–2013) temperatura wody śródpolnego oczka, mierzona w warunkach zróżnicowanej głębokości w poszczególnych pionach pomiarowych, nie była istotnie zróżnicowana.

4. Stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie śródpolnego oczka Stare Czarnowo, oznaczone w wyniku przeprowadzonych badań, nie mieści się w I i II klasie czystości wód, wg rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9.11.2011 r.

LITERATURA

- BRYSEWICZ A., WESOŁOWSKI P., POTKAŃSKI Ł. 2012. Połowy ryb w śródpolnych oczkach wodnych w Gminie Stare Czarnowo na tle warunków tlenowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 12. Z. 1(37) s. 37–48.
- DEMBEK W., OŚWIT J. 1992. Rozpoznanie warunków hydrologicznego zasilania siedlisk mokradłowych. W: *Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 79 s. 15–38.
- FATYGA J., GÓRECKI A., HELIS M. 2007. Małe zbiorniki wodne na obszarze powiatu wrocławskiego ziemskiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 7. Z. 2a s. 107–126.
- GALCZYŃSKA M., GAMRAT R., BURCZYK P., HORAK A., KOT M. 2013. Wpływ antropopresji i trwałości lustra wody na wielkość stężenia wybranych makroskładników w wodach śródpolnych oczek wodnych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 13. Z. 3(43) s. 41–54.
- JAWECKI B., JAROSZEWICZ-SMYK T., DRABIŃSKI A. 2013. The spatial variation of oxygen condition in carp pond located in nature reserve „Stawy Milickie”. *Journal of Water and Land Development*. No. 19 s. 47–52.
- KALFF J. 2002. *Limnology: inland water ecosystems*. New Jersey, USA. Prentice-Hall. ISBN 0130337757 ss. 592.
- KORETSKY C.M., MACLEOD A., SIBERT R. J., SNYDER C. 2012. Redox stratification and salinization of three kettle lakes in southwest Michigan, USA. *Water Air Soil Pollution*. Vol. 223 s. 1415–1427.
- KOWALSKA-GÓRALSKA M., SENZE M., JASTRZEMSKA M. 2011. Biogeny w wodzie stawu położonego w Parku Szczytnickim we Wrocławiu. *Proceedings of ECOpole*. Vol. 5. No. 1. Opole. Uniwersytet Opolski s. 251–256.
- KUBIAK J., TÓRZ A., NĘDZAREK A. 2006. Hydrochemical conditions, susceptibility to degradation, trophic state and rate of eutrophication in Lake Będgoszcz. *Acta Scientiarum Polonorum Piscaria*. Vol. 5. No. 1 s. 73–89.
- LEŚNY J., JUSZCZAK R. 2005. Oszacowanie ewapotranspiracji terenów znajdujących się w strefie bezpośredniego oddziaływania małych zbiorników wodnych krajobrazu rolniczego. *Acta Agrophysica*. Vol. 6. No. 1 s. 161–174.
- ŁABĘTOWICZ J., MAJEWSKI E., RADECKI A., KASZCZUK M. 2002. Bilans fosforu w wybranych gospodarstwach rolnych w Polsce. *Nawozy Nawożenie*. Nr 4(13) s. 139–145.
- PIEŃKOWSKI P., PODLASIŃSKI M., KARAŚ K. 2010. Próba oceny wpływu położenia oczek wodnych w rzeźbie terenu na tempo ich zanikania. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 10. Z. 1(29) s. 167–174.
- PIETRZAK S., WESOŁOWSKI P., BRYSEWICZ A., DUBIL M. 2013. Chemizm polowego spływu powierzchniowego na tle uwarunkowań agrotechnicznych, w wybranym gospodarstwie woj. zachodniopomorskiego. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 13. Z. 3(43) s. 115–129.
- RANKOVIĆ V., RADULOVIĆ J., RADOJEVIĆ I., OSTOJIĆ A., ČOMIĆ L. 2010. Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia. *Ecological Modelling*. Vol. 221 s. 1239–1244.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz.U. 2011. Nr 257 poz. 1545.
- SAPEK A. 2009. Fosfor w łańcuchu pokarmowym człowieka a środowisko w Polsce. Inżynieria Ekologiczna. Nr 21 s. 62–72.
- SIWEK H. 2011. Zachowanie się frakcji mineralnego fosforu w interfazie osad–woda małych zbiorników wodnych na obszarach wiejskich. Rozprawa habilitacyjna. Szczecin. Wydaw. ZUT. ISBN 8376630660 ss. 90.
- SYMONIDES E. 2010. Znaczenie powiązań ekologicznych w krajobrazie rolniczym. Woda Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 4(32) s. 249–263.
- WESOŁOWSKI P., BRYŚIEWICZ A., PAWŁOS D. 2011. Właściwości fizykochemiczne wody jeziora Starzyc w warunkach napowietrzenia za pomocą aeratora pulweryzacyjnego. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 11. Z. 1(33) s. 315–330.

Piotr WESOŁOWSKI, Adam BRYŚIEWICZ, Małgorzata GAŁCZYŃSKA

CHANGES IN DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION AND TEMPERATURE AT VARIOUS DEPTHS IN A MID-FIELD POND

Key words: *mid-field pond, oxygen concentration, water depth, water temperature*

S u m m a r y

Studies were carried out in the years 2010–2013 in a mid-field pond Stare Czarnowo in Zachodniopomorskie Province. The aim of the study was to determine dissolved oxygen concentration and temperature at different water depths. Measurements were performed in three water profiles of different depth.

The concentration of dissolved oxygen in water was found to depend on water depth. The highest mean (April to October 2010–2013) concentration ($3.00 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-3}$) was noted in the third, deepest water profile. Lower mean concentrations of oxygen were recorded in the first ($1.96 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-3}$) and second ($2.22 \text{ g O}_2 \text{ m}^{-3}$) water profile.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. P. Wesołowski, Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy ITP w Szczecinie, ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin; tel. +48 91 423-19-08, e-mail: A.Brysiewicz@itp.edu.pl