

EWA JACHNIAK

Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

ŁADUNKI ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH A STOPIEŃ EUTROFIZACJI ZBIORNIKA ZAPOROWEGO KOZŁOWA GÓRA

Streszczenie. W artykule zaprezentowano badania przeprowadzone w wodach zbiornika Kozłowa Góra. Dotyczyły one wpływu związków biogenych na proces eutrofizacji. Celem było określenie roli związków azotu i fosforu, jaką pełnią w eutrofizacji badanego zbiornika. Większość parametrów (m.in. stężenia azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego), a także ładunek dopuszczalny i niebezpieczny fosforu ogólnego wskazała na eutroficzny charakter wód zbiornika. Wynikami dużej trofii były bardzo duże koncentracje chlorofilu *a* (średnia wartość: $36,9 \mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz biomasy fitoplanktonu (średnia wartość: $18,2 \text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Ze względu na wodociągową funkcję zbiornika jest zasadne podjęcie właściwej jego ochrony i ewentualne podjęcie działań naprawczych.

Słowa kluczowe: eutrofizacja, ładunki biogenów, biomasa fitoplanktonu, chlorofil *a*

Wstęp

Ciągły dopływ związków biogenych do zbiorników zaporowych powoduje nasilanie się w nich procesu eutrofizacji. Na duże ilości ładunków biogenów najbardziej narażone są zbiorniki, których zlewnie znajdują się na obszarach rolniczych oraz silnie zurbanizowanych (LOSSOW 1998, JAGUŚ i RZĘTAŁA 2003, KASZA 2009).

Związki azotu i fosforu odgrywają główną rolę w procesie eutrofizacji, ponieważ stanowią istotny składnik komórek fitoplanktonu (fosfor m.in. jest komponentem kwasów nukleinowych oraz wchodzi w skład związków transportujących energię, azot natomiast jest wykorzystywany m.in. do syntezy aminokwasów i protein). Omawiane związki wpływają ponadto na wzrost, funkcjonowanie oraz sezonową zmienność określonych grup fitoplanktonu.

Celem badań było określenie wpływu związków biogenych na stopień eutrofizacji w zbiorniku Kozłowa Góra.

Material i metody

Badania wody zbiornika Kozłowa Góra, który jest zlokalizowany na rzece Brynicy, prowadzono w latach 2004-2006. Rezerwar ten znajduje się w terenie silnie zurbanizowanym, w obrębie Wyżyny Śląskiej. W jego zlewni są rozmieszczone liczne ośrodki przemysłowe (m. in. Świerklaniec, Miasteczko Śląskie oraz Tarnowskie Góry), dlatego jest narażony na dopływ dużej ilości zanieczyszczeń (głównie pyły pochodzenia przemysłowego, ścieki z ośrodków wiejskich, a także spływy obszarowe z pól). Jakość wód zbiornika kształtuje rzeka Brynica.

Należy on do zbiorników typowo nizinnych, płytkich, o dość dużej powierzchni (tab. 1). Zarys zbiornika oraz lokalizację stanowisk poboru prób przedstawia rysunek 1.

Tabela 1. Parametry morfometryczno-hydrologiczne zbiornika

Table 1. Morphometric-hydrologic parameters of reservoir

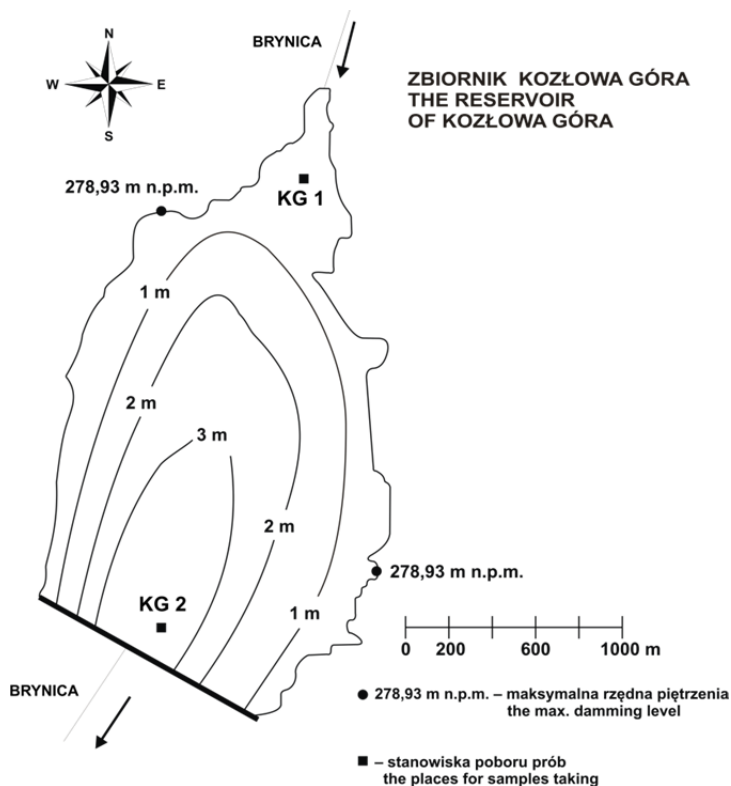
Parametr – Parameter	Dane – Dates
Powierzchnia czaszy Surface of reservoir bowl	587 ha
Pojemność całkowita Total capacity	18 mln m ³
Głębokość średnia Depth average	4,6 m
Czas retencji wody* Retention time of water*	476,3 doby
Powierzchnia zlewni do przekroju zapory Catchment area to section of dam	184,1 km ²
Funkcje zbiornika Functions of reservoir	wodociągowe, wędkarskie, ochrona przeciwpowodziowa water supplying, angling, anti-flood protection

*Obliczono, dzieląc objętość zbiornika przez średni dobowy dopływ rzeki Brynicy (stanowiącej główny dopływ).

*It was calculated: total capacity / average daily inflow of the river Brynica (which is the main inflow).

W celu oceny poziomu zeutrofizowania wód zbiornika wyznaczono Sumaryczny Wskaźnik Oceny Nasilenia Eutrofizacji (SWONE) (TWARDY i IN. 2003), oparty na analizie 10 parametrów. Według cytowanych autorów przekroczenie wartości granicznych 50% parametrów pozwala zaklasyfikować analizowany zbiornik jako eutroficzny.

Trofię wód zbiornika określono także zgodnie z kryterium OECD (1982) podawanym przez DOJLIDO (1995) na podstawie wartości granicznych dla średniego rocznego stężenia fosforu ogólnego (mg·dm⁻³) oraz średniego rocznego stężenia chlorofilu *a* (µg·dm⁻³) oraz zgodnie z zakresem stężeń azotu ogólnego (mg·dm⁻³) najczęściej występującym w wodach jezior (GIZIŃSKI i FALKOWSKA 2003). Dodatkowo obliczono rzeczywiste obciążenie fosforem zbiornika oraz określono ładunek dopuszczalny i niebezpieczny fosforu ogólnego według VOLLENWEIDERA (1976). Wyliczoną wartość obciążenia ładunkiem fosforu ogólnego przyrównano do wartości ładunków dopuszczalnych oraz niebezpiecznych.



Rys. 1. Zarys zbiornika oraz lokalizacja stanowisk poboru prób

Fig. 1. Contour of the reservoir and localization of places for samples taking

Średnią objętość przepływu ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (niezbędną do obliczenia obciążenia fosforem zbiornika) wyliczono wykorzystując dane obejmujące przepływy ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) w dniach, w których pobierano próby z rzeki Brynicy, na dopływie do zbiornika. Dane dotyczące przepływów otrzymano z krakowskiego oddziału IMiGW.

W obliczeniach ładunku uwzględniono jedynie dopływ azotu i fosforu rzeką Brynicą. Ze względu na brak danych nie uwzględniono w obliczeniach bocznych dopływów, a także spływu ze zlewni bezpośredniej oraz opadu na powierzchnię zbiornika.

Badania chemiczne oraz biologiczne wody zbiornika prowadzono w latach 2004-2006. Analizy parametrów chemicznych zostały wykonane zgodnie z Polskimi Normami przez Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, oddział w Bielsku-Białej. Analizy parametrów biologicznych przeprowadzono w laboratorium Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, za pomocą mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse 200. Dokonano oznaczenia składu gatunkowego fitoplanktonu, wykorzystując klucze SIEMIŃSKIEJ (1964), STARMACHA (1989), HINDÁKA (1996) oraz określono wielkość biomasy fitoplanktonu – metodą przyrównywania komórek do figur geometrycznych (ROTT 1981). Do oceny trofii przyjęto także klasyfikację zaproponowaną przez HEINONENA (1980), uwzględniającą biomasę fitoplanktonu ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$).

Wyniki

Analiza SWONE (średnie z lat 2004-2006) wskazała na eutroficzny charakter wód zbiornika, ponieważ stwierdzono przekroczenie wartości granicznych siedmiu parametrów na osiem ocenianych. Zostało przekroczonych ponad 50% parametrów (tab. 2).

Tabela 2. Parametry określające Sumaryczny Wskaźnik Oceny Nasilenia Eutrofizacji (SWONE) oraz wyniki oceny

Table 2. Parameters, which define Summarized Indicator of Eutrophication Intensity (SWONE) and results of estimation

Parametr Parameter	Wartość graniczna dla eutrofii Boundary value for eutrophy	Wyliczone wartości – Calculated values			
		2004	2005	2006	średnia za okres 2004-2006 average value for period 2004-2006
Obciążenie fosforem w ciągu roku ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)* The loading reservoir of total phosphorus during a year ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)*	0,07	0,164	0,312	0,307	0,261
Fosfor ogólny ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)** Total phosphorus ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)**	> 0,1	0,1	0,21	0,12	0,14
Obciążenie azotem w ciągu roku ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)* The loading reservoir of total nitrogen during a year ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)*	1,0	11,516	10,919	18,273	13,569
Azot ogólny ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)** Total nitrogen ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)**	> 1,5	5,02	5,15	6,14	5,43
Stosunek atomowy N : P** Atomic ratio (N : P)**	< 10	109,37	53,73	113,15	92,08
Maksymalne stężenia chlorofilu <i>a</i> ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ *** Max. concentrations of chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ****	> 25	40,1	65,5	72,8	72,8
Zakwity (okrzemki, kryptofity, zielonice, eugleniny)**** The blooms (<i>Diatoms</i> , <i>Cryptophyta</i> , <i>Chlorophyta</i> , <i>Euglenophyta</i>)****	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring
Zakwity sinic**** The blooms of <i>Cyanoprokaryota</i> ****	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring	Występują Occuring

*Obliczono na podstawie średniego rocznego stężenia fosforu i azotu ogólnego (dane 12-miesięczne) oraz średniego rocznego przepływu wody (lata 2004-2006) – na dopływie rzeki Brynicy do zbiornika.

Jachniak E., 2011. Ładunki związków biogenych a stopień eutrofizacji zbiornika zaporowego Kozłowa Góra. Nauka Przyr. Technol. 5, 4, #55.

**Obliczono na podstawie danych 12-miesięcznych (lata 2004-2006) – na dopływie rzeki Brynicy do zbiornika.

***Określono na podstawie badań wiosennych, letnich i jesiennych.

****Określono na podstawie analizy biomasy oraz obserwacji gatunków fitoplanktonu.

*It was calculated on the basis of average annual concentration of total phosphorus and total nitrogen (12 months dates) and on the basis of average annual flow of water (years 2004-2006) – on the inflow of the Brynica river into the reservoir.

**It was calculated on the basis of 12 month data (years 2004-2006) – on the inflow of the Brynica river into the reservoir.

***It was defined on the basis of spring, summer and autumn examinations.

****It was defined on the basis of phytoplankton biomass analyses and on the basis of phytoplankton taxa observation.

Bardzo wysokie koncentracje azotu ogólnego i fosforu ogólnego w wodzie zbiornikowej (tab. 3) przekraczały wartości graniczne dla eutrofii (DOJLIDO 1995, GIZIŃSKI i FALKOWSKA 2003).

Obliczenia wykazały, że dopływający ładunek fosforu ogólnego przewyższał poziom ładunku dopuszczalnego, a nawet niebezpiecznego (tab. 4). Wyjątek stanowił rok 2004, w którym wnoszony ładunek fosforu przekroczył tylko wartość ładunku dopuszczalnego.

Tabela 3. Średnie stężenia fosforu ogólnego i azotu ogólnego w wodach zbiornika
Table 3. Average concentrations of total nitrogen and total phosphorus of reservoir waters

Parametr Parameter	Wartości graniczne dla eutrofii Boundary values for eutrophy	Wyliczone wartości – Calculated values			
		2004	2005	2006	średnia za okres 2004-2006 average value for period 2004-2006
Fosfor ogólny (mg·dm ⁻³)* Total phosphorus (mg·dm ⁻³)*	0,035-0,1	0,06	0,09	0,06	0,07
Azot ogólny (mg·dm ⁻³)* Total nitrogen (mg·dm ⁻³)*	0,7-4,2	2,02	2,34	2,59	2,31

*Obliczono na podstawie danych wiosennych, letnich i jesiennych.

*It was calculated the basis of spring, summer and autumn data.

Konsekwencją nadmiernego dopływu związków biogenych do zbiornika, a także dużego ich stężenia w wodzie zbiornika były bardzo wysokie wartości biomasy fitoplanktonu oraz koncentracje chlorofilu *a* w wodzie zbiornikowej (rys. 2).

Zarówno wielkość biomasy, jak i stężenie chlorofilu *a* przekroczyły wartości graniczne dla eutrofii. Jedynie średnie stężenie chlorofilu *a* w roku 2004 mieściło się w granicach przyjętych dla mezotrofii. Wyznacznikiem zaawansowanej eutrofizacji zbiornika były także rozwijające się gatunki fitoplanktonu, typowe dla wód eutroficznych, m.in. sinice: *Microcystis viridis* (A. Br. in Rabenh.) Lemm., *M. aeruginosa* (Kütz.) Kütz., zielenice: *Coelastrum* sp. i *Scenedesmus* sp., *Pediastrum* sp. oraz okrzemki: *Fragilaria crotonensis* Kitt. i *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm.

Tabela 4. Obciążenie fosforem ogólnym zbiornika oraz dopuszczalne i niebezpieczne ładunki fosforu w ciągu roku

Table 4. Total phosphorus reservoir loading and permissible and dangerous loads of phosphorus during the year

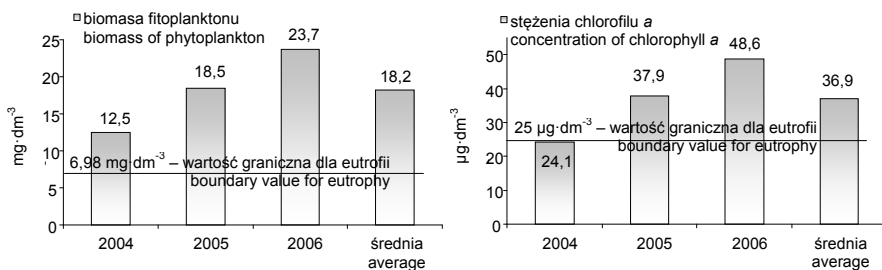
Parametr Parameter	Wyliczone wartości – Calculated values			
	2004	2005	2006	średnia za okres 2004-2006 average value for period 2004-2006
Obciążenie fosforem ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)* Loading of the reservoir with total phosphorus ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)*	0,164	0,312	0,307	0,261
Ładunek dopuszczalny ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)** Permissible load ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)**	0,092	0,087	0,121	0,100
Ładunek niebezpieczny ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)** Dangerous load ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)**	0,184	0,174	0,242	0,200

*Obliczono na podstawie średniego rocznego stężenia fosforu i azotu ogólnego (dane 12-miesięczne) oraz średniego rocznego przepływu wody (lata 2004-2006) – na dopływie rzeki Brynicy do zbiornika.

**Obliczono według kryteriów VOLLENWEIDERA (1976).

*It was calculated on the basis of average annual concentration of total phosphorus and total nitrogen (12 months data) and on the basis of average annual flow of water (years 2004-2006) – on the inflow of the Brynica river into the reservoir.

**It was calculated according to VOLLENWEIDER (1976) criteria.



Rys. 2. Średnia wartość biomasy fitoplanktonu (podawana w mokrej masie) oraz średnia koncentracja chlorofilu *a* w zbiorniku w latach 2004-2006

Fig. 2. Average phytoplankton biomass value (in wet mass) and average concentration of chlorophyll *a* in the reservoir in years 2004-2006

Dyskusja

Na zaawansowaną eutrofizację wód omawianego zbiornika wskazują zarówno wysokie wartości ładunków azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego dopływające do zbior-

nika, jak również stężenia tych pierwiastków w wodzie zbiornikowej (przekraczające wartości graniczne dla eutrofii). O eutroficznym charakterze tego zbiornika świadczy ponadto zaprezentowany wskaźnik SWONE. Przekroczenie wartości granicznych tego wskaźnika, wskazujące na eutrofizację wód, obserwowali również TWARDY i IN. (2003) w innych zbiornikach, np.: Zesławice 1 i 2 oraz Rzeszów. Na wysoki poziom zeutrofizowania wskazały także stężenia chlorofilu *a*, wielkość biomasy fitoplanktonu (również przekraczające wartości graniczne dla eutrofii) oraz gatunki charakterystyczne dla wód eutroficznych (sinice *Microcystis viridis* (A. Br. in Rabenh.) Lemm., *M. aeruginosa* (Kütz.) Kütz., zielenice: *Coelastrum* sp. i *Scenedesmus* sp., okrzemki *Fragilaria crotonensis* Kitt.) (REYNOLDS 1996, LEPISTÖ i ROSENSTRÖM 1998, NEGRO i IN. 2000). Podobne gatunki obserwowali także w zeutrofizowanym Sulejowskim zbiorniku zaporowym LEPISTÖ i ROSENSTRÖM (1998) oraz RAKOWSKA i IN. (2005) w eutroficznych jeziorach fińskich.

Wysoki stopień eutrofizacji w zbiorniku Kozłowa Góra jest niepożądany, ponieważ pełni on funkcje wodociągowe. Nadmiernie rozwijające się glony planktonowe, często tworzące zakwity, przyczyniają się do wzrostu zmętnienia, smaku oraz zapachu wody. Utrudniają także uzdatnianie wody (przez zatykanie filtrów wodociągowych oraz wydzielanie szkodliwych produktów metabolizmu przez komórki fitoplanktonu) (CARMICHAEL 1994, JODŁOWSKI 1995, BURCHARDT i PAWLIK-SKOWROŃSKA 2005). Zasadne jest więc podjęcie właściwej ochrony zbiornika i ewentualne podjęcie działań naprawczych.

Wnioski

1. Ładunki związków biogennych dopływające do zbiornika są zbyt wysokie i powodują eutrofizację jego wód.
2. Wody zbiornika mają charakter eutroficzny, czego dowodem są bardzo wysokie wartości biomasy fitoplanktonu oraz koncentracje chlorofilu *a*, a także obecność typowych dla wód eutroficznych gatunków fitoplanktonu.
3. Ze względu na postępującą eutrofizację wód zbiornika powinny zostać podjęte działania naprawcze oraz ochronne.

Literatura

- BURCHARDT L., PAWLIK-SKOWROŃSKA B., 2005. Zakwity sinic – konkurencja międzygatunkowa i środowiskowe zagrożenie. *Wiad. Bot.* 49, 1/2: 39-49.
- CARMICHAEL W.W., 1994. Toksyny cyjanobakterii. *Świat Nauki* 3: 32-39.
- DOJLIDO J.R., 1995. Chemia wód powierzchniowych. *Ekonomia i Środowisko*, Białystok.
- EUTROPHICATION of waters. Monitoring, assessment and control. 1982. OECD, Paris.
- GZIŃSKI A., FALKOWSKA E., 2003. *Hydrobiologia stosowana: Ochrona wód powierzchniowych*. Ofic. Wyd. Włocławskiego Towarzystwa Naukowego, Włocławek.
- HEINONEN P., 1980. Quantity and composition of phytoplankton in Finnish inland waters. *Public Water Resources Institute, National Board of Waters, Finland* 37: 1-91.
- HINDÁK F., 1996. Key to the unbranched filamentous green algae (Ulotrichineae, Ulotrichales, Chlorophyceae). *Bull. Slovensk. Bot. Spoločn. Pri Sav, Suppl.* 1.

- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2003. Zbiornik Kozłowa Góra. Funkcjonowanie i ochrona na tle charakterystyki geograficznej i limnologicznej. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Komisja Hydrologiczna, Warszawa.
- JODŁOWSKI A., 1995. Problemy uzdatniania wód zeutrofizowanych do celów wodociągowych. W: *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Red. M. Zalewski. Biblioteka Monitoringu Środowiska: 203-220.
- KASZA H., 2009. Zbiorniki zaporowe. Znaczenie – eutrofizacja – ochrona. Wyd. AT-H, Bielsko-Biała.
- LEPISTÖ L., ROSENSTRÖM U., 1998. The most typical phytoplankton taxa in four types of Boreal lakes. *Hydrobiologia* 369/370: 89-97.
- LOSSOW K., 1998. Ochrona i rekultywacja jezior – teoria i praktyka. *Idee Ekol. Ser. Szkice* 13, 7: 55-71.
- NEGRO A.I., DE HOYOS C., VEGA J.C., 2000. Phytoplankton structure and dynamics in Lake Sanabria and Valparaíso reservoir (NW Spain). *Hydrobiologia* 424: 25-37.
- RAKOWSKA B., SITKOWSKA M., SZCZEPOCKA E., SZULC B., 2005. Cyanobacteria water blooms associated with various eukaryotic algae in the Sulejów reservoir. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 34, 1: 31-38.
- REYNOLDS C.S., 1996. The plant life of the pelagic. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 26: 97-113.
- ROTT E., 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. *Schweiz. Z. Hydrol.* 43/1: 34-62.
- SIEMIŃSKA J., 1964. Flora słodkowodna Polski. Bacillariophyceae. PWN, Warszawa.
- STARMACH K., 1989. Plankton roślinny wód słodkich. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. PWN, Warszawa – Kraków.
- TWARDY S., KOPACZ M., KOSTUCH M., KUŹNIAR A., SMOROŃ S., MAZURKIEWICZ-BOROŃ G., SZAREK-GWIAZDA E., JARZĄBEK A., KOWALIK A., KSIĄŻYŃSKI K.W., SARNA S., TWARÓG B., 2003. Kryteria wyznaczania wód i obszarów wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych (na terenie RZGW w Krakowie). Opracowanie monograficzne. Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej, Kraków.
- VOLLENWEIDER R., 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.

LOADS OF BIOGENIC COMPOUNDS AND THE DEGREE OF EUTROPHICATION IN THE DAM RESERVOIR OF KOZŁOWA GÓRA

Summary. This article presents the research, which was carried out in the water of the Kozłowa Góra reservoir. It concentrated on the influence of the biogenic compounds on eutrophication process. The aim of this article was to define the role of nitrogen and phosphorus on eutrophication of the water of the reservoir. Majority parameters (b.o. concentration of total nitrogen, total phosphorus) and permissible and dangerous loads of phosphorus were indicated the eutrophication character of this reservoir. A large concentration of chlorophyll *a* (the average value: 36,9 $\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$) and a large value biomass of phytoplankton (the average value: 18,2 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) were the results of high level of trophy. This reservoir provides drinking water to people, so, proper protection advisable and prospective conservation measures are necessary.

Key words: eutrophication, loads biogens, biomass of phytoplankton, chlorophyll *a*

Jachniak E., 2011. Ładunki związków biogennych a stopień eutrofizacji zbiornika zaporowego Kozłowa Góra. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #55.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Ewa Jachniak, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: ejachniak@ath.bielsko.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

6.07.2011

Do cytowania – For citation:

*Jachniak E., 2011. Ładunki związków biogennych a stopień eutrofizacji zbiornika zaporowego Kozłowa Góra. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #55.*