

Stanisław A. Rybicki

OCHRONA ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH PRZED ZANIECZYSZCZENIEM

Wymagania dotyczące jakości wody w zbiorniku zaporowym zależą głównie od celu w jakim gromadzi się wodę, lecz powinny także zapewnić określoną jakość wody odprowadzanej ze zbiornika. W wielu przypadkach w następstwie stagnacji wody w zbiorniku, jak również w wyniku innych zjawisk, jakość wody odpływającej ze zbiornika jest gorsza niż jakość wody dopływającej. Do ważniejszych przyczyn oddziałujących niekorzystnie na jakość wody w zbiornikach zaporowych można zaliczyć:

- zanieczyszczenia wprowadzane przez dopływy,
- zanieczyszczenia pochodzące z bezpośredniej zlewni zbiornika,
- oddziaływanie dna i brzegów zbiornika,
- następstwa przemian jakościowych w zbiorniku (eutrofizacja).

Najwięcej uwagi przypisuje się pierwszej grupie czynników, gdyż zwykle mają one decydujący wpływ na charakterystykę wody w zbiorniku. Stopień oddziaływania poszczególnych przyczyn na jakość wody jest zróżnicowany, zależnie od warunków przyrodniczych, gospodarczych, technicznych i innych.

Sposoby ochrony zbiorników zaporowych przed zanieczyszczeniem mogą polegać na zapobieganiu tzw. zanieczyszczeniom „zewnątrznym” i „wewnętrzny” oraz na oddziaływaniu na przebieg przemian w wodzie zgromadzonej w zbiorniku. W skrajnych przypadkach może okazać się konieczne czyszczenie czaszy zbiornika. Jeżeli sposoby te nie dadzążądanego rezultatu, to pozostaje jedynie zwiększenie stopnia oczyszczania wody pobieranej ze zbiornika, a w ekstremalnych warunkach dostarczanie odbiorcom wody nie odpowiadającej przepisom, za zgodą władz sanitarnych lub bez niej. Bowiem nie jest łatwe wydanie zakazu dostarczania wody, nawet gdy jej jakość nie odpowiada przepisom.

Zwykle dopływy do zbiornika stanowią największe „zewnątrzne” ognisko zanieczyszczeń. Wartości dopływających ładunków są wypadkową zanieczyszczeń typu punktowego i obszarowego. Podstawowe znaczenie dla możliwości zmniejszenia ładunków zanieczyszczeń ma sposób ich powstawania. Zanieczyszczenia punktowe są łatwiejsze do opanowania i kontrolowania niż zanieczyszczenia obszarowe (rozproszone). Specyficzną odmianą zanieczyszczeń są zanieczyszczenia liniowe, których klasycznym przykładem są drogi. W obszarach podgórskich powszechnym zanieczyszczeniem liniowym są dopływy z wiejskich zagród tzw. „ulicówek”, położonych wzdłuż potoków, w bliskiej odległości od brzegów. Ścieki oraz gnojowica odpływają wtedy w sposób jawny lub skryty do wód powierzchniowych.

Dla zbiorników zaporowych szczególnie niekorzystne są substancje biogenne, wywołujące proces eutrofizacji. Zawiesina natomiast zmniejsza pojemność zbiornika. Substancje trujące i toksyczne są niebezpieczne dla biocenozy zbiornika i dla użytkowników wody. Szczególnie wysokie ładunki substancji biogennej zawarte są w odpływach pochodzących z zagród zwierząt domowych, co obrazuje tabela 1. Przyjmując jednostkowy ładunek zanieczyszczeń na jednego mieszkańca np.: BZT₅ ok. 60 g O₂/d, azotu ogólnego 10 g N/d i fosforu ogólnego 2 g P/d, można określić równoważne liczby mieszkańców. Zwykle ładunki zanieczyszczeń pochodzących od zwierząt gospodarskich są znacznie wyższe niż w ściekach. Twierdzenie, że wybudowanie kanalizacji sanitarnej we wsi zapewni ochronę wód przed zanieczyszczeniem, gdyż odpady pochodzące od zwierząt zostaną prawidłowo zagospodarowane — pozostaje często pobożnym życzeniem. Kolejną przyczyną zanieczyszczeń wód płynących i następnie zbiorników jest erozja, szczególnie gruntów ornych. Proporcja ładunków zanieczyszczeń w dopływach pochodzenia obszarowego do punktowego i liniowego jest zmienna i zwykle zależy od natężenia przepływu wody i od stanu zagospodarowania zlewni, a także od czystości atmosfery [3].

Tabela 1

Jednostkowe dobowe ładunki zanieczyszczeń w gnojowicy [22]

Rodzaj zwierząt		Wskaźnik zanieczyszczeń			
		BZT ₅	ChZT	N _{og}	P _{og}
Bukaty	g/szt.	360	770	105	52
	RM	6	7,7	10,5	26
Krowy mleczne	g/szt.	600	1180	180	77
	RM	10	12,9	18	38,5
Trzoda chlewna	g/szt.	86	150	14	11
	RM	1,4	1,5	2,4	10,5

Od szeregu lat zwraca się uwagę na praktykę racjonalnego użytkowania zlewni zbiorników wodociągowych [9]. Szczególnie dużo uwagi przypisuje się właściwej gospodarce nawozami naturalnymi i sztucznymi [13, 16]. Dokonywano także prób wyprodukowania specjalnych nawozów przeznaczonych do użytkowania na obszarach ochronnych ujęć wód [2]. Można podać wiele przykładów ustanowienia i zrealizowania stref ochronnych dla wodociągowych zbiorników zaporowych.

Strefy ochronne zbiorników zaporowych

Zbiornik zaporowy Kleine Kinzig [3] ma pojemność całkowitą 13,0 mln m³, średnią głębokość 23,0 m, średni roczny przepływ 0,55 m³/s; czas wymiany wody wynosi 270 dni, powierzchnia zlewni jest równa 18,6 km². Woda doprowadzana do zbiornika jest do-

brej jakości; wartości średnie roczne stężeń niektórych domieszek były następujące: fosfor 0,015 g P/m³, azotany 0,8 g N/m³, ChZT 17 g O₂/m³. Manganu, żelaza i azotu amonowego nie wykryto. Liczba bakterii wynosiła 100 kom./cm³. Strefą ochronną objęto całą zlewnię. W pasie o szerokości 100 m przylegającym do lustra wody, istniejący las przebudowano na ochronny, zwiększając ilość drzew liściastych. Dla zabudowań mieszkalnych (150 osób) zrealizowano kanalizację odprowadzaną poniżej zapory. Zrezygnowano z nawożenia fosforem, ograniczono stosowanie pestycydów. Przygotowano czaszę zbiornika do zalewu usuwając humus i ściółkę leśną.

Zbiornik zaporowy wodociagowy Grosse Dünn ma pojemność 80 mln m³ [17]. Powierzchnia zlewni wynosi 88 km² i jest zamieszkiwana przez około 7 tys. osób. Dla wykluczenia lub co najmniej ograniczenia zagrożeń jakości wody przewidziano różne przedsięwzięcia prawne, ekologiczne i technologiczne. Podstawowym działaniem prawnym było wprowadzenie stosownych ustaleń do planu zagospodarowania terenu. Przygotowanie strefy ochronnej prowadzono etapowo, rozpoczynając od obszaru ochrony bezpośredniej (ok. 1300 ha). Przeniesiono zabudowania dla 220 osób, wykarczowano 220 ha lasów, zalesiono powierzchnię 120 ha. W istniejących lasach zwiększono udział drzew liściastych z 40 do 60%. Obramowaniem zewnętrznym pierwszej strefy jest szeroki pas krzewów kolczastych. Z obszaru zalewu usunięto glebę gruntów ornych i łąk (ok. 200 tys. m²), wszystkie rośliny, a nawet korzenie krzewów. Usunięto także nawierzchnię asfaltowej drogi o długości 8 km. W czasie wstępnego piętrzenia (zwanego oczyszczającym) następuje przechodzenie z gleby do wody wielu niekorzystnych substancji. Są one z wody usuwane lub neutralizowane przez dodatkowe napowietrzanie, mieszanie warstw wody w zbiorniku i inne działania. Kontrolę obszaru zlewni oraz badania jakości wody dopływów i zbiornika prowadzi się nieprzerwanie, zwracając szczególną uwagę na pochodne ropy naftowej. Na zewnątrz strefy ochronnej urządzono drogi turystyczne (o łącznej długości 50 km) z miejscami do parkowania i punktami widokowymi. W zlewni powyżej zapory Grosse Dünn wybudowano dwie zapory wstępne i szereg spiętrzeń — ze względów ekologicznych. Celowość budowy zbiorników wstępnych nie jest oceniana jednoznacznie pozytywnie [23]. Podaje się jednak, że oprócz dodatkowego wyrównania przepływu spełniają one szereg funkcji, oddziałujących na jakość wody [4], przez:

— zatrzymywanie materiałów wleczonych i zawiesiny,

- zatrzymywanie substancji biogenych (usuwanie 40÷90% fosforanów),
- biochemiczny rozkład ładunków organicznych doprowadzanych ze zlewni,
- zabezpieczenie zbiornika głównego przed szkodliwymi ładunkami np. pochodnymi ropy naftowej,
- poprawę warunków utrzymania dobrej jakości wody oraz warunków estetycznych przy końcu cofki (zapobieganie intensywnemu wzrostowi roślinności przy odsłonięciach powierzchni czaszy zbiornika).

Zaleca się podzielenie zbiornika wstępnego na strefę sedimentacji (przygotowaną do oczyszczania) oraz strefę „reaktora” do usuwania fosforu. Dla ochrony jakości wody zbiornika zaporowego wybudowano przy wlocie dopływów baseny infiltracyjne. Woda przesiąkając przez warstwę piasku (umieszczonego w obramowaniach betonowych) ulega oczyszczeniu. Rezultaty działania takich urządzeń w zbiorniku zaporowym Wehebach [6] przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że w warstwie piasku, którego współczynnik filtracji przyjmowany jest w granicach od $6 \cdot 10^{-4}$ do $2 \cdot 10^{-5}$ m/s, zachodzą procesy cedzenia, adsorpcji, wymiany jonowej oraz reakcje enzymatyczne. Działanie basenów infiltracyjnych w istotny sposób poprawia jakość wody w zbiorniku zaporowym Wehebach. Jego pojemność wynosi 25 mln m³, powierzchnia akwenu 162 ha, a obszar zlewni ma tylko 43,5 km². Pierwsza strefa ochrony ujęcia obejmuje akwen oraz przyległy pas terenu o szerokości 100 m. Inne użytkowanie (np. rekreacja) jest dopuszczane tylko na zewnątrz tego obszaru.

W zbiorniku zaporowym Dobczyce (oddanym do użytku w 1986 r.) zlokalizowano ujęcie wody dla wodociągu m. Krakowa. Obszar ochrony bezpośredniej obejmuje przeważającą część akwenu oraz pas przyległy do niego [18]. Szerokość tego pasa ostatecznie wynosi 30÷80 m (wg pierwotnych zamierzeń miała być większa); przewidziano tu krzewy kolczaste, a jako etap przejściowy — ogrodzenie z siatki. Strefa ochrony pośredniej obejmuje zlewnię bezpośrednią zbiornika. W obrębie czaszy zbiornika przewidywano między innymi usunięcie drzew wraz z korzeniami, humusu oraz osadów przemysłowych i gruntu przesyconego pochodnymi ropy naftowej (z terenu byłego Ośrodka Maszynowego); niestety nie wszystkie zalecenia zrealizowano. W strefie ochrony pośredniej (ok. 60 km²) ścieki powinny być odprowadzane do kanalizacji, której wylot do odbiornika ma być umieszczony poniżej zbiornika zaporowego. Przewidziano specjalną gospodarkę rybacką, przygotowano miejsca do odłowów siecio-

Tabela 2

Jakość wody zbiornika zaporowego Wehebach [6]

Wskaźnik	Jednostka	Przed wybudowaniem kanalizacji			Po wybudowaniu kanalizacji			Po oddaniu basenów infiltracyjnych		
		min	max	śr.	min	max	śr.	min	max	śr.
Przewodność	μ S/cm	160	210	177	154	171	163	151	172	167
Fosfor całkowity	μ g/dm ³	1	35	15	2	23	10	3	10	5
Amoniak	g N/m ³	0,08	0,19	0,14	0,04	0,21	0,11	0,02	0,2	0,07
Mangan	g Mn/m ³	0,18	0,94	0,44	0,12	0,41	0,22	0,06	0,29	0,15
O ₂	% nas.	10	115	74	21	113	66	39	94	77
pH	—	6,0	7,1	6,5	6,3	7,2	6,6	6,3	7,1	6,7

wych. Przewidziano stosowne ustalenia co do zabudowy w rejonie tej strefy w planach zagospodarowania przestrzennego. Ograniczono liczbę zwierząt gospodarskich w zagrodach do takiej, która odpowiada 10 DJP. Zrealizowano jednostki pływające z odpowiednim napędem, wyposażone m.in. w urządzenia do napowietrzania wody zbiornika na różnych głębokościach. Duże trudności wywołało przestrzeganie zalecenia zakazującego gromadzenia nieczystości na polach w obrębie strefy pośredniej. Wystąpił spór co do tego, czy należy tu zakazać wywożenia i składowania nawozów naturalnych, również w okresie zimowym. Prawdopodobnie prowadzona gospodarka rybacka jest uważana za bardzo ważny czynnik regulujący jakość wody w zbiornikach zaporowych [12, 23]. Jej celem jest utrzymywanie warunków dających rękojmię dobrej jakości wody, a nie stwarzanie atrakcyjnych warunków rekreacyjnych czy też dających wysokie połowy ryb. Należy zapewnić dobór odpowiednich gatunków ryb oraz odpowiedni sposób odłowów ryb i przygotowania łowisk. Wstępna eksploatacja zbiornika Dobczyce wskazuje na znaczny i pozytywny wpływ prawidłowej gospodarki rybackiej na jakość wody zbiornika zaporowego [19, 20].

W niektórych przypadkach właściwym rozwiązaniem okazuje się być bezpośrednie polepszanie cech wody znajdującej się w zbiorniku zaporowym. Stosowane są różne sposoby, zależne od warunków lokalnych, a m.in. od przyczyn i stopnia eutrofizacji wody, a także od wielkości zbiornika. Znane są przykłady dobrych efektów stosowania siarczanu miedziowego; dawka 22,5 g na 1 m² akwenu (w postaci bryłek) spowodowała obniżenie zawartości sinic, które wywoływały nieprzyjemny smak i zapach wody. W ciągu 3 dni przeprowadzono w miejscach zwiększonego stężenia sinic około 26 tys. kg siarczanu miedziowego [5].

Od około 30 lat praktykowane jest napowietrzanie wody jezior i zbiorników zaporowych. Pierwsze zastosowania tego procesu dotyczyły jezior naturalnych i były tam stosowane różne rozwiązania, zależne od stopnia eutrofizacji i głębokości jezior. Niektóre rozwiązania są bardzo proste [7, 8]. W Polsce również dokonano kilku prób poprawy jakości wody w jeziorach [9, 10].

W zbiorniku zaporowym Wahnbach wystąpiły wyraźne zjawiska eutrofizacji [1]. Pojemność zbiornika wynosi 40 mln m³, wahania poziomu wody sięgają 10 m, głębokość maksymalna wynosi 40 m, natomiast długość cofki wywołanej piętrzeniem jest rów-

na 5 km. Zastosowano tu urządzenie napowietrzające składające się z trzech zasadniczych części, tj. dwóch rur połączonych rynną skrzynkową, znajdującą się częściowo ponad zwierciadłem wody. Dłuższa z dwóch rur zaczyna się 2,0 m nad dnem i ma konstrukcję składającą się z odcinków łatwych do montażu. Do jej dolnej części doprowadzone jest powietrze ze sprężarek. Mieszanka wody i powietrza unosząc osady, przemieszcza się ku górze, dopływając do rynny. Na przeciwnym końcu rynny umieszczona jest druga rura spadowa, którą natleniona woda spływa z powrotem do wylotów umieszczonych pod warstwą metalimnionu. Mogą być one skierowane w wybranych, różnych kierunkach. Promień działania wynosi około 3 km od rury spadowej. W ten sposób następuje natlenienie wody, a także cyrkulacja warstwy hipolimnionu. Pobór mocy przez sprężarkę wynosi około 60 kW, czas pracy około 200 dni na rok. Ciśnienie powietrza wynosi 4÷5 barów, ilość około 11,8 Nm³/min. Zmodyfikowaną formę tego urządzenia zastosowano w ostatnich latach w zbiorniku zaporowym Aabach [14].

Zbiornik zaporowy Eureka oddano do użytku w 1942 r. Tu zlokalizowano ujęcie wody dla miasta [15]. Powierzchnia zlewni rzeki do przekroju zapory wynosi 6,8 km². Pojemność zbiornika równa jest 272 tys. m³, średnia głębokość wynosi 1,9 m, powierzchnia akwenu 14,4 ha. Ilość pobieranej wody wynosi około 2400 m³/d. Od wielu lat woda w tym zbiorniku miała niekorzystny smak i zapach. Mimo oczyszczania wody cechy te utrzymywały się nadal. W roku 1979 wykonano nowe ujęcie, tym razem wód podziemnych, ale i tu jakość wody ulegała systematycznemu pogarszaniu. Prowadzone badania wody ze zbiornika zaporowego wykazały występowanie korelacji między pojawieniem się sinic a zawartością żelaza, manganu i amoniaku. Wyraźnie wyższe były stężenia tych domieszek przy dnie niż pod lustrem wody. W roku 1981 (V÷X) prowadzono napowietrzanie wody zbiornika. Urządzenie napędzane silnikiem o mocy 1,2 kW składało się z reduktora obrotów i wirnika umieszczonego na osi pionowej. Wirnik miał 6 łopatek o nastawianym kącie. Już w tym okresie napowietrzania uzyskano zasadniczą poprawę jakości wody zbiornika. W roku 1982 aerator był włączony łącznie przez 9 miesięcy. Zastosowano też siarczan miedzi i następnie nadmanganian potasowy. Uzyskano dobre rezultaty, szczególnie dla wody przy dnie. Zrezygnowano z wykorzystywania wód podziemnych i powrócono do ujmowania wody ze zbiornika Eureka. W latach 1982÷83 wirnik był wykorzystywany przez 9 miesięcy w roku; miedziowania nie stosuje się. Wobec

Tabela 3

Zmiany jakości wody w następstwie napowietrzania zbiornika [15]

Wskaźnik jakości wody	Próbki wody przy powierzchni				Próbki wody przy dnie			
	1978		1983		1978		1983	
	śr.	zakres	śr.	zakres	śr.	zakres	śr.	zakres
Amoniak, g N/m ³	0,2	0,0—0,89	0,35	0,03—3,5	3,97	0,43—7,11	0,26	0,06—0,90
Azotany, g N/m ³	—	—	4,16	0,09—9,5	—	—	4,1	0,07—9,23
Żelazo rozp., g Fe/m ³	0,17	0,06—0,37	0,28	0,09—1,3	5,27	0,16—10,9	0,35	0,09—1,4
Mangan rozp., g Mn/m ³	0,10	0,0—0,058	0,06	0,03—0,1	3,91	0,24—9,0	0,11	0,03—0,9
Zasadowość, g CaCO ₃ /m ³	145	94—185	192	126—276	221	150—301	196	124—268

systematycznej poprawy jakości wody (tab. 3) obniżył się koszt jej uzdatniania. W latach 1982/83 wynosił on 0,066 USD/m³, w latach 1987/88 obniżył się do 0,049 USD/m³. Dla wody podziemnej koszt ten wynosił 0,14 USD/m³. W skrajnym przypadku, gdy inne sposoby zawiodą, pozostaje usuwanie osadów pod wodą (lub po obniżeniu poziomu wody w zbiorniku) i deponowanie ich w odpowiednich miejscach [16].

Podsumowanie

Ochrona jakości wody w zbiornikach zaporowych, szczególnie przeznaczonych dla celów wodociągowych, może być realizowana w różny sposób. Podstawą wyboru metody ochrony powinna być szczegółowa i wieloaspektowa analiza przeprowadzona dla konkretnych warunków. Między innymi istotną rolę odgrywa czas zatrzymania wody w zbiorniku zaporowym i przygotowanie czaszy zbiornika. Podstawowe znaczenie ma właściwe użytkowanie gospodarcze obszaru położonego w zlewni zasilającej ujęcia wody.

Wśród wielu możliwości ochrony i poprawy jakości wody w zbiornikach, stale na pierwszym miejscu jest zmniejszenie ładunków (przede wszystkim substancji biogennych) w dopływach do zbiornika. Jest to podstawowy warunek uzyskania dobrych efektów zarówno tzw. łamania stratyfikacji termicznej, jak i bezpośredniego napowietrzania wody zbiornika.

Działania zmierzające do poprawy jakości wody zgromadzonej w zbiorniku mają powiązanie z przebiegiem oczyszczania wody ujmowanej z tego akwenu. Dlatego istotny wpływ na prowadzenie tych działań powinny mieć przedsięwzięcia eksploatujące urządzenia wodociągowe.

LITERATURA

1. H. BERNHARDT: Die hypolimnische Belüftung der Wahnachtsperre. GWF, Wasser-Abwasser, 1978, Nr 4, ss. 177—182.
2. M. CHALUPA, J. KORANDA, V. FONSEK: Granulovane karbohnajiva a jejich aplikace v ochranných pasmech vodních zdrojů. Vodní Hospodárství, „B“, 1978, Nr 10, ss. 261—265.
3. J. FISZER: Opady atmosferyczne jako obszarowe źródło zagrożenia wód powierzchniowych. Mat. IX sem. „Ochrona środowiska obszarów rekreacyjnych”, wyd. PZITS Nr 611/3, Kraków, T. 3, ss. 5—18.
4. G. FRIEDRICH: Erweiterte Aufgaben von Vorbecken an Trinkwassertalsperren. Wa-Wi, 1985, Nr 4, ss. 162—168.

5. A. Mc GUIRE et. al.: Controlling Attached Blue-Green Algae With Copper Sulfate. JAWWA, 1984, No 5, ss. 60—69.
6. H. G. HOFFMANN: Massnahmen für die Trinkwassernutzung der Wehebachtalsperre. Wa-Wi, 1985, Nr 4, ss. 155—161.
7. O. KLEE, P. LORENZ: Sanierung von eutrophieren Seen: Diagnose und Beispiel einer gelungenen Therapie. GWF, Wasser-Abwasser, 1989, Nr 1, ss. 21—27.
8. H. J. KRAMBECK: Zur hypolimnischen Belüftung von Gewässern mit der „Okopumpe Plön“. GWF, Wasser-Abwasser, 1986, Nr 3, ss. 137—140.
9. K. LOSSOW: Sztuczne napowietrzanie jeziora jako metoda rekultywacyjna. Mat. konf. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”, PZITS, Toruń 1985.
10. C. MIENTKI: Ochrona i rekultywacja jezior. Efekty usuwania wód hypolimnionu z jeziora Kortowskiego. Mat. konf. „Ochrona jezior ze szczególnym uwzględnieniem metod rekultywacji”, PZITS, Toruń 1985.
11. E. A. NUSCH, P. KOPPE: Die Veränderung der Wasserqualität durch Stanhaltung in Talsperren. Wa-Wi, 1975, Nr 1, ss. 7—12.
12. K. OPUSZYŃSKI: Ryby roślinożerne a eutrofizacja wód. Mat. symp. „Biomaniplacja jako metoda biologiczna zachowania czystości wody w zbiornikach zaporowych”, Wyd. PZITS nr 553, ss. 95—105.
13. H. OSTER, W. PLUGE: Umweltgerechte Düngung zur Lasten des Wasserverbrauches? Die Diskussion um den Wasserpflanzung. GWF, Wasser-Abwasser, 1986, Nr 2, ss. 93—97.
14. K. J. PRIEN, H. BERNHARDT: Belüftung der Aabachtalsperre. GWF, Wasser-Abwasser, 1989, Nr 4, ss. 206—213.
15. R. K. RAMAN, B. R. ARBUCKLE: Long-Term Destratification in an Illinois Lake. JAWWA, 1989, No 6, ss. 66—71.
16. A. REINHOLD: Die Verflechtung von Seensanierung und Düngestoffproduktions — eine Massnahme der territorialen Rationalisierung. WWT, 1980, Nr 9, ss. 311—313.
17. J. RENNER: Verbeugende Massnahmen zum Schutz der Wasserqualität an Trinkwassertalsperren aufgezeigt am Beispiel der Grossen Dünn — Talsperre. Wa-Wi, 1985, Nr 4, ss. 183—184.
18. S. A. RYBICKI: Wybrane problemy projektowania strefy ochronnej ujęcia ze zbiornika zaporowego. Mat. sem. proj., Zakopane 1980, ss. 29—58.
19. J. STARMACH: Możliwość regulacji funkcjonowania systemu zbiornika Dobczyckiego. Mat. symp. „Biomaniplacja jako metoda biologiczna zachowania czystości wody w zbiornikach zaporowych”, wyd. PZITS nr 553, ss. 139—143.
20. J. STARMACH: Próba ochrony jakości wody wodociągowego zbiornika w Dobczycach metodą biologiczną. Mat. IX sem. „Ochrona środowiska obszarów rekreacyjnych”, wyd. PZITS nr 611/3, Kraków, T. 2, ss. 69—75.
21. A. WALEWSKI, P. BIELAWSKI: Zagrożenie wód powierzchniowych gnojowicą w świetle działalności kontrolnej PIOS. Mat. sem. „Technika i technologia rolniczego użytkowania gnojowicy”, T. 3, wyd. PZITS nr 456, Nowy Targ 1985.
22. S. WRÓBEL: Uwarunkowania jakości wody w zbiornikach zaporowych. Mat. symp. „Biomaniplacja jako metoda biologiczna zachowania czystości wody w zbiornikach zaporowych”, wyd. PZITS nr 553, ss. 145—158.
23. Materiały archiwalne BPBK w Krakowie.

IMPOUNDMENT LAKE POLLUTION CONTROL

Discussed are the principles and methods of pollution control when the lake water is used for municipal supply. External and internal pollution sources affecting the com-

position of the water stored in the reservoir are analyzed, particular consideration being given to eutrophication processes. A detailed characterization of the protecting zones for some reservoirs is presented, and methods of water quality improvement are proposed.