

Ferenc F. Abraham
Anna Vincze
Istvan Licskó

WPŁYW ZMIAN JAKOŚCI WODY W ZBIORNIKACH ZAPOROWYCH NA TECHNOLOGIE JEJ UZDATNIANIA

Na Węgrzech w końcu 1987 roku 87% ludności kraju korzystało z wodociągów publicznych, a do sieci wodociągowej podłączone było 69% mieszkań. Wodociągi dostarczały 10⁹ m³/a wody, z której 60% było przeznaczone dla ludności, 25% dla przemysłu (jako woda na cele socjalne) oraz 15% dla innych celów. Z przeszło 3000 miast i miasteczek w 670 zachodziła potrzeba dowożenia wody do picia w beczkowozach lub w opakowaniu (w ilości 2 dm³/Md), ponieważ z lokalnych źródeł nie można było zaspokajać nawet elementarnych potrzeb ludności [2]. W ostatnim czasie obserwuje się zaostrenie wymagań konsumentów, zarówno co do jakości wody jak i do poziomu świadczonych usług.

Warunki hydrologiczno-hydrogeologiczne powodują, iż mimo dodatniego bilansu ogólnego rozbiórki wód naturalnych, są rejon w kraju i okresy czasu, kiedy dostarczanie wody do picia i potrzeb gospodarczych jest możliwe wyłącznie za pomocą wodociągów regionalnych oraz transferu wody [1, 3]. Najbardziej dotknięty brakiem wody jest okręg przemysłowy w północnej części kraju, tj. województwa Borsod i Nógrád.

W województwie Heves (w górach Mátra) występuje zapotrzebowanie wody na cele komunalne, przy całkowitym braku miejscowych możliwości poboru wody [1]. Dla zaspokojenia potrzeb tego regionu zaczęto w 1958 r. budowę pierwszego regionalnego wodociągu na Węgrzech (ERV). Ten regionalny wodociąg obecnie dostarcza wodę 86 miejscowościom (w tym 5 miastom i 26 większym jednostkom przemysłowym). ERV eksploatuje sieć wodociagową o długości 800 km z 15 zbiornikami dolnymi o łącznej pojemności 12 tys. m³ i z 34 zbiornikami górnymi o łącznej pojemności 27 tys. m³. Woda pobierana jest z 29 źródeł o łącznej wydajności 200 tys. m³/d. Wodociąg regionalny eksploatuje 7 zbiorników zaporowych (w tym 6 na cele wodociagowe) o łącznej pojemności użytkowej 18,54 mln m³ [5].

Zbiornik zaporowy Lázberc był pierwszym obiektem wybudowanym na cele wodociagowe. Jego użytkownicy dysponują już przeszło 20-letnim doświadczeniem w eksploatacji zbiornika oraz technologii uzdatniania czerpanej z niego wody. W pierwszym okresie eksploatacji ujemnie wpływały na jakość wody pozostawione na terenie zalewowym korzenie i pnie wyciętych drzew, krzaki oraz masa liści z otaczającego zbiornik lasu. Okresowo zawartość manganu wzrastała powyżej 1,0 g Mn/m³. Z upływem kilku lat obserwowano coraz większe zakwity glonów oraz podwyższenie utlenialności wody ujmowanej ze zbiornika. Z dużym opóźnieniem rozpoczęto prace kanalizacyjne przyległych miejscowości oraz usuwanie innych źródeł zanieczyszczeń znajdujących się na terenie zlewni.

Opóźnienia w ukształtowaniu należytej strefy ochronnej powodowały, iż do zbiornika wprowadzono znaczny ładunek zanieczyszczeń organicznych i substancji biogennych. Regularnie występuje w ostatnich latach masowy rozwój glonów. Stwierdza się także znaczną ilość osadu dennego o uciążliwym zapachu. Nie dokonuje się spustu osadów ze względu na brak możliwości ich magazynowania i przeróbki. Obecnie pracuje się nad rozwiązaniem utleniania osadów i usuwania z niego substancji lotnych za pomocą pływających aeratorów głębinowych.

Zbiornik zaporowy Hasznos jest najnowszym obiektem, oddanym do eksploatacji w 1986 r. Zbiornik o konstrukcji nowoczesnej umożliwia pobór wody na cele uzdatniania z 8 poziomów. Teren zalewowy był w należyty sposób przygotowany i oczyszczony przed zalaniem wodą. Utworzono bezpośrednią strefę ochronną. Warunki hydrogeologiczne są zupełnie inne niż w przypadku zbiornika Lázberc, gdyż występujące tu podłoże jest ubogie w węglany wapnia i magnezu. Na terenie zlewni znajdują się miejscowości bez kanalizacji oraz inne obiekty, które zagra-

Tabela 1

Charakterystyka zbiorników zaporowych

Nazwa zbiornika zaporowego	Lázberc	Komrávölgy	Hasznos	Csórret	Mizserfa
Dopływ Rzeka Potok	— Bán	Ipoly —	— Kővicses	— Nagy	Zagyva —
Wielkość zlewni [km ²]	133	—	36	8,38	38
Wysokość zwierciadła wody n.p.m.	—	197	283	534	238
Objętość 10 ⁶ [m ³]	6,2	4,4	2,1	1,0	1,0
Największa głębokość [m]	18	22	25	22,5	28,3
Średnia głębokość [m]	7,75	9,0	9,1	8,55	7,75

Jakość wody w zbiornikach zaporowych

Do niniejszych rozważań wzięto pod uwagę pięć zbiorników zaporowych budowanych w różnym czasie i różniących się między sobą warunkami hydrogeologicznymi. Wszystkie zbiorniki służą do celów zaopatrzenia w wodę. Charakterystykę techniczną zbiorników podano w tabeli 1.

Tabela 2

Parametry jakości wody zbiornika Hasznos

Wskaźnik	Rok	Zbiornik zaporowy*				Dopływ**	
		I	III	V	VII	1	2
Utlenialność gO ₂ /m ³	1886	3,50	3,50	3,60	3,75	3,50	3,58
	1887	4,38	4,00	3,30	3,16	3,72	3,82
Mn ²⁺ g/m ³	1886	0,20	0,30	0,36	0,38	0,09	0,13
	1987	0,13	0,29	0,34	0,32	0,08	0,19
N—NH ₄ ⁺ gN/m ³	1986	0,28	0,36	0,39	0,47	0,30	0,33
	1987	0,51	0,42	0,39	0,69	0,37	0,53
P rozp. gP/m ³	1986	0,09	0,12	0,17	0,19	0,03	0,35
	1987	0,12	0,14	0,18	0,19	0,08	0,40

* Poziomy ujęć I—VIII od góry do dołu

** 2 przed miastem
2 za miastem

zają jakości wody. Uśrednione niektóre wskaźniki jakości wody zbiornika i potoku podano w tabeli 2.

Zbiornik zaporowy Komravölgy jest zbiornikiem bocznym, napełnianym przez pompowanie wody ujemowanej z rzeki granicznej Ipoly. 70% zlewni rzeki przypada na teren Słowacji, dopływy na terenie Węgier są małe. Przepływy w rzece są bardzo zmienne; w niektórych latach pobór wody z rzeki możliwy jest zaledwie przez kilka miesięcy. W tej sytuacji niezależnie od jakości wody konieczne jest jej pompowanie do zbiornika. Prowadzone w latach 80-tych badania jakości wody pobieranej z rzeki i magazynowanej w zbiorniku wskazują na pogarszanie się jej składu. W tym zbiorniku poniżej 5–7 m tlen rozpuszczony występuje w małych ilościach. Nagromadzona na dnie znaczna ilość osadów w warunkach beztlenowych może stanowić źródło fosforu [6]. W górnej strefie zbiornika regularnie dochodzi do masowego rozwoju glonów — m.in. sinic. Uśrednione wyniki pomiarów niektórych wskaźników jakości wody zawiera tabela 3.

W tej sytuacji konieczne są działania w celu polepszania jakości wody w zbiorniku, gdyż istnieją poważne problemy z jej uzdatnianiem na cele komunalne. Badane są dwa alternatywne rozwiązania:

Parametry jakości wody zbiornika Komravölgy

Badane wskaźniki	Rok	Zbiornik zaporowy		Rzeka
		Poziom górny	Poziom dolny	
Utlenialność gO ₂ /m ³	1985	4,65	4,50	5,40
	1986	5,38	4,70	5,90
	1987	5,12	5,32	6,22
Tlen rozp. gO ₂ /m ³	1985	5,80	2,00	8,40
	1986	6,30	2,40	8,70
	1987	6,00	1,80	7,50
N—NH ₄ ⁺ gN/m ³	1985	1,10	2,85	2,20
	1986	1,50	2,70	2,90
	1987	2,80	3,62	3,71
P rozp. gP/m ³	1985	—	—	—
	1986	0,32	2,04	2,15
	1987	0,47	2,86	3,48

Przy obu rozwiązaniach zachodzi potrzeba rekultywacji istniejącego zbiornika zaporowego.

Zbiornik zaporowy Csórrét (w górach Mátra) leży na wysokości 534 m n.p.m., a oddany był do eksploatacji w roku 1973. W zlewni tego zbiornika nie ma znaczącego, skupionego źródła zanieczyszczeń. Natomiast na kierunku dominujących wiatrów w odległości 25–40 km zlokalizowane są zakłady metalurgiczne i centra przemysłowe. Warunki geologiczne są swoiste: występuje znaczna erozja, gleba jest powyżej kilkucentymetrowa, a naturalne podłoże zbudowane jest z andezytu i tufy [5]. Na obszarze zlewni stwierdzono znaczny spadek pH wód opadowych (w ostatnim dziesięcioleciu w kraju zaobserwowano spadek pH wód opadowych z 5,7 do 4,5). Tabela 4 przedstawia charakterystyczny skład głównych wód powierzchniowych Węgier w celu porównania z badanym zbiornikiem i jego dopływem. W tabeli 5 zamieszczono wyniki pomiarów zawartości metali ciężkich w śniegu z terenu zlewni zbiornika [5].

Zbiornik zaporowy Mizserfa na rzece Zagyva ma najgorsze położenie spośród badanych zbiorników.

Tabela 4

Skład głównych wód powierzchniowych Węgier

Badane ciek	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Zasadowość val/m ³	Przewodnictwo el. S/m
		g/m ³						
Dunaj (Baja)	8,1	56	13,2	9,9	2,7	43,2	3,0	3,66 · 10 ⁻³
Cisa (Szeged)	7,6	50	8,4	31,5	6,2	48,0	2,6	4,68 · 10 ⁻³
Balaton (Siófok)	8,5	34	44,4	27,8	7,0	105,6	3,9	5,54 · 10 ⁻³
Staw Velence	8,6	24	264,6	341,3	581,0	446,4	20,0	2,41 · 10 ⁻³
Zbiornik zap. Csórrét	6,9	26	6,0	5,5	1,5	48	0,6	1,87 · 10 ⁻³
Dopływ zbiornika	7,1	25	5,4	4,8	1,2	—	0,7	—

Tabela 5

Zawartość metali w śniegu w zlewni zbiornika Csórrét

Stężenie jonów w śniegu	Cd	Pb	Mn	Zn	Cu
	g/m ³ 10 ⁻³				
Wartości					
— średnie	1,36	50,47	30,0	90,0	10,64
— minimalne	0,10	14,00	5,0	30,0	1,00
— maksymalne	7,30	205,00	60,0	270,0	50,00

— Wybudowanie osadnika wstępnego na terenie zalewowym rzeki i obsadzenie go roślinami usuwającymi na drodze biologicznej substancje biogenne — przede wszystkim fosfor.

— Wstępne oczyszczanie chemiczne wody przed wprowadzeniem jej do zbiornika zaporowego.

Tabela 6

Parametry jakości wody zbiornika Mizserfa

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
Utlenialność	g O ₂ /m ³	4,0—12,0
Twardość og.	°tw.	19,3—26,9
Ciała rozpuszczalne	g/m ³	850—1200
Żelazo og.	g Fe/m ³	0,1—1,0
Mangan	g Mn/m ³	0,1 2,0
Chlorki	g Cl ⁻ /m ³	60—100
Siarczany	g SO ₄ ⁻ /m ³	200—400
Azot amonowy	g N/m ³	0,1—2,6
Fosfor rozpuszczalny	g P/m ³	0,1—0,5

Rzeka jest zanieczyszczona ściekami bytowo-gospodarczymi, spływami terenowymi z upraw rolnych, a ponadto miasto Salgótarján — centrum przemysłowe — leży w jej dorzeczu. Zbiornik ten wybudowano z myślą o wykorzystaniu go dla zaopatrzenia przemysłu. Jednakże zapotrzebowanie na wodę spowodowało wykorzystanie wody zbiornika także do celów komunalnych. W roku 1986 władze sanitarne zabroniły poboru wody na cele wodociągowe. W zbiorniku stwierdzono kilkumetrową warstwę osadów w stanie zawieszonym nad dnem. Uśrednione wyniki badań wód zbiornika podano w tabeli 6.

Wysoki deficyt wody na tym terenie zmusza jednak wodociągi do ponownego uruchomienia ujęcia. W pierwszej kolejności systematycznie wyłącza się źródła zanieczyszczeń w zlewni i prowadzi szeroką kontrolę gospodarki wodno-ściekowej zakładów przemysłowych. Usunięto ze zlewni fermę hodowlaną bydła. Poprawiono stan techniczny urządzeń mechanicznych i zadbano o bezpośrednie otoczenie zbiornika. Prowadzi się systematyczne badania jakości wody zbiornika oraz dopływu. Projektuje się wypompowywanie osadu z dna i ciągłe napowietrzanie wody w dolnych warstwach zbiornika.

Możliwości przystosowania technologii uzdatniania do zmieniającej się jakości wody w zbiornikach

We wszystkich omawianych zbiornikach obserwuje się pogarszanie jakości wody; nawet w najnowszym zbiorniku Hasznos można spodziewać się niekorzystnych zmian. Zakłady uzdatniania ujmują wodę o zmiennej i z biegiem czasu coraz gorszej jakości co sprawia, że jakość wody uzdatnionej budzi wiele zastrzeżeń. Technologia oczyszczania opracowana była bowiem dla danych warunków, bez większych rezerw technologicznych.

Zakład uzdatniania wody Lázberc ma wydajność nominalną 40 tys. m³/d. Stary zakład o wydajności 24 tys. m³/d będzie zmodernizowany i w ten sposób łączna docelowa produkcja wody w Lázberc wynosić będzie 60 tys. m³/d. Przy projektowaniu nowego zakładu stosowaną technologię uzupełniono o napowietrzanie wody po koagulacji. Nowa technologia uzdatniania przedstawia się następująco: chlorowanie wstępne — koagulacja w klarowniku (z zastosowaniem metody cyklofok) — napowietrzanie — filtracja przez otwarte filtry pośpieszne — chlorowa-

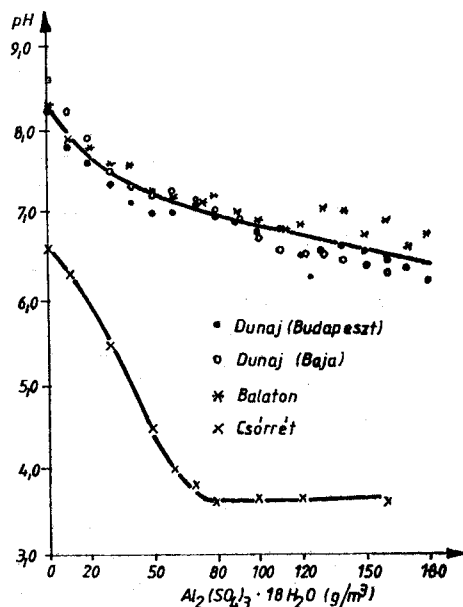
nie końcowe. Chlorowanie wstępne stosuje się do obezwładnienia glonów, lecz w następstwie tego występuje niebezpieczeństwo wytwarzania się trójhalemetanów. Stąd też stosuje się sukcesywne dawkowanie chloru w dawkach podzielonych. Metoda cyklofok okazała się przydatna do wód ze zbiorników zaporowych w okresach małej lub umiarkowanej mętności wody i pozwala na około 50%-owe zwiększenie obciążenia hydraulicznego powierzchni klarownika. Równocześnie występuje jednak szereg problemów natury technicznej, takich jak utrzymywanie pożądanego obiegu piasku, szybkie zużywanie się hydrocyklonów, itp. Stałym problemem okazało się niewystarczające usuwanie glonów (przepisy pozwalają na 10 tys. kom./dm³ w wodzie do picia). Klarownik zatrzymuje 96÷98% glonów, ale przy (5÷10)·10⁷ kom./dm³ w wodzie surowej na filtry przypadłoby dalsze 99,5% co przy stosowanym uziarnieniu (d = 1÷3 mm) nie jest możliwe. Zakład obecnie jest w fazie rozruchu. Można oceniać, że poprawę jakości wody uzdatnionej uzyska się poprzez poprawę jakości wody w zbiorniku i stosowanie optymalnych parametrów technologicznych procesu uzdatniania.

Zakład uzdatniania wody w Hasznos ma nominalną wydajność 15 tys. m³/d. Przy zaniechaniu stosowania metody cyklofok w koagulacji, zakład może pracować z wydajnością 10 tys. m³/d. Zakład ten nie ma jeszcze poważniejszych problemów z jakością wody surowej. Technologia jest podobna do opisanej wyżej, lecz nie stosuje się napowietrzania; natomiast zastosowano filtry węglowe zamknięte po filtrach piaskowych. Praca klarownika jest intensyfikowana przy pomocy wbudowanych pakietów w jego strefie sedymentacji.

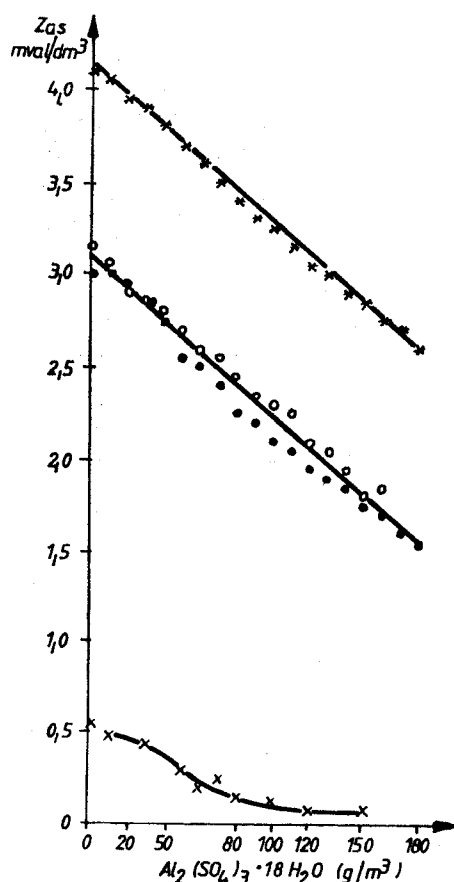
Zakład uzdatniania wody w Mihálygerge o wydajności 12 tys. m³/d, ujmujący wodę ze zbiornika Komravolgy, ma bogate doświadczenia technologiczno-eksploatacyjne. Zakład należy do tych, które nie polecają zwiedzającym smakowania własnego produktu, bowiem mimo starannej obsługi stosowana technologia nie wystarcza do uzdatniania silnie zanieczyszczonej wody zbiornika. Duże wstępne dawki chloru powodują występowanie trójhalemetanów w wodzie uzdatnionej. Konwencjonalną technologię koagulacja—filtracja pośpieszna uzupełniono okresowym dawkowaniem KMnO₄, pylistego węgla aktywnego i mleka wapiennego. Prowadzono doświadczenia w skali technicznej z ozonowaniem wody przy pomocy ozonatorów produkcji krajowej. Jednakże ze względu na nieodpowiedni sprzęt, ten niezbędny jednostkowy proces technologiczny jest obecnie wyłączony z eksploatacji. Przy planowanej rozbudowie zakładu, technologia uzdatniania wody będzie rozpatrywana w powiązaniu ze wstępnym uzdatnianiem wody ze zbiornika.

Zakład wodociągowy w Csórrét o wydajności 3000 m³/d uzdatnia wodę o specjalnym składzie (tab. 4). Podstawowa technologia uzdatniania składa się z koagulacji i filtracji. Po rozruchu w 1978 r. wskutek niedostatecznego wymieszania koagulantu z wodą surową obserwowano krótkie cykle filtracji i obecność wodorotlenku glinu w odpływie. W kolejnej próbie uzdatniania, z pominięciem koagulacji w

układzie: wstępne chlorowanie — dawkowanie utleniacza (KMnO_4) — dawkowanie mleka wapienne — filtracja przez filtr pospieszny — chlorowanie końcowe, stwierdzono obecność trójhalemetanów w wodzie w ilości $(50 \div 70) \cdot 10^{-8} \text{ g/m}^3$, co wskazywało na niedostateczny stopień usuwania związków organicznych. Stwierdzono również silną korozję sieci wodociągowej. Badania laboratoryjne wykazały, że



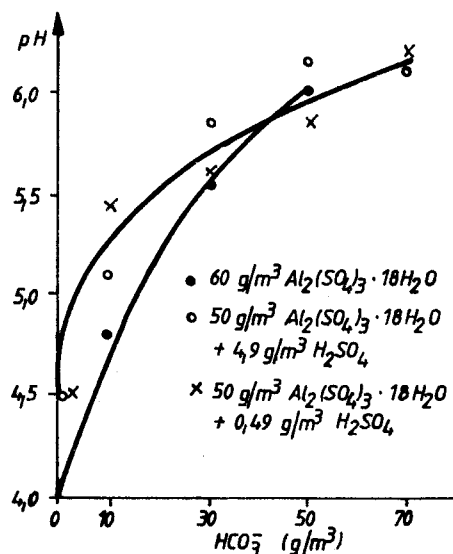
Rys. 1. Zależność pH wody od dawki koagulantu podczas oczyszczania wód z różnych źródeł



Rys. 2. Zależność zasadowości wody od dawki koagulantu podczas oczyszczania wód z różnych źródeł (oznaczenia punktów jak na rys. 1)

dawka siarczanu glinowego 50 g/m^3 powoduje spadek pH wody z 6,6 do 4,5. Na rysunku 1 przedstawiono spadek pH wody surowej z różnych źródeł, a na rysunku 2 spadek zasadowości tych samych wód na skutek dawkowania koagulantu [5]. W celu wyznaczenia dawki koagulantu i innych chemikaliów przeprowadzono odpowiednie badania w VITUKI w Budapeszcie. Badano wpływ dawkowania kwaśnego węglanu sodu na pH wody przy różnych dawkach koagulantu. Rysunek 3 przedstawia uzyskane zależności. Optymalną dawką do usuwania mętności i rozpuszczonych związków organicznych okazała się dawka siarczanu glinowego równa 50 g/m^3 oraz dawka NaHCO_3 równa $70 \div 100 \text{ g/m}^3$. W ten sposób koagulacja przebiegała w zakresie $\text{pH} = 5,8 \div 6,2$, optymalnym do usuwania związków organicznych. Po koagulacji przeprowadzono stabilizację wody za pomocą Na_2CO_3 w celu wyeliminowania jej właściwości korozyjnych. Wydajność zakładu nie uzasadniała stosowania wapna.

Zakład uzdatniania wody przy zbiorniku Mizserfa, do roku 1986 stosował następującą technologię: chlorowanie wstępne — koagulacja powierzchniowa na filtrach radialnych DEVIG — chlorowanie końcowe. Ze względu na pogorszenie jakości wody w zbiorniku obserwowano niezadowalające wartości utlenialności, azotu amonowego, czasami manganu oraz właściwości organoleptyczne wody uzdatnianej. Urząd sanitarny nakazał więc stosowanie technologii bardziej skutecznej dla usuwania związków organicznych. Przy projektowaniu technologii oczyszczania wody zaleca się uwzględnienie podwyższonych wartości ciał rozpuszczonych, twardości węglanowej oraz sezonowych zmian składu wody surowej w zbiorniku. Na podstawie badań własnych, mając na uwadze rozbudowę zakładu (wzrost wydajności z 1500 do 2000 m^3/d), zaproponowano prowadzenie koagulacji w klarownikach o specjalnej konstrukcji, z zastosowaniem jako koagulantu soli glinu, żelaza lub palonego dolomitu. W przypadku stosowania koagulacji przy wysokim odczynie (palony dolomit lub sole żelaza z wapnem), wody sklarowane po wymieszaniu z wodą skoagulowaną przy normalnym pH należy poddać procesowi rekarbonizacji,



Rys. 3. Zależność pH wody od dawek chemikaliów

który będzie prowadzony poprzez napowietrzanie wody powietrzem wzbogaconym w CO_2 . Po obniżeniu pH do ok. 7,5 następuje chlorowanie do punktu przełamania. Uwzględnia się także możliwość dawkowania pylistego węgla aktywnego na początku układu technologicznego. Powyższy układ, który jest w fazie projektowania, przewiduje ujmowanie na cele wodociągowe wody ze zbiornika o niskiej jakości.

Wnioski

1. Równocześnie z budową zbiornika zaporowego na cele wodociągowe należy uporządkować gospodarkę wodno-ściekową zlewni. Zaleca się usuwanie źródeł zanieczyszczeń punktowych i obszarowych. Należy brać pod uwagę również wpływ zanieczyszczeń pochodzących z atmosfery.

2. Zbiorniki zaporowe, wybudowane na cele wodociągowe na terenie ERV są stosunkowo małe, mają znaczną średnią głębokość, jednak wykazują zwiększoną zdolność do produkcji glonów. Można przypuszczać, że decydujący wpływ na jakość wody w tych zbiornikach mają dopływy oraz budowa geologiczna dorzecza. Proponuje się zatem rozważanie budowania osadników wstępnych przed zbiornikami.

3. Technologie uzdatniania wody w zakładach wodociągowych na terenie ERV zostały zaprojektowane na optymalistyczne prognozy jakości wód w zbiornikach zaporowych. Uwzględniono przede wszystkim usuwanie z wód mętności oraz zawiesiny organicznej. Nie przewidywano natomiast pojawie-

nia się problemu wód o niskim odczynie lub o podwyższonej zawartości zanieczyszczeń organicznych.

4. Obserwuje się zaniechanie przez zakłady wodociągowe eksploatacji urządzeń do koagulacji metodą cyklofok. Związane jest to z ich uciążliwą eksploatacją, nieodpowiednim składem granulometrycznym dostarczanego mikropiasku oraz względami energetycznymi. Czyni się natomiast starania o powiększenie obciążenia hydraulicznego klarowników przez zabudowę w ich strefy sedymentacyjne pakietów sedymentacyjnych.

5. Ze względu na okresowe zmiany jakości wody w zbiornikach zaporowych należałoby przy projektowaniu technologii uzdatniania zapewnić odpowiednie rezerwy w układzie technologicznym.

LITERATURA

1. I. FISZER: Wodociągi regionalne na Węgrzech. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 12/1974, s. 401—404.
2. E. JUHASZ, B. DEÁK: A települések vizellátásának és csatornázásának hosszútávú fejlesztési koncepciója. Vizügyi Közlemények, 2/1988, s. 156—166.
3. E. KATONA, J. TÓTH: Problemy zaopatrzenia w wodę i ochrony wód na Węgrzech. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 3/1985, s. 75—77.
4. I. LICSKÓ, K. ZOTTER: Savas csapadék befolyásolta felszíni vizek tisztítási technológiájának módosítását. Vizügyi Közlemények, 1/1987, s. 46—59.
5. Jubileuszowy prospekt firmowy ERV 1962—1987.
6. M. STANGENBERG: Usuwanie fosforu z osadów dennych jako problem rekultywacji jezior. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 12/1974, s. 414—417.
7. J. MAREK: Chemizm jezior o wodach żółtych ze szczególnym uwzględnieniem form fosforu i żelaza. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Nr 140, Wrocław 1983, s. 163—180.

THE EFFECT OF LAKE WATER QUALITY ON THE TREATMENT TECHNOLOGY EFFICIENCY

The main impoundment lakes for municipal water supply in Hungary are characterized. Water composition and the impact of various pollution sources are discussed in de-

tail. Making use of the results obtained from experimental studies and maintenance experience, the advantages and drawbacks of individual technological systems are analyzed. Recommendations pertaining to water pollution control in general, and water quality improvement in particular, are given.