

Jan Pawełek
Władysław Tylek

MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA FILTRÓW POWOLNYCH DO OCZYSZCZANIA WÓD Z RZEK I POTOKÓW GÓRSKICH

Filtry powolne datują swój początek od 1829 roku, tzn. od ich zastosowania do oczyszczania wody ujmowanej z Tamizy dla zaopatrzenia Londynu [1]. Później były one w pewnym okresie uważane za urządzenia mało nowoczesne, coraz rzadziej projektowane, co w konsekwencji prowadziło do tzw. „powolnego zapomnienia o filtrach powolnych”. W ostatnich latach obserwuje się jednak pewien zwrot w kierunku ich projektowania (Holandia, Szwecja), co spowodowane jest różnymi korzyściami wynikającymi z ich stosowania [2—4]. Pozwalają one bowiem w wielu przypadkach na znaczne korzyści ekonomiczne, np. na zrezygnowanie z konieczności budowy i eksploatacji szeregu urządzeń związanych z koagulacją wody oraz na korzyści jakościowe, gdyż np. dodawanie do wody chemikaliów powoduje w wodzie zmiany zarówno korzystne jak i niekorzystne [3].

Osiągnięcie dobrych efektów oczyszczania wody na filtrach powolnych zależy między innymi od jakości wody doprowadzanej na filtr, charakteryzowanej głównie przez mętność. Mętność ta nie powinna być w zasadzie wyższa od 15 g/m^3 [1, 5]. Niektórzy autorzy dopuszczają wyższe mętności nawet do 50 g/m^3 , ale kosztem prędkości filtracji, przy czym zadowalające efekty można jeszcze uzyskać przy mętności $100 \div 200 \text{ g/m}^3$ [3]. Korzyści ze stosowania filtrów powolnych w procesie oczyszczania wody stwarzają podstawę do częstszego ich wprowadzania przy klarowaniu wody.

Możliwości ich stosowania są znacznie większe w przypadku małych wodociągów bazujących na wodzie z rzek i potoków górskich i współpracujących ze zbiornikami zapasowymi. Zastosowanie kilkudobowego zapasu wody umożliwia w okresie podwyższonej mętności przerywanie jej dopływu z ujęcia do układu wodociągowego i korzystanie w tym czasie z wody zgromadzonej w zbiorniku zapasowym. Możliwości takie istnieją przy ujmowaniu wody z rzek i potoków górskich, w których okresy podwyższonej mętności wody trwają stosunkowo krótko. Wyłączenie ujęcia następuje po osiągnięciu przez mętność pewnej wielkości granicznej. Rozwiązanie takie prowadzi w konsekwencji do uproszczenia technologii wstępnego oczyszczania wody [6].

Rozpoczynając prace nad ustaleniem technologii przygotowania wody ujmowanej z rzeki lub potoku górskiego, należy przeprowadzić analizę zasadności wykorzystania zapasu wody. Analiza ta polega na obliczeniu zapasu wody w zbiorniku w zależności od:

- charakterystyki mętności,
- wartości mętności, przy której następuje wyłączenie ujęcia,
- pojemności zbiornika zapasowego wyrażonego w stosunku do $Q_{\text{max d}}$,
- możliwości okresowego poboru wody z ujęcia w czasie odbudowy zapasu wyrażonego w stosunku do $Q_{\text{max d}}$.

Celem tej analizy jest ustalenie liczby braków wody i czasu ich trwania w zależności od wymienionych wyżej czynników [6, 7]. Zastosowanie zbiornika zapasowego w części przypadków eliminuje oczyszczanie wody i umożliwia jej ujmowanie tylko o mętności $\leq 5 \text{ g/m}^3$. W przypadku braku takiej możliwości mętność graniczną ujmowanej wody podwyższa się do 15 g/m^3 i analizuje możliwość jej oczyszczania na filtrach powolnych.

W niniejszej pracy przeprowadzono analizę możliwości stosowania filtrów powolnych (współpracujących ze zbiornikami zapasowo-wyrównawczymi) do oczyszczania wód ujmowanych z wybranych potoków górskich. W zaproponowanych schematach technologicznych filtry te będą jedynymi urządzeniami do poprawy właściwości fizyczno-chemicznych wody.

Metodyka badań

Przystępując do analizy możliwości stosowania filtrów powolnych dokonano wstępnej oceny mętności wód i czasu jej trwania w kilku wybranych punktach poboru wody. W tabeli 1 przedstawiono ogólną charakterystykę mętności w pięciu wybranych przekrojach rzek i potoków z uwzględnieniem czterech granicznych wartości mętności wody. Do oceny wykorzystano wyniki badań mętności wody prowadzonych przez BPBK w Krakowie [8]. W tabeli tej podano okresy, w których mętność wody jest większa od 15 , 50 i 150 g/m^3 . Z punktu widzenia stosowania filtrów powolnych istotny jest rozkład i czas trwania mętności większych od 15 g/m^3 . Przy analizowaniu ujęć wody dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto mętność wody surowej jako $\leq 15 \text{ g/m}^3$. Z tabeli 1 wynika, iż dla czasów trwania mętności powyżej 15 g/m^3 najkorzystniej przedstawia się Kirowa Woda w Kościeliskach i Ropa w Wysowej, a znacznie gorzej Czercz w Piwnicznej, Wiśłok w Jaśle i Dunajec w Mostkach. W oparciu o wstępną ocenę ujmowanej wody do dalszej szczegółowej analizy wybrano trzy punkty poboru wody z następujących potoków: Kirowa Woda, Ropa i Czercz, dające największe możliwości w zabezpieczeniu potrzeb wodnych przez układ złożony z filtru powolnego i zbiornika

Charakterystyka mętności wody w wybranych przekrojach

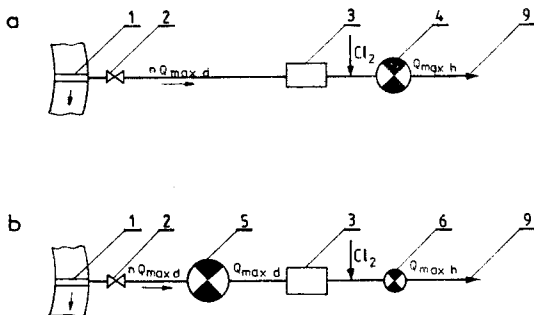
Rzeka — przekrój	Okres obserwacji (d)	Liczba dni o mętności większej od							
		5 g/m ³		15 g/m ³		50 g/m ³		150 g/m ³	
		(d)	(%)	(d)	(%)	(d)	(%)	(d)	(%)
Czercz-Piwniczna	490	117	23,9	49	10,0	13	2,7	4	0,8
Kirowa Woda — Kościeliska	1204	55	4,6	9	0,7	6	0,5	2	0,2
Ropa — Wysowa	324	119	36,7	7	2,2	3	0,9	1	0,3
Wisłok — Jasio	1098	344	31,3	161	14,7	73	6,6	28	2,9
Dunajec — Mostki	794	613	77,2	132	16,6	32	4,0	20	2,5

zapasowego. Szczegółowa analiza polega na ustaleniu liczby braków wody i czasu ich trwania w zależności od mętności ujmowanej wody, pojemności zbiornika zapasowego (0÷7 dób) oraz poboru wody z ujęcia w okresie odbudowy zapasu (1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0) $Q_{max d}$.

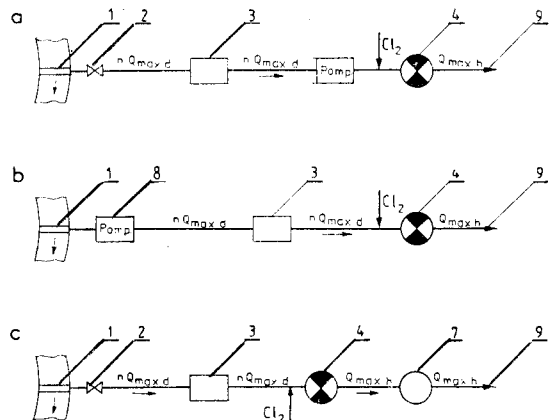
Analiza wyników

Magazynowanie wody czystej jest korzystne w aspekcie niezawodności działania układu wodociągowego. Ze względów sanitarnych zapas ten jednak winien być ograniczony do dwóch dni. W przypadku potrzeby większego zapasu należy gromadzić wodę surową. Założenie powyższe lokalizuje filtr powolny w ciągu technologicznym przygotowania wody. Dla przypadków, w których niezbędny zapas wody jest większy od dwóch dni filtr będzie usytuowany po zbiorniku zapasowym, a w przypadku potrzeby zapasu do dwóch dni — przed zbiornikiem zapasowo-wyrównawczym.

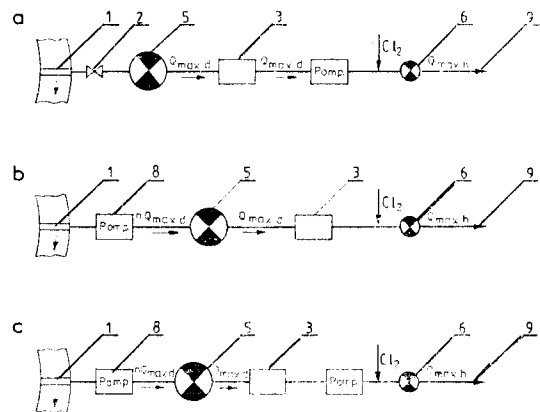
Na rys. 1, 2 i 3 przedstawiono przykłady układów technologicznych wodociągów, w których jedynym urządzeniem do oczyszczania wody jest filtr powolny. Rysunek 1 przedstawia schematy technologiczne wodociągu grawitacyjnego, natomiast rysunki 2 i 3 schematy wodociągów pompowych. Lokalizacja filtrów powolnych uzależniona jest od wielkości niezbędnego zapasu wody. W przypadku schematów 1a, 2a,b,c wydajność filtrów powinna być obliczona dla ilości wody pobieranej z ujęcia w okresie odbudowy zapasu, a więc na wielkość większą od $Q_{max d}$.



Rys. 1. Schematy technologiczne wodociągów grawitacyjnych z filtrami powolnymi współpracującymi ze zbiornikami zapasowymi i wyrównawczymi (a — dla zapasu ≤ 2 doby; b — dla zapasu > 2 doby; 1 — ujęcie, mętnościomierz, 2 — zasawa sterowana mętnościomierzem, 3 — filtr powolny, 4 — zbiornik zapasowo-wyrównawczy, 5 — zbiornik zapasowy, 6 — zbiornik wyrównawczy, 7 — hydrofor, 8 — pompy sterowane dodatkowo mętnościomierzem, 9 — do sieci)



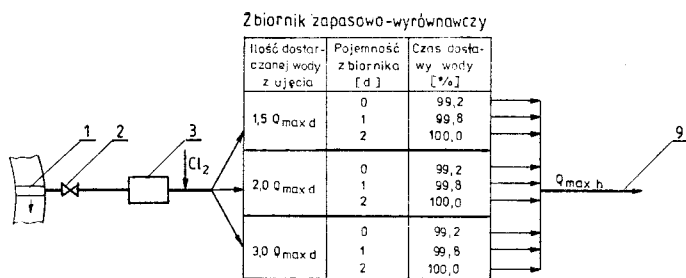
Rys. 2. Schematy technologiczne wodociągów pompowych z filtrami powolnymi współpracującymi ze zbiornikami zapasowo-wyrównawczymi o pojemności ≤ 2 doby (oznaczenia jak na rys. 1)



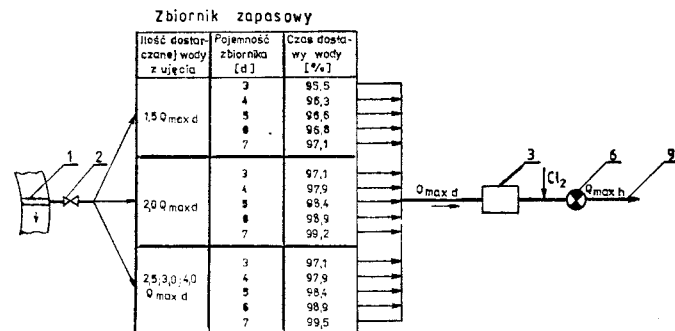
Rys. 3. Schematy technologiczne wodociągów pompowych z filtrami powolnymi współpracującymi ze zbiornikami wyrównawczymi i zapasowymi o pojemności > 2 doby (oznaczenia jak na rys. 1)

O możliwościach praktycznego wykorzystania prezentowanych schematów decyduje w pierwszej kolejności zabezpieczenie dostawy wody, obliczone dla warunków ujmowania wody z konkretnego ujęcia.

Na rysunku 4 przedstawiono, w oparciu o badania mętności wody w czasie 1204 dób, schemat technologiczny przygotowania wody ujmowanej z potoku Kirowa Woda. Rysunek 5 przedstawia schemat dla wody z Czercza, w oparciu o 490-dobowy okres badań. Natomiast rysunek 6, w oparciu o nieco krótszy okres badań — 324 doby — przedstawia układ technologiczny dla wody z potoku Ropa.



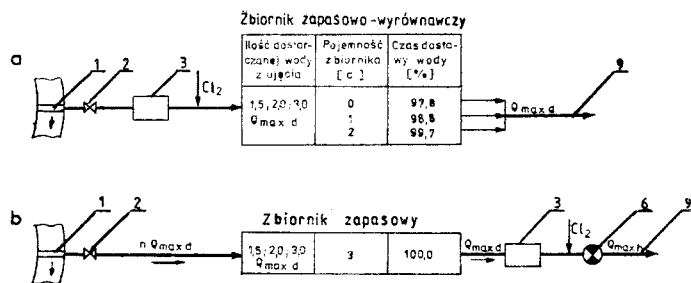
Rys. 4. Grawitacyjny układ wodociągu ze zbiornikiem zapasowo-wyrównawczym o pojemności ≤ 2 doby dla wody ujmowanej z potoku Kirowa Woda w Kościeliskach (oznaczenia jak na rys. 1)



Rys. 5. Grawitacyjny układ wodociągu ze zbiornikiem zapasowym o pojemności > 2 doby dla wody ujmowanej z potoku Czercz w Piwnicznej (oznaczenia jak na rys. 1)

Do ważnych kryteriów oceny poprawnej pracy wodociągu zalicza się między innymi stopień całkowitego pokrycia zapotrzebowania, czas trwania braku wody oraz częstotliwość tych braków. Ocena niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę jest przedmiotem wielu prac [9—11], w których podaje się propozycje dotyczące wymaganych wartości wskaźników niezawodności dla różnych kategorii wodociągów komunalnych. Porównując z nimi przedstawione propozycje układu technologicznego dla Kirowej Wody (rys. 4) należałoby uznać, że dla ich spełnienia w III kategorii wodociągu zasadny jest wybór rozwiązania o jednodobowym zapasie wody, niezależnie od ilości pobieranej wody w okresie odbudowy zapasu, tzn. (1,5; 2,0; 3,0) Q_{max d}. Rozwiązanie to charakteryzuje się dla okresu badawczego 1204 d dwiema jednodobowymi przerwami w dostawie wody. Dokonując podobnej analizy układu technologicznego dla wody z potoku Czercz w Piwnicznej (rys. 5) można zauważyć, iż warunek średniego czasu trwania przerw w dostawie wody nie jest spełniony, gdyż we wszystkich przypadkach jest on większy od 1 doby. Tę niedogodność można zmienić poprzez okresowe kierowanie na filtr powolny wody o mętności wyższej, tzn. 15÷50 g/m³, wtedy kiedy w zbiorniku kończy się woda, a w ujęciu mętność wody przekracza jeszcze mętność graniczną. Czas obciążenia filtru wodą o podwyższonej mętności trwałby np. dla jednodobowego zapasu wody siedem dób, tzn. 1,4% czasu pracy, przy rozłożeniu na pięć przypadków (dwa dwudobowe i trzy jednodobowe), a dla trzydobowego zapasu wody — przez jedną dobę (0,2% czasu pracy).

Zdecydowanie korzystniej w stosunku do wody z potoku Czercz przedstawia się sytuacja wody ujmowanej z Ropy (rys. 6). Analiza schematu wskazuje, iż



Rys. 6. Grawitacyjny układ wodociągu ze zbiornikiem zapasowo-wyrównawczym dla wody ujmowanej z potoku Ropa w Wysowej (a — pojemność zbiornika zapasowo-wyrównawczego ≤ 2 doby, b — pojemność zbiornika zapasowego > 2 doby; oznaczenia jak na rys. 1)

przy dwudobowym zapasie wody zostają spełnione wskaźniki niezawodności dla III kategorii wodociągu, niezależnie od ilości pobieranej wody z ujęcia w okresie odbudowy zapasu. Należy stwierdzić, iż tak dla Ropy, jak i Kirowej Wody nie stwierdzono wpływu wielkości poboru wody z ujęcia (w przedziale 1,5÷3,0 Q_{max d}) na zapewnienie dostawy wody. Stwierdzenie to dotyczy mętności 15 g/m³ jako wartości granicznej, tzn. mętności, powyżej której następuje wyłączenie ujęcia.

Wnioski

1. Przedstawione warianty układów technologicznych przygotowania wody ujmowanej z wybranych potoków górskich wskazują, iż istnieją znaczne możliwości wykorzystania filtrów powolnych, jako jedynych urządzeń do oczyszczania wody ujmowanej z małych rzek i potoków górskich. Możliwość ta zależy w głównej mierze od częstotliwości i czasów trwania podwyższonych mętności wody surowej.
2. Istotnym elementem poszerzającym te możliwości jest zbiornik zapasowo-wyrównawczy, który chroni filtr przed obciążeniem wodą o mętności większej od 15 g/m³. Zastosowanie tego zbiornika w połączeniu z filtrem powolnym może w wielu przypadkach uprościć technologię oczyszczania wody ujmowanej z niektórych rzek i potoków górskich.

LITERATURA

1. A. L. KOWAL: Technologia wody. Arkady, Warszawa 1977.
2. Z. HEIDRICH: Aspekty techniczno-technologiczne działania filtrów powolnych Wodociągu Centralnego w Warszawie. GWiTS, Nr 8—9, 1986.
3. Z. HEIDRICH: Zastosowanie mikrosit i filtrów powolnych do uzdatniania wód powierzchniowych. Mat. II konf. „Ujmowanie wód powierzchniowych dla zaopatrzenia w wodę miast i osiedli”, PZITS Zielona Góra, 1988.
4. G. MICHALSKA: Przykłady zastosowania filtrów powolnych w nowoczesnej technologii uzdatniania wody. GWiTS, Nr 2, 1983.
5. Z. HEIDRICH i inni: Urządzenia do uzdatniania wody, zasady projektowania i przykłady obliczeń. Arkady, Warszawa 1980.
6. J. PAWELEK, W. TYLEK: Zapas wody jako możliwość uproszczenia procesu oczyszczania wód ujmowanych z rzek i potoków górskich dla wodociągów wiejskich.

- Mat. XI konf. „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i osiedli”, PZITS Poznań, 1988, tom V
7. W. TYLEK i inni: Opracowanie zasad projektowania wodociągów wiejskich w terenach górskich. Sprawozdanie z prac badawczych CPBK-10.8.5.1.A.37, AR Kraków 1988 (maszynopis).
 8. **Praca zbiorowa:** Wyniki badań mętności wody w Dunajcu, Wisłoku, Czerczu, Ropie, Kirowej Wodzie. BPBK Kraków (maszynopis).
 9. M. ROMAN: Kryteria niezawodności komunalnych systemów wodociągowych. Mat. konf. „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi”, PZITS Poznań 1982.
 10. A. WIECZYSTY: O potrzebie i możliwościach projektowania systemów zaopatrzenia w wodę z uwzględnieniem ich niezawodności. Mat. konf., PZITS Wisła, 1989.
 11. K. SŁYSZ, P. DOHNALIK: Niezawodność działania zakładów uzdatniania i produkcji wody w świetle przeprowadzonych badań. Mat. konf. „Zagadnienia Zaopatrzenia w Wodę Miast i Wsi”, PZITS Poznań, 1976.

THE APPLICATION OF SLOW SAND FILTERS TO THE TREATMENT OF CREEKS AND TORRENTS

The technological system proposed for the treatment of rivulets in mountainous areas combines a slow filter with

a storage tank. A number of variants are presented and analyzed. The results show that slow filters can be applied as the sole treatment units for the small water supply systems. Their applicability depends primarily on the frequency of occurrence and duration of increased turbidity in the supplying stream.