Wydawnictwo PZITS
Nr 463/2—3(24—25)

OCHRONA ŚRODOWISKA

Wrocław
Październik 1985

Waldemar Sawiniak
Joachim Piegsa
Maria Sobczyk

MODYFIKACJA TECHNOLOGII UZDATNIANIA WODY PODZIEMNEJ

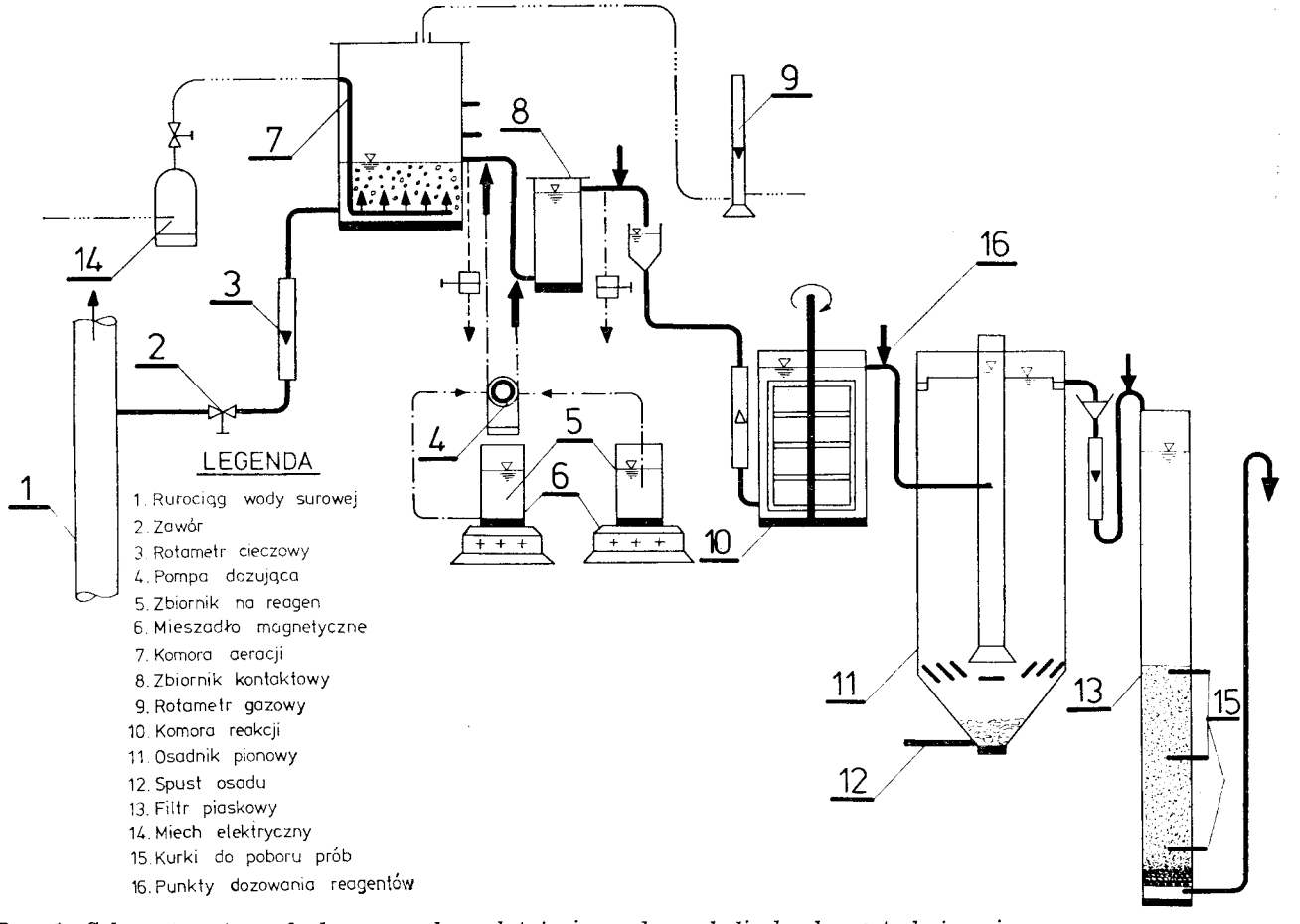
Wody podziemne, uważane jako stałe źródła zaopatrzenia ludności w wodę pitną, zawierają często większe od dopuszczalnych ilości żelaza oraz manganu i wymagają uzdatniania [1, 2]. Metodę odżelaziania i odmanganiania ustala się zwykle doświadczalnie i na tej podstawie projektuje urządzenia uzdatniające. Zaleca się wykonywanie badań w skali ułamkowo-technicznej, które pozwalają na określenie optymalnej technologii uzdatniania [3, 4]. Podczas dłuższej eksploatacji ujęć wód podziemnych, lub w przypadku zwiększenia ich wydajności, obserwuje się niekiedy wzrost ilości zanieczyszczeń, szczególnie żelaza. Wielokść zmian stężenia żelaza może być bardzo zróżnicowana. Autorzy obserwowali na ujęciu wody w woj. opolskim zwiększanie się ilości żelaza średnio od 7,0 mg Fe/dm^3 do 12,0 mg Fe/dm^3 w ciągu 10 lat [5]. Znany jest przykład ujęcia w pradolinie warszawsko-berlińskiej, w którym zawartość żelaza wzrosła od 0,5 mg Fe/dm^3 do ponad 30 mg Fe/dm^3 podczas kilkuletniej eksploatacji [6]. W tym przypadku przyczyną zmian jakości wody surowej były przemiany geochemiczne młodych osadów aluwialnych wywołanych poborem z warstw wodonośnych. Innymi przyczynami zmian ilości zanieczyszczeń może być zwiększenie infiltracji wody do strefy zafiltrowanej studni lub rozszerzenie się strefy areacji w wyniku obniżenia zwierciadła wody podziemnej [6, 7].

Wzrost ilości zanieczyszczeń w ujmowanych wodach powoduje zakłócenia procesów uzdatniania. Zdarzają się przypadki tak znacznej zmiany jakości wody, że w wybudowanych urządzeniach nie można przeprowadzić prawidłowego uzdatniania. Sytuacja taka wystąpiła w jednej ze stacji uzdatniania wody podziemnej woj. tarnobrzeskiego. Podczas badań przedprojektowych i w czasie rozpoczęcia eksploatacji ujęcia składającego się z kilku studni woda zmieszana zawierała: 0,65—0,72 mg Mn/dm^3, 10,7—11,9 mg Fe/dm^3, jej barwa wynosiła średnio 50 mg Pt/dm^3. Uzdatnianie tej wody polegało na napowietrzaniu, dozowaniu wapna i nadmanganianu potasu, sedymentacji w osadnikach poziomych i filtracji pospiesznej. Po 6-letniej eksploatacji ujęcia jakość wody surowej uległa zdecydowanemu pogorszeniu. Zawartość żelaza wynosiła 12—27 mg Fe/dm^3, manganu 0,9—1,6 mg Mn/dm^3, barwa średnio 85 mg Pt/dm^3, która maksymalnie dochodziła nawet do 160 mg Pt/dm^3. Prawie dwukrotny wzrost stężenia podstawowych zanieczyszczeń uniemożliwia prawidłowe uzdatnianie. Doraźne próby poprawy uzdatniania w istniejącym układzie technologicznym nie dały oczekiwanych rezultatów. Uznano za konieczne ponowne przeprowadzenie badań technologicznych nad ustaleniem skutecznej metody uzdatniania z równoczesnym maksymalnym wykorzystaniem istniejących obiektów.

Metodyka badań

W oparciu o wstępne rozeznanie własności wody surowej, przeprowadzono badania na stacji wodociągowej, używając wody surowej, zasilającej ten obiekt. Badania wykonywano równolegle w skali laboratoryjnej i ułamkowo-technicznej. Początkowy etap doświadczeń obejmował próby intensyfikacji procesu uzdatniania przez zwiększanie dawek stosowanych na stacji reagentów. Mała podatność wody na usuwanie zanieczyszczeń spowodowała, że w skali laboratoryjnej rozszerzono próby uzdatniania używając szeregu reagentów, takich jak: wapno, nadmanganian potasu, siarczan glinowy, siarczan żelazowy, ozon i pylisty węgiel aktywny. Przebadano kilkanaście wariantów uzdatniania stosując różne zestawy i dawki reagentów oraz różne czasy reakcji. Zmieniano także kolejność dozowania poszczególnych środków chemicznych. Na podstawie otrzymanych wyników uzdatniania wody w skali laboratoryjnej ustalono takie układy technologiczne i parametry procesów jednostkowych dla skali ułamkowo-technicznej, które rokowały otrzymanie wody zdatnej do picia. Założone ciągi technologiczne zestawiano z modeli urządzeń i prowadzono w nich badania w warunkach przepływowych. Przykład układu technologicznego podano schematycznie na rys. 1.

Dr inż. W. Sawiniak, dr inż. J. Piegsa, dr inż. M. Sobczyk, Instytut Inżynierii i Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Śląskiej, ul. Powstańców Warszawy 10/12, 44-101 Gliwice



Rys. 1 Schemat zestawu badawczego do uzdatniania wody w skali ułamkowo-technicznej

W czasie badań używano następujących modeli wykonanych ze szkła organicznego:

— komora aeracji — zbiornik o średnicy 300 mm i wysokości 600 mm z rusztem perforowanym,
— komora szybkiego mieszania — zbiornik o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm,
— komora flokulacji — zbiornik o średnicy 360 mm i wysokości 500 mm wyposażony w mieszadło,
— osadnik pionowy — zbiornik o średnicy 390 mm zakończony stożkiem o całkowitej wysokości 1120 mm,
— klarownik — zbiornik o średnicy 288 mm i wysokości 4,0 m z zagęszczaczem osadu sięgającym 1,8 m od dołu,
— filtry o średnicy 100 mm i wysokości 3,0 m.

Stopień uzdatniania wody oceniano po wpracowaniu poszczególnych urządzeń w ciągu technologicznym. Układ technologiczny i proces uzdatniania uznawano za zadowalający, jeżeli po wszystkich procesach jednostkowych można było uzyskać conajmniej 12-godzinny cykl filtracyjny.

Omówienie wyników badań

Woda surowa w okresie badań charakteryzowała się niewielką mętnością (0—10 mg/dm^3), bardzo intensywną barwą (60—120 mg Pt/dm^3) oraz znaczną ilością związków organicznych (utlenialność 14,0—24,0 mg O_2/dm^3). Oprócz wymienionych zanieczyszczeń woda zawierała dużo żelaza (8,6—27,0 mg Fe/dm^3), przy czym jego stężenie najczęściej utrzymywało się na poziomie 20,0 mg Fe/dm^3. Zawartość manganu zmieniała się od 1,2—4,0 mg Mn/dm^3, przy czym głównie powtarzały się ilości od 1,3—1,5 mg Mn/dm^3. Przy stosunkowo wysokim pH wody wynoszącym 6,8—7,2 i znacznej zasadowości (3,9—4,7 mval/dm^3), woda surowa zawierała dużo agresywnego dwutlenku węgla. Stosowane w układzie technicznym wapno i nadmanganian potasu nie pozwalają na prawidłowe uzdatnianie wody. Badania intensyfikacji procesu zarówno w skali laboratoryjnej jak i w skali ułamkowo-technicznej, poprzez zwiększanie dawek dotychczas stosowanych reagentów, a także różnych czasów reakcji, nie dały pozytywnych rezultatów. Stwierdzono, że po dodaniu wapna i nadmanganianu potasu oraz wytworzeniu zawiesin, w procesie sedymentacji dobrze usuwało się żelazo, pozostało tylko ok. 2,0 mg Fe/dm^3, natomiast stężenie manganu praktycznie nie uległo zmianie. Barwa nadal wynosiła 60 mg Pt/dm^3. W czasie filtracji usuwano resztki żelaza, a barwa i mangan pozostawały bez zmian. Badania nad koagulacją siarczanem żelazawym z dodatkiem wapna oraz wstępne utlenianie nadmanganianem potasu względnie ozonem lub też dodawanie węgla aktywnego, już w skali laboratoryjnej nie da-

ły pozytywnych wyników. Użycie do uzdatniania siarczanu glinu powodowało dość dobre usuwanie barwy, ale nie zmniejszyło stężenia żelaza i manganu. Dopiero próby z wstępnym utlenianiem przy pomocy nadmanganianu potasu, koagulacji siarczanem glinu i alkalizacji wapnem, wykazały możliwość obniżenia barwy do 20 mg Pt/dm^3 oraz skutecznego usunięcia żelaza i manganu w skali laboratoryjnej. Do badań w skali ułamkowo-technicznej założono następujące parametry technologiczne: 5 mg $KMnO_4$/dm^3, 100 mg/dm^3 technicznego siarczanu glinu, czas flokulacji 25 minut, dawka wapna 120 mg CaO/dm^3, prędkość wznoszenia w osadniku 0,3 mm/s i równoległe w klarowniku 0,7 mm/s, prędkość filtracji 5 m/h. W takim układzie technologicznym, mimo pozytywnych wyników w skali laboratoryjnej, nie można było prawidłowo uzdatnić wody. Barwa po sedymentacji utrzymywała się w granicach 40—50 mg Pt/dm^3, żelazo 6,2—10,0 mg Fe/dm^3, mangan 0,9—3,1 mg Mn/dm^3. Podczas filtracji przez złoże piaskowe usuwało się tylko żelazo i mętność, a na złożu uaktywnionym dodatkowo mangan. Na obydwu filtrach usuwała się częściowo barwa, jednak tylko do wartości około 25 mg Pt/dm^3. Dalsze badania w warunkach przepływowych wykazały, że konieczne jest najpierw usuwanie barwy w środowisku obojętnym na kłaczkach wodorotlenku glinu. Dodawanie wapna po zakończeniu flokulacji umożliwia natomiast wytrącanie związków żelaza i manganu. Wytworzone zawiesiny można razem usunąć w osadniku lub klarowniku. Klarownik spełniał praktycznie rolę osadnika, ponieważ nie utrzymywała się warstwa osadu zawieszonego. W procesie sedymentacji (po alkalizacji wody) nie stwierdzono desorpcji barwy z kłaczków wodorotlenku glinu.

W tym układzie technologicznym uzyskano dobre usuwanie żelaza i manganu po filtrze uaktywnionym, barwa wynosiła jednak 25—30 mg Pt/dm^3. Poprzedni układ technologiczny rozbudowano ponownie o dozowanie nadmanganianu potasu. Zmieniono kolejność dozowania tego reagenta z wstępnego utleniania na końcowe po osadniku i klarowniku. Zastosowanie dawki $KMnO_4$ w ilości 5mg/dm^3 jak dla wstępnego utleniania, zdecydowanie poprawiło usuwanie barwy naturalnej. Przed filtrami utrzymywała się lekko różowa barwa świadcząca o nadmiarze utleniacza. W ciągu dalszych doświadczeń ustalono, że dawkę nadmanganianu potasu dozowanego przed filtrami można obniżyć do 2 mg/dm^3, przy utrzymaniu prędkości filtracji wynoszącej 5 m/h (tabela 1 i 2).

Tabela 1

WYNIKI UZDATNIANIA WODY W SKALI UŁAMKOWO-TECHNICZNEJ

Parametry procesu: Dawka siarczanu glinu — 100 mg/dm^3, czas flokulacji — 20 min., dawka wapna — 90 mg/dm^3, prędkość wznoszenia w osadniku — 0,35 mm/s, w klarowniku — 0,7 mm/s, dawka nadmanganianu potasu — 2 mg/dm^3

Oznaczenie	Jednostka	Woda			
		surowa	po areacji	po osadn.	po klarown.
Barwa	mg Pt/dm^3	80—100	80—120	30—45	25—40
Mętność	mg/dm^3	0	0	25—40	25—35
Odczyn	pH	6,8—7,0	6,9—7,2	8,2—8,6	8,3—8,6
Kwasow. og	mval/dm^3	1,8—2,2	1,1—1,3	0	0
Zasad. F	mval/dm^3	0	0	0,1—0,2	0,1—0,2
Zasad. og.	mval/dm^3	4,3—4,4	4,3—4,4	2,2—3,2	2,2—3,2
Żelazo	mg Fe/dm^3	13,6—25,0	—	3,4—4,2	3,0—3,9
Mangan	mg Mn/dm^3	1,2—1,5	—	0,6—0,8	0,6—0,9
Utlenialn.	mg O_2/dm^3	15,5—19,0	—	11,2—14,6	10,2—13,9

Tabela 2

SKRÓCONA ANALIZA WODY PO PROCESIE FILTRACJI

Prędkość filtracji — 5 m/h, Filtr I — piaskowy, Filtr II — uaktywniony

Oznaczenie	Jednostka	Woda									
		po filtrze I, godz.					po filtrze II, godz.				
		3	6	9	12	15	3	6	9	12	15
Barwa	mg Pt/dm^3	15	20	25	25	25	15	20	20	20	20
Mętność	mg/dm^3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Odczyn	pH	8,6	8,5	8,4	8,3	8,4	8,5	8,2	8,3	8,3	8,4
Kwasowość og.	mval/dm^3	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0
Zasadowość F	mval/dm^3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1
Zasadowość og.	mval/dm^3	3,2	3,2	3,0	2,8	3,2	2,7	3,0	3,0	2,8	2,8
Żelazo	mg Fe/dm^3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mangan	mg Mn/dm^3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utlenialność	mg O_2/dm^3	10,2	11,4	11,5	11,2	11,8	10,0	9,4	7,6	8,8	8,6
Opory filtracji	cm	28	58	74	96	137	22	50	83	100	114

Wnioski

1. Na podstawie badań wykonanych w skali ułamkowo-technicznej ustalono optymalny układ uzdatniania wody, składający się z następujących operacji jednostkowych: aeracja, dozowanie siarczanu glinu, flokulacja, dozowanie wapna, sedymentacja, dozowanie nadmanganianu potasu, filtracja przez złoże uaktywnione, dezynfekcja.
2. Dla prawidłowego uzdatniania wody w analizowanej stacji wodociągowej zachodzi konieczność uzupełnienia schematu technologicznego o dozowanie siarczanu glinu i wprowadzenie komór flokulacji przed osadnikami oraz zmianę dozowania wapna i nadmanganianu potasu.

LITERATURA

1. C. ĆWIERTNIEWSKI: Program ochrony wód wgłębnych. Mat. Semin. Nauk.-Techn. SITWM. Warszawa 1974 str. 73—84.
2. Z. PŁOCHNIEWSKI: Występowanie żelaza i manganu w wodach podziemnych utworów czwarto-

rzędowych. Biuletyn Instytutu Geologicznego Nr 277. Warszawa 1973.
3. E. KOSTRZEWA, H. TETZIAW: Badania technologiczne nad odżelazianiem i odmanganianiem wody w skali modelowej. Przegląd Informacyjny IGK Nr 1 Warszawa 1970.
4. W. SAWINIAK, J. PIEGSA, M. SOBCZYK: Ustalenie parametrów technologicznych uzdatniania wody podziemnej o dużej zawartości żelaza i manganu. Mat. Konf.: Zagadnienia Zaopatrzenia w Wodę Miast i Wsi. PZITS Poznań, 1980 Tom II, str. 234—241.
5. PRACA ZBIOROWA: Ustalenie metody uzdatniania wody dla SUW Zawada w Opolu. Politechnika Śląska 1983 (nie publikowane).
6. T. BŁASZCZYK, J. GÓRSKI: Zmiany jakości wód podziemnych w warunkach intensywnej eksploatacji. Wyd. Akcydensowe. Warszawa 1978.
7. J. BIENIEWSKI: Wpływ drenowania górotworu na warunki wodne w otoczeniu kopalni odkrywkowej. Mat. Konf.: Środowisko wobec zmian stosunków wodnych wywołanych działalnością górniczą. SITG Karpacz 1982 str. 51—57.

W. Sawiniak, J. Piegsa, M. Sobczyk

A modified technology of groundwater treatment

It has often been observed during the operation of water works that the quality of raw water decreases rapidly. Analyses of groundwater showed that iron content, manganese concentrations and actual colour had increased to 27 mg Fe/dm³, 4 mg Mn/dm³ and 100 mg Pt/dm³, respectively. The technological system which had been applied so far (aeration, lime adjustment, potassium permanganate dosage, sedimentation and filtration) was found to be inefficient. Making use of the data obtained from laboratory-scale and quarter-technical scale technological investigations, a modified water treatment technology has been developed. The technological system consists of alum coagulation, lime treatment after passage through the flocculation tanks, sedimentation of suspended solids in the setting tanks, addition of potassium permanganate and filtration on a bed activated with manganese oxides.