

Iwona LASOCKA-GOMUŁA, Paulina KANIA
Agata MACIOŁEK

Zakład Wody
AQUANET SA
Poznań

STABILNOŚĆ CHEMICZNA WODY PODZIEMNEJ ZE STACJI OCZYSZCZANIA W GRUSZCZYNIE

CHEMICAL STABILITY OF GROUNDWATER FROM GRUSZCZYN WATER TREATMENT PLANT

Problem of carbonates precipitating in water was noticed by customers in the beginning of January 2007 during operations on water treatment plant connected with turning on the charcoal (carbonic) filters and setting in motion modernized aeration tank. After revealing the problem, actions were taken up aimed at defining the causes of carbonate-calcic balance disturbance and leading to minimize this problem. The water was analysed both before and after boiling it, and the precipitating deposit after boiling was analysed with regard to its amount and structure. Systematically taken actions in the water treatment plant brought noticeable effects.

1. Wprowadzenie

Woda pełni niezwykle ważną rolę w szeroko rozumianym życiu, a jej jakość jest bardzo istotnym elementem zdrowia publicznego. Z tego względu każdy producent wody przeznaczonej do spożycia musi w sposób ciągły dostarczać odbiorcom produkt dobrej jakości, spełniający co najmniej wymagania zawarte w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. Jednakże zapewnienie odpowiedniej jakości wody nie jest jedynym kryterium, jakie muszą spełniać firmy wodociągowe. Ujmowana woda zawiera mieszaninę związków chemicznych, w której zachodzą nieustanne reakcje fizyczno-chemiczne i biochemiczne zarówno w warunkach naturalnych, np. w gruncie, jak i sztucznych, np. w ciągu urządzeń tworzących układ technologiczny stacji oczyszczania wody. Podobne zmiany, choć z różną intensywnością, obserwuje się także w sieci wodociągowej. Brak stabilności chemicznej i/lub biologicznej wody jest często powodem jej wtórnego zanieczyszczenia w sieci i instalacjach wodociągowych.

Często niedocenianym zagadnieniem zarówno w literaturze, jak i w praktyce są zmiany jakości wody, jakie mogą zachodzić bezpośrednio u odbiorcy. Wprawdzie zakłady wodociągowe odpowiadają za jakość zimnej wody, jednakże na nich spoczywa także obowiązek dostarczania

wody, która np. w trakcie gotowania zachowa swoje właściwości organoleptyczne, a więc takie, które do końca są akceptowane przez odbiorców. Właśnie zagadnienie jakości wody po jej przegotowaniu u konsumentów, usytuowanych na końcówkach sieci wodociągowej, stało się istotnym problemem podczas rozruchu stacji oczyszczania wody podziemnej w Gruszczyźnie.

2. Stabilność chemiczna wody zasilającej stację oczyszczania

Woda dostarczana do stacji oczyszczania w Gruszczyźnie (w maksymalnej ilości 24 tys. m³/d), jest ujmowana z dwóch ujęć głębinowych – Gruszczyń i Promienko. Są to ujęcia wody podziemnej (czwartorzęd) o odmiennym składzie chemicznym. Do najważniejszych i istotnych różnic w składzie wody tych ujęć należy zaliczyć zawartość substancji organicznych – ujęcie Gruszczyń ma pod tym względem jakość wody zgodną z obowiązującymi przepisami, natomiast woda z ujęcia Promienko jest na granicy maksymalnej dopuszczalnej zawartości substancji organicznych (OWO). W wodzie z obu ujęć jest przekroczona zawartość związków żelaza, występujących średnio w ilości ok. 2,5 gFe/m³ oraz manganu, którego średnia zawartość 0,14 gMn/m³ zaledwie trzykrotnie przekracza wartość dopuszczalną. Rozpatrując wskaźniki jakości ujmowanej wody w aspekcie jej stabilności chemicznej (równowaga węglanowo-wapniowa) należy zwrócić uwagę na zasadowość, która jest zdecydowanie większa w przypadku wody z ujęcia w Promienku. Jest ona również większa od twardości ogólnej wody z tych studni, co świadczy o występowaniu tzw. zasadowości alkalicznej spowodowanej obecnością wodorowęglanów sodu i potasu. Właściwości takich nie ma woda ze studni w Gruszczyźnie, której twardość ogólna jest większa od zasadowości wody, co wskazuje na występowanie twardości niewęglanowej, spowodowanej obecnością chlorków i siarczanów wapnia i magnezu. Pokrywa się to również z większą zawartością chlorków i siarczanów w wodzie z ujęcia Gruszczyń w stosunku do wody z ujęcia Promienko. Różnica między zasadowością wody z ujęć Promienko i Gruszczyń jest bardzo duża, wynosi średnio ok. 80 gCaCO₃/m³. Wodę ze studni ujęcia Promienko dodatkowo cechuje zwiększona intensywność barwy i obecność azotu amonowego, którego zawartość wynosiła nawet do 0,82 gNH₄⁺/m³.

Tab. 1. Jakość wody ujmowanej z ujęć Promienko i Gruszczyń w latach 2005–2006

Tab. 1. Water quality from intakes Promienko and Gruszczyń in the years of 2005–2006

Wskaźnik	Jednostka	Promienko	Gruszczyń
pH	–	7,16 – 7,53	7,32 – 7,48
Barwa	gPt/m ³	28,5	23,6
Azot amonowy	gNH ₄ ⁺ /m ³	0,69	0,30
Żelazo ogólne	gFe/m ³	2,41	2,48
Mangan	gMn/m ³	0,14	0,14
Twardość ogólna	gCaCO ₃ /m ³	308	278
Zasadowość ogólna	gCaCO ₃ /m ³	324	247
OWO	gC/m ³	5,01	1,97
Utlenialność	gO ₂ /m ³	2,26	0,83

Oceniając jakość wody ujmowanej z poszczególnych studni należy zwrócić szczególną uwagę na analizę zawartości poszczególnych jonów, która pozwala wskazać szacunkowo, jakie związki występują w wodzie z danej studni, co jest szczególnie ważne w przypadku wapnia i magnezu, które decydują o stabilności chemicznej wody. W tabeli 2 zamieszczono wartości wskaźników wpływających na stabilność chemiczną wody z poszczególnych odwiertów obu ujęć.

Tab. 2. Podstawowe wskaźniki charakteryzujące stabilność chemiczną wody ujmowanej przez stację oczyszczania w Gruszczyźnie

Tab. 2. Basic parameters characterizing chemical stability of water taken by Gruszczyń water treatment plant

Studnie ujęcia Promienko	Wskaźnik				
	Indeks Langeliera	Zasadowość alkaliczna mval/m ³	Twardość ogólna gCaCO ₃ /m ³	pH	Suma siarczanów i chlorków g/m ³
1	-0,04	0,02	307	7,16	14,2
2	0,07	0,31	310	7,27	12,1
3	0,14	–	290	7,44	21,9
4	0,23	0,37	295	7,53	15,2
5	0,16	0,76	340	7,36	5,2
Studnie ujęcia Gruszczyń	Wskaźnik				
	Indeks Langeliera	Zasadowość alkaliczna mval/m ³	Twardość ogólna gCaCO ₃ /m ³	pH	Suma siarczanów i chlorków g/m ³
H1/1	-0,20	–	213	7,40	53,9
H2/1	0,07	–	255	7,47	34,7
H3/1	0	–	325	7,40	77,1
H4/1	0,14	–	295	7,49	48,8
H5	0,06	–	275	7,41	18,6
H6	-0,03	–	285	7,32	29,4
H7	-0,04	–	265	7,36	29,0
H8	-0,02	–	310	7,33	68,8
H9	-0,09	–	280	7,36	18,2

Praktycznie woda ze wszystkich studni ujęcia Promienko (poza studnią nr 1) ma dodatnią wartość indeksu Langeliera (już w momencie ujmowania wody, bez jej obróbki technologicznej), co świadczy o skłonnościach wody do wytrącania osadów. Studnie w Gruszczyźnie natomiast w większości mają wodę charakteryzującą się ujemną wartością indeksu Langeliera, co z kolei jest informacją o nieznacznej agresywności wody.

W analizie zawartości poszczególnych jonów w wodzie nie uzyskano zbilansowania kationów i anionów. Prawdopodobna tego przyczyna wiąże się z obecnością w wodzie jonów siarczkowych (HS⁻), niepoddawanych analizie laboratoryjnej oraz kompleksów organicznych (kationy w połączeniach organicznych).

Skład jakościowy wody z poszczególnych studni wpływa na skłonność do wytrącania z wody węglanu wapnia, bądź utrzymania równowagi, nawet po przejściu przez ciąg procesów technologicznych oczyszczania wody. Jest to jednak tylko pewna tendencja. O tym, czy w przypadku stacji oczyszczania wody w Gruszczynie rzeczywiście węglan wapnia ulega wytrąceniu decydują także inne czynniki. Do takich sprzyjających czynników można zaliczyć:

- małą zawartość substancji organicznych,
- wzrost pH wody (związany z zasadowością alkaliczną),
- czas reakcji (od momentu wprowadzenia wody do sieci do momentu jej pozyskania przez odbiorców, osad pojawiał się w zwiększonej ilości na końcówkach sieci)
- temperaturę wody, wpływającą na rozpuszczalność dwutlenku węgla.

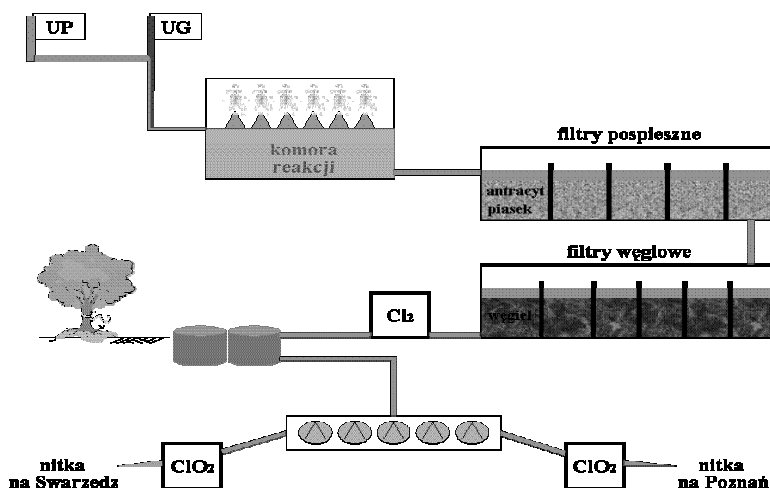
3. Charakterystyka stacji oczyszczania wody w Gruszczynie

Najistotniejszym elementem w układzie technologicznym oczyszczania wody w Gruszczynie jest stacja pięciu filtrów pospiesznych o łącznej powierzchni filtracji 108 m², wraz z procesem napowietrzania wody. Modernizacja tych filtrów, zakończona w grudniu 2006 r., objęła przede wszystkim wymianę złoża jednowarstwowego, piaskowego, na dwuwarstwowo, piaskowo-antracytowe, o starannie dobranej granulacji i ciężarze nasypowym antracytu. Komory filtracyjne zostały wyposażone w nowoczesny wąskoszczelinowy drenaż. Wprowadzone zostało także elektroniczne sterowanie wydajnością każdego z pięciu zmodernizowanych filtrów pospiesznych. Filtry w nowym układzie zaczęły pracować całą objętością złoża, bez przebieg hydraulicznych, z kontrolowaną prędkością filtracji, a skutkiem tego była istotna poprawa jakości przefiltrowanej wody.

Problemem stacji przed jej modernizacją było sterowanie procesem napowietrzania, w którym natlenienie wody było niewystarczające, jak również niewystarczający był proces desorpcji siarkowodoru. W związku z powyższym podjęto decyzję o rozbudowie układu napowietrzania wody. Zwiększona została powierzchnia hali napowietrzania, w której zamontowano 24 rurociągi z rozbryzgowymi dyszami napowietrzającymi. Wysokość hali została zwiększona oraz wyposażono ją w mechaniczną wentylację, przez co uzyskano lepszą wymianę powietrza, co w konsekwencji spowodowało poprawę desorpcji siarkowodoru oraz uzyskanie dużej zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie.

Następnym elementem układu technologicznego, który został wprowadzony do procesu oczyszczania wody były filtry z węglem aktywnym, mieszczące się w nowowyprowadzonym specjalnie do tego celu budynku. Otrzymano w ten sposób większą stabilność osiągniętych rezultatów oczyszczania, a co najważniejsze – uzyskano zmniejszenie zawartości w wodzie substancji organicznych, mierzonej za pomocą OWO, utlenialności i absorbancji w UV. W ten sposób woda produkowana w stacji w Gruszczynie po przejściu przez dwustopniowy układ oczyszczania ma stałe i stabilne zapotrzebowanie na środki dezynfekcyjne. Dezynfekcja wody prowadzona jest przy użyciu dwóch dezynfektantów: chlor dawkowany jest do zbiorników wody czystej zlokalizowanych na terenie stacji, natomiast dwutlenek chloru dawkowany jest do

rurociągu tłoczącego wodę do sieci. Poniżej przedstawiono schemat technologiczny stacji uzdatniania wody w Gruszczyne.



4. Zmiana jakości wody po jej gotowaniu

Problem wytracania osadu węglanu wapnia w wodzie został zaobserwowany przez konsumentów w okresie, w którym w stacji oczyszczania podejmowano działania związane z uruchomieniem filtrów z węglem aktywnym oraz rozruchem zmodernizowanej hali napowietrzania.

Na początku stycznia 2007 r. zaczęły napływać zgłoszenia od odbiorców, skarżących się na wytrącający się osad podczas gotowania wody, który zaniepokoił odbiorców i nie był przez nich akceptowany. Po otrzymaniu pierwszych zgłoszeń podjęto natychmiastowe działania zmierzające do określenia przyczyny zachwiania stabilności chemicznej (równowagi węglanowo-wapniowej) wody. Na sieci wodociągowej wyznaczono pięć stałych punktów monitoringowych, w których systematycznie pobierano próbki wody do badania. Wodę analizowano pod względem zmienności podstawowych wskaźników mających wpływ na utrzymanie równowagi węglanowo-wapniowej, tj. pH, twardość i zasadowość. Analiza laboratoryjna obejmowała również pomiar mętności wody. Pobrano próbki zarówno wody zimnej, jak i po jej gotowaniu. Po przegotowaniu wody w każdej próbce określono również wizualnie ilość wytrącającego się osadu i jego strukturę. Wytrącający się osad nie był typowym tzw. kamieniem kotłowym, który wytrąca się w postaci płatków opadających na dno. Typowo wytrącający się węglan wapnia z wody tworzy osad twardo przylegający do powierzchni, co zwykle nie budzi podejrzeń i reklamacji odbiorców. Niepokój konsumentów wzbudziło zjawisko wytracania się po przegotowaniu wody osadu w postaci drobnych białych kryształków, unoszących się w całej objętości wody. Po przerwaniu procesu gotowania, osad powoli sedymentował i osadzał się na dnie w postaci białego proszku. To nietypowe, choć zupełnie niegroźne, zjawisko wywołało falę zgłoszeń zaniepokojonych odbiorców. Równocześnie wraz z prowadzeniem działań na sieci i pobieraniem próbek wody prowadzono rozmowy telefoniczne z klientami i wnikliwie analizowano ich obserwacje na temat zmian ilości

i jakości wytracającego się osadu. Opinie klientów były niezwykle pomocne, gdyż prowadziły do ustalenia, czy jakość wody w sieci po wprowadzeniu konkretnych zmian technologicznych w stacji oczyszczania była akceptowana przez klientów czy nie.

Tab. 3. Jakość wody w wybranych punktach monitoringowych na sieci przed i po gotowaniu

Tab. 3. Water quality in chosen points of the water network before and after boiling.

Parametry	05-02-2007					
	Punkt 1	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 3
	Przed got.	Po got.	Przed got.	Po got.	Przed got.	Po got.
Odczyn pH	7,43	8,47	7,45	8,45	7,47	8,3
Twardość ogólna mval/l	5,7	5,6	5,8	4,5	5,7	5,5
Twardość CaCO ₃ mg/l	285	280	290	225	285	275
Zasadowość ogólna mval/l	4,9	4,7	4,9	3,6	5,0	4,6
Metność NTU	0,2	7,5	0,3	11,9	0,3	6,4
	08-02-2007					
	Punkt 1	Punkt 1	Punkt 2	Punkt 2	Punkt 3	Punkt 3
	Przed got.	Po got.	Przed got.	Po got.	Przed got.	Po got.
Odczyn pH	7,55	8,25	7,48	8,55	7,53	8,29
Twardość ogólna mval/l	5,9	5,7	5,7	5,5	5,9	4,8
Twardość CaCO ₃ mg/l	295	285	285	275	295	240
Zasadowość ogólna mval/l	5,5	5,4	5,3	5,3	5,4	4,4
Metność NTU	0,2	2,0	0,2	0,5	0,6	4,4

5. Rozruch technologiczny stacji oczyszczania wody po modernizacji

Problem wytrącającego się osadu po gotowaniu wody pojawił się zaraz po włączeniu do eksploatacji wszystkich filtrów z węglem aktywnym. Gwałtowna zmiana składu chemicznego wody po filtrach sorpcyjnych spowodowała naruszenie jej równowagi węglanowo-wapniowej. W chwili rozpoczęcia pracy filtrów sorpcyjnych złoża węglowe usuwały z wody całkowicie obecne w niej substancje organiczne. Proces chemisorpcji najlepiej zachodził na świeżym węglu i dlatego praktycznie z dnia na dzień woda podana do sieci pozbawiona była związków organicznych. Długie łańcuchy kwasów humusowych lub np. koloidy organiczne najprawdopodobniej hamowały powstawanie zarodków węglanu wapnia. Przed modernizacją stacji nigdy nie odnotowano takiego zjawiska, czyli tylko nowe elementy układu technologicznego miały wpływ na zachwianie równowagi węglanowo-wapniowej wody. Brak w wodzie rozpuszczonych związków organicznych przełożył się także na proces dezynfekcji. Zapotrzebowanie wody na chlor praktycznie było zerowe i dlatego dawka wyjściowa wynosiła około $0,3 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. W układzie przed modernizacją zawartość wolnego chloru zmniejszała się w miarę zwiększania odległości od stacji i na końcówkach sieci była najmniejsza ($0,05 \div 0,01 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$). Woda pozbawiona substancji organicznych nie zużywała w tak szybkim tempie środków dezynfekcyjnych i dlatego na końcówkach sieci w wodzie pojawił się chlor w ilości $0,25 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$, dotąd nigdy tam nie stwierdzany. Należy podejrzewać, że chlor, który jest skutecznym środkiem dezynfekcyjnym, również był czynnikiem wpływającym na zachwianie stabilności chemicznej wody, co mogłoby tłumaczyć fakt, że właśnie na końcówkach sieci odnotowano najczęściej zgłoszeń o wytrącających się białych cząstkach węglanu wapnia.

Drugim istotnym elementem w układzie technologicznym stacji oczyszczania wody w Gruszczyne, który uległ zasadniczej zmianie w wyniku modernizacji, było napowietrzanie. Poprawiono skuteczność wentylacji hali napowietrzania wody, zwiększając jej powierzchnię i wysokość. Wydłużono w ten sposób ciągi napowietrzania wyposażone w dysze Schilka. Dzięki temu została rozwinięta powierzchnia międzyfazowa wymiany gazowej, a zasięg rozbryzgu wody sięgał do wysokości ok. 1 m. Pozwoliło to doskonale odgazować i natlenić wodę. Stopień natlenienia wody był bardzo ważny ze względu na filtry sorpcyjne, które wymagają dużej i stałej zawartości tlenu potrzebnego do prawidłowego przebiegu biosorpcji związków organicznych w złożu węgla aktywnego. Zawartość tlenu dochodziła nawet do $10 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, a proces desorpcji gazów z napowietrzanej wody (usunięcie dwutlenku węgla i siarkowodoru) był wyraźnie widoczny z charakterystycznym zwiększeniem pH wody po jej napowietrzeniu.

W styczniu 2007 r. uzyskano następującą skuteczność pracy hali napowietrzania: zawartość tlenu wynosiła $9,0 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, a pH wody zwiększyło się z 7,16 do 7,71, to jest o 0,55. Czas testowania skuteczności napowietrzania wody zbiegł się z rozruchem filtrów sorpcyjnych i pojawieniem się pierwszych zgłoszeń z wytrącaniem węglanu wapnia w wodzie u konsumentów.

Tab. 4. Parametry jakości wody uzyskane przed i w trakcie modernizacji SUW Gruszczyn

Tab. 4. Water quality before and after modernization of the Gruszczyn Water Treatment Plant.

Data	Punkt poboru	Odczyn pH	Zasad. mvl	CO ₂ w, mg/l	In. Langel.	In. Ryznara	Uwagi
luty-kwiec. 2002	Sur.	7,41			0,16	7,09	Badania pilotowe
	Napow.	7,57			0,32	6,93	
	FP	7,52			0,27	6,98	
	FW	7,51			0,26	6,99	
sty-wrzes. 2003	FP	7,43			0,18	7,07	
	FW	7,44			0,19	7,06	
14.09.05	Sur.	7,37	5,7	33,22	0,12	7,13	Rok 2005
	FP	7,38	5,8		0,13	7,12	
31.08.06	Sur.	7,28	5,9	35,2	0,03	7,22	Praca w układzie tymczasowym, tylko przez filtry pospiesz.
	FP	7,33	5,8		0,08	7,17	
21.09.06	Sur.	7,17	5,7	35,86	-0,08	7,33	
	FP	7,26	6,1		0,01	7,24	
11.10.06	Sur.	7,3	5,7	36,57	0,05	7,2	
	FP	7,25	5,6		0	7,25	
22.11.06	Sur.	7,18	5,6	35,86	-0,07	7,32	
	FP	7,22	6		-0,03	7,28	
07.12.06	Sur.	7,4	5,6	31,02	0,15	7,1	
	FP	7,71	5,7		0,46	6,79	
19.01.07	Sur.	7,16	6,5	35,42	-0,09	7,34	Rozruch technol. całego układu
	Napow.	7,71	6,4	19,36	0,46	6,79	
	FP	7,46	6,2	20,9	0,21	7,04	
	FW	7,46	6,2	21,34	0,21	7,04	
25.01.07	Sur.		6,1	30,8			
	Napow.	7,7	6	16,6	0,45	6,8	
	FP	7,63	5,9	20,9	0,38	6,87	
	FW	7,37	5,9	17,38	0,12	7,13	
29.01.07	Sur.	7,2		30,8	-0,05	7,3	
	Napow.	7,45		18	0,2	7,05	
	FP	7,6		12,8	0,35	6,9	
	FW	7,6		8,4	0,35	6,9	
01.02.07	Sur.		5,1	25,08			
	Napow.	7,27	5	18,92	0,02	7,23	
	FP	7,42	5,1	16,5	0,17	7,08	
	FW	7,66	5,3	17,82	0,41	6,84	
09.02.07	Sur.	7,6			0,45	6,9	
	Napow.	7,8		18,92	0,55	6,7	
	FP	7,8			0,55	6,7	
	FW				0,19		
12.02.07	Sur.	7,44	5,6	25,96	0,29	7,06	
	Napow.	7,54	5,6	18,92	0,28	6,96	
	FP	7,53	5,5	18,92		6,97	

Sur.-woda surowa, Napow. –woda po napowietrzeniu, FP – po filtrach pospiesznych, FW – po filtrach węglowych. W zakresłonych polach zaznaczono wyniki nieporządane.

6. Przywracanie stabilności chemicznej wody

Niekorzystne zjawisko wytrącania drobnego osadu w wodzie po jej przegotowaniu natychmiast wymusiło podjęcie działań zmierzających w kierunku przywrócenia stabilności chemicznej wody.

Pierwsze działania polegały na przeprowadzeniu testu gotowania wody po każdym etapie technologicznym jej oczyszczania. Było to konieczne z uwagi na potrzebę ustalenia, który z procesów technologicznych należy poddać szczególnej uwadze. Testy wykazały, że najwięcej drobnych cząstek osadu zawieszonych w całej objętości wody pojawiło się w wodzie po złożach węglowych. W wodzie po złożach piaskowych również zaobserwowano zjawisko wytrącania węglanu wapnia, ale już nie tak intensywne. W pierwszej kolejności wyłączono z eksploatacji wszystkie filtry sorpcyjne, a do sieci skierowano wodę po filtrach ze złożem piaskowym. Eksploatując prosty układ technologicznym ponownie rozpoczęto działania związane z ustaleniem proporcji mieszania wody z obu ujęć. Ustalono udział wody z ujęcia Gruszczyń i Promienko, co pozwoliło na uzyskanie w miarę stabilnej jakości wody zmieszanej pod względem takich wskaźników, jak zasadowość, dwutlenek węgla, pH i OWO.

Następnym działaniem była analiza pracy układu napowietrzania, która polegała na podzieleniu rurociągów na te, przez które woda była rozdeszczana oraz na pozostałe rurociągi, które pozostawiono na tzw. wolnym wypływie, odwracając dysze w stronę posadzki, zatapiając je w ten sposób pod powierzchnią wody. Hala napowietrzania ma po modernizacji doskonałą wymianę powietrza, co pozwoliło w dalszym ciągu na zachowanie prawidłowej desorpcji siarkowodoru. Zawartość tlenu w wodzie po napowietrzaniu wynosiła $6\div 7 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, a po filtrach pospiesznych kształtowała się w przedziale $3,5\div 6,0 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Poprawa systemu napowietrzania pozwoliła przywrócić w ciągu trzech tygodni równowagę chemiczną wody na tyle, że zjawisko pojawiania się osadu po jej gotowaniu było coraz mniejsze. Osad wytrącał się w formie płatków, które sedymentowały na dno, nie wpływając w ten sposób na mętność wody.

W dalszej kolejności ponownie przystąpiono do stopniowego rozruchu sześciu filtrów z węglem aktywnym. W pierwszym etapie włączono dwa filtry, co stanowiło około 30% udziału wody po filtracji przez granulowany węgiel aktywny. Kolejne dwa filtry zostały włączone do układu w chwili, gdy w dwóch pierwszych filtrach zostały zainicjowane procesy biosorpcji i biodegradacji substancji organicznych. Ustalono w miarę możliwości stałą wydajność stacji oczyszczania tak, aby zapewnić stałą prędkość filtracji przez złoża węglowe oraz stały czas kontaktu wody z węglem aktywnym. Zapewniło to w miarę stabilną pracę całego układu. Po ustabilizowaniu procesu oczyszczania wody w pracujących filtrach sorpcyjnych włączono kolejne złoża. Włączanie filtrów z węglem aktywnym trwało od marca do listopada 2007 r. W tym czasie nie odnotowano żadnej skargi klientów, nie zaobserwowano też nawrotu zjawiska zachwiania stabilności chemicznej wody.

7. Podsumowanie

W celu utrzymania stabilności chemicznej wody oczyszczonej w stacji Gruszczyn zostały określone następujące reguły postępowania technologicznego na dziś oraz na najbliższą przyszłość:

1. Utrzymanie ilości wody pobieranej z ujęć Gruszczyn i Promienko w proporcji zbliżonej do 50%:50%.
2. Utrzymanie ograniczonego stopnia odgazowania wody w hali napowietrzania; wartość indeksu Langeliera po napowietrzaniu wody nie powinna przekraczać +0,3.
3. Zapewnienie ilości tlenu wymaganej do prawidłowej pracy filtrów pospiesznych (usuwanie związków żelaza i manganu oraz azotu amonowego), zawartość tlenu w wodzie przed filtrami powinna wynosić ok. $6 \text{ gO}_2/\text{m}^3$.
4. Uzupełnienie zawartości tlenu w wodzie po filtrach pospiesznych w systemie zamkniętym, aby zapewnić odpowiednie warunki pracy filtrów z węglem aktywnym.
5. Utrzymanie zawartości substancji organicznych (OWO) w wodzie oczyszczonej w ilości nie mniejszej niż $2 \text{ gC}/\text{m}^3$; jednocześnie górna granica zawartości OWO powinna być ograniczona ze względu na zapotrzebowanie wody na chlor.
6. Prowadzenie systematycznej kontroli jakości wody w obrębie stacji oczyszczania; w zakresie wybranych wskaźników wskazane jest wykonywanie analiz ciągłych (w systemie on-line).
7. Zintensyfikowanie kontroli jakości wody w charakterystycznych punktach sieci wodociągowej; kontrola powinna obejmować m.in. badanie jakości wody po przetworzeniu.

Bibliografia

- [1] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 61, poz. 417.
- [2] R. Buchta, W. Dąbrowski: Statystyczna metoda obliczania odczynu nasycenia wody węglanem wapnia. *Ochrona Środowiska*, 1998, vol. 20, nr 3, ss. 21–26.
- [3] A.L. Kowal, M. Świdarska-Bróz: *Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Wrocław 2007.
- [4] Ł. Weber, K. Szambelańczyk: *Analiza równowagi węglanowo-wapniowej. Przyczyny problemów z wytrącaniem węglanów. Sposób rozwiązania*. 2007 (praca niepublikowana).
- [5] *Badania laboratoryjne wykonane w Laboratorium Badań Wody Aquanet SA* (praca niepublikowana).
- [6] K. Wilmański: *Opinia dotycząca stabilności węglanowej wody w SUW Gruszczyn*. (praca niepublikowana).