



Praktyczne aspekty eksploatacji stacji uzdatniania wody na przykładzie SUW Wierzchowo

Barbara Juraszka

Politechnika Koszalińska

Sławomir Braun

Przedsiębiorstwo Inżynieryjno-Projektowe

INSTAL Krzysztof Dmoch

1. Wstęp

Zaopatrzenie ludności w wodę pitną jest jednym z podstawowych zadań jednostek samorządu terytorialnego. Obowiązek ten realizowany jest poprzez system ujęć, zakładów uzdatniania wody i sieci dystrybucji. Jednostki które zarządzają tą infrastrukturą w imieniu gmin, są zobowiązane do utrzymywania należytej jakości wody pitnej oraz wysokiego stopnia pewności dostawy. W ostatnich latach daje się zauważyć znaczny wzrost nakładów ponoszonych na uporządkowanie gospodarki wodno-ściekowej, w tym systemów uzdatniania wody. Zakres działań obejmuje modernizację przestarzałych technicznie, wyeksploatowanych układów i zautomatyzację procesów produkcji wody w takim zakresie aby zoptymalizować pracę stacji i do minimum ograniczyć zaangażowanie obsługi technicznej w konserwację obiektu. Z uwagi na duże nakłady inwesty-

cyjne i wymagane kompetencje obsługi, tego typu instalacje nie są rozpowszechnione na małych wiejskich stacjach. Dlatego też takie obiekty paradoksalnie wymagają ze strony użytkownika większego zaangażowania w utrzymanie ruchu.

W treści artykułu zwrócono uwagę na kilka istotnych procesów decydujących o sprawności układu uzdatniania wody. Na etapie projektu modernizacji SUW, przy uszczegóławianiu rozwiązań technicznych nie zostały one uwzględnione, co zaowocowało istotnym ograniczeniem skuteczności uzdatniania, a w konsekwencji doprowadziłyby do nieodwracalnego zbrylenia złoża. Praca ma na celu wykazanie, że zaprojektowanie technologii wody pitnej musi polegać na szczegółowej analizie wszystkich jej elementów.

2. Potrzeby modernizacyjne zakładu uzdatniania wody

Stacja uzdatniania wody w Wierzchowie zaopatruje głównie w wodę pitną gospodarstwa rolne oraz osiedla domów jednorodzinnych. Przewiduje się, że w stosunku do stanu aktualnego, zapotrzebowanie na wodę w perspektywie 25 lat wzrośnie o około 3% natomiast prognozowane maksymalne godzinowe rozbiory kształtują się na poziomie 55% zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Wzrost zapotrzebowania na wodę nie stanowi nadmiernego obciążenia zarówno dla sieci wodociągowej jak i samych ujęć, które posiadają zasoby eksploatacyjne w wysokości $Q = 55 \text{ m}^3/\text{h}$ [1]. Perspektywy rozwoju obszarów zaopatrywanych w wodę z ujęcia w Wierzchowie przedstawiono w tabeli 1, natomiast symulację zapotrzebowania na wodę obrazuje tabela 2 [1].

Dotychczasowy układ technologiczny uzdatniania wody jest zasilany naprzemiennie z dwóch ujęć głębinowych: nr 3/89 i 2/70 (studnia awaryjna). Pompa głębinowa utrzymywała ciśnienie w sieci za pośrednictwem zbiornika hydroforowego, który pełnił funkcję akumulatora ciśnienia i zbiornika reakcyjnego wody z powietrzem. Filtry żwirowe płukane ręcznie pracowały w układzie równoległym ze zmienną prędkością filtracji zależną od chwilowych rozbiorów.

Tabela 1. Prognozowany rozwój demograficzny aglomeracji Wierzychowo
Table 1. Projected demographic development in Wierzychowo

Miejscowości	2007	Docelowa perspektywa 2032 rok
	LM	
Wierzychowo	682	716
Grąbczyn	144	151
Kwakowo	95	100
Trzebiechowo i Kusowo	432	453
Ogółem LM (LT) w tym z wodociągowani	1353	1420

Tabela 2. Maksymalne zapotrzebowanie na wodę
Table 2. Maximum water demand

	Q _{max d.}	Q _{max godz.}	Odbiorcy wody
	[m ³ /dobę]	[m ³ /h]	
Aktualne zapotrzebowanie wody w całym obwodzie wodociągowym			
2005÷2006	355,0	29,6	wg faktycznych wskazań wodomierzy
Aktualny pobór wody z ujęcia w Wierzychowie			
2005÷2006	245,6	20,5	wg faktycznych wskazań wodomierzy
Perspektywiczne zapotrzebowanie na wodę z ujęcia w Wierzychowie dla całego obwodu wodociągowego			
do 2032	364,6	30,4	ok. 1420 LM.

Od 2005 r. woda pitna nie spełniała wymogów sanitarnych z uwagi na przekroczenie dopuszczalnej zawartości manganu utrzymującej się na poziomie 0,17 mg/l. Przyczyn niskiej jakości uzdatnionej wody należałoby upatrywać w złym stanie złoża, które w toku eksploatacji uległo wypłukaniu. Zbyt niska wysokość złoża uniemożliwiała wykształcenie się strefy odmanganiania w dolnej części filtra. Osady żelaza wypełniały ją uniemożliwiając utrzymanie warunków do katalitycznego usuwania manganu. Wpływ na jakość wody miały również czynniki charakterystyczne dla jednostopniowych układów zasilania takie jak: przekro-

czenia dopuszczalnej prędkości filtracji wskutek dużych rozbiorów szczytowych czy zerwania osadu ze złoża wywołane załączeniem się pompy głębinowej i gwałtownym wzrostem przepływu. Znaczny stopień technicznego zużycia elementów technologii również odbił się negatywnie na jakości uzdatniania. Uszkodzone dysze filtracyjne doprowadziły do niekontrolowanego wzrostu intensywności płukania i utraty złoża.

Zmiany wewnątrz filtrów zachodzą stopniowo i są możliwe do wychwycenia jedynie przez wnikliwą obserwację procesów filtracji, płukania i okresową kontrolę jego stanu przez eksploatatora. W praktyce obsługa techniczna małych wiejskich stacji uzdatniania często jest przygotowana jedynie do utrzymywania sprawności hydraulicznej obiektu, natomiast obserwacje związane z jakością uzdatniania wody ograniczają się do kontroli przepływu wody i powietrza.

3. Wymagania wobec zmodernizowanego układu uzdatniania wody

Rozwiązania technologiczne modernizowanego zakładu opierają się na dotychczasowych doświadczeniach. Inwestor zakłada, że zmodernizowany obiekt będzie się wykazywał wysoką sprawnością i niskimi kosztami eksploatacji. Często zakres tych uzasadnionych oczekiwań powiększa się o tzw. „warunek bezobsługowości” stacji uzdatniania. Ta cecha ma ograniczyć interwencje obsługi do eliminowania stanów awaryjnych. Jednostki eksploatujące SUW niejednokrotnie bagatelizują kwestię codziennego nadzoru układu filtracji wychodząc z założenia, że obiekt zautomatyzowany nie wymaga stałego dozoru. Tymczasem obserwacja subtelnych zmian zachodzących w nastawach filtrów i samej jakości wody pozwala zachować nad nimi kontrolę, skutecznie reagować w celu wczesnego usuwania anomalii.

Częściowym spełnieniem tego założenia jest zastosowanie systemu wizualizacji procesów na obiekcie który pozwala na zdalny monitoring podstawowych parametrów technicznych pracy suw takich jak: czas pracy pomp głębinowych i sieciowych, ciśnienie sprężonego powietrza w instalacji, ilość wody produkowanej, poziomy w zbiornikach retencyjnych, ciśnienie w sieci wodociągowej. Zgromadzone informacje umożliwiają natychmiastową ocenę pracy stacji uzdatniania, ale tylko w kontekście sprawności hydraulicznej.

Odrębnym aspektem eksploatacji SUW jest kontrola skuteczności filtracji jako kluczowego procesu jednostkowego technologii. W praktyce sprowadza się do badania jakości wody uzdatnionej z częstotliwością narzuconą przez przepisy [2]. Zaostrzone w kwietniu 2010 roku wymagania dotyczące monitoringu jakości wody pitnej obligują zakłady wodociągowe oraz służby sanitarno epidemiologiczne do systematycznego kontrolowania jej jakości. Te okresowe badania wody uzdatnionej prowadzone na małych obiektach są jedynym elementem w oparciu o który można weryfikować pracę stacji. Należy dążyć do stworzenia warunków dla monitoringu podstawowych parametrów wody (tj. natlenienia oraz mętności), gdyż pobieżnie prowadzony nadzór techniczny prowadzi do nieświadomych zaniedbań w technologii uzdatniania.

4. Opis technologii uzdatniania wody SUW Wierzchowo

Woda surowa ze studni jest tłoczona przez pompy GC 3.02 do mieszacza wodno-powietrznego z wydajnością 40 m³/h, gdzie następuje jej napowietrzanie sprężonym powietrzem. Jest ono „rozpylane” w ilości około 4,0 m³/h przez układ promieniście rozmieszczonych szczelinowych dysz. Mieszanie wody z powietrzem wspomagają Pierścienie Bialeckiego którymi wypełniona jest przestrzeń filtra zapewniająca czas przetrzymania równy 120 sekund. Źródłem powietrza jest tłokowa bezolejowa sprężarka o wydajności 25 m³/h.

Następnie woda surowa trafia na dwa filtry ciśnieniowe, pracujące w układzie równoległym, o średnicy 1600 mm każdy. Wysokość złoża wynosi 1,3 m. Przekroje warstw filtracyjnych przedstawia tabela 3 i 4.

Z kolei do odmanganiania wody wykorzystuje się bliźniacze filtry pracujące jako II stopień filtracji. Różnica w zasypie złoża polega na zastąpieniu części masy filtracyjnej przez warstwę aktywnego złoża katalitycznego składającego się z rudy manganu występującej jako naturalny minerał pozyskiwany ze złóż Moanda w Republice Gabonu. Oba filtry pracują z prędkością 10 m/h. Przelfiltrowana woda zasila dwa pionowe stalowe zbiorniki magazynowe o pojemności 50 m³ każdy. W stacji zamontowano zestaw czterech pomp pionowych o wydajności 17 m³/h, wysokości podnoszenia H = 45 m sł.w. oraz mocy silnika N = 5,5 kW każda. Zestaw jest sterowany falownikiem i utrzymuje stabilne ciśnienie

wody w sieci; jego wydajność, jak i objętość zbiorników retencyjnych uwzględniają potrzeby przeciwpożarowe zaopatrywanego okręgu.

W przypadku konieczności odkażenia wody stosować można dezynfekcję poprzez pompę dozującą 14% roztwór podchlorynu sodu do wody uzdatnionej.

Tabela 3. Układ warstw filtracyjnych odżelaziaczy

Table 3. Arrangement of filtration layers in iron remover

Rodzaj warstwy		Uziarnienie średnica [mm]	Grubość warstwy [mm]
Złoże filtracyjne kwarcowe		0,8÷1,4	900
Warstwy podtrzymujące	I	3,0÷5,0	100
	II	5,0÷10,0	100
	III	10,0÷20,0	200

Tabela 4. Układ warstw filtracyjnych odmanganiaczy

Table 4. Arrangement of filtration layers in manganese remover

Rodzaj warstwy		Uziarnienie średnica [mm]	Grubość warstwy [mm]
Złoże filtracyjne kwarcowe z domieszką (30%) złoża aktywnego G-1		0,8÷1,4	900
Warstwy podtrzymujące	I	3,0÷5,0	100
	II	5,0÷10,0	100
	III	10,0÷20,0	200

Rurociągi i filtry uzbrojono w przepustnice sterowane ręcznie lub napędami pneumatycznymi; te ostatnie w trybie pracy obsługiwane są przez centralny sterownik kontrolujący ich położenie. Płukanie filtrów jest możliwe w sytuacji, gdy zgromadzona w zbiornikach ilość wody zabezpieczy rozbiory. Można zaprogramować codzienne płukanie odżelaziaczy (tzw. małe płukanie) lub płukanie wszystkich filtrów kolejno po sobie (duże płukanie). Zakłada się, że wystarczające jest jedno „małe” i jedno „duże” płukanie w cyklu dwutygodniowym [1]. Z uwagi na sposób prowadzenia orurowania i wykorzystywanie wody surowej do płuka-

nia, regeneracja któregośkolwiek filtra wymaga zatrzymania pozostałych. Rysunek nr 2 przedstawia schemat technologiczny urządzeń.

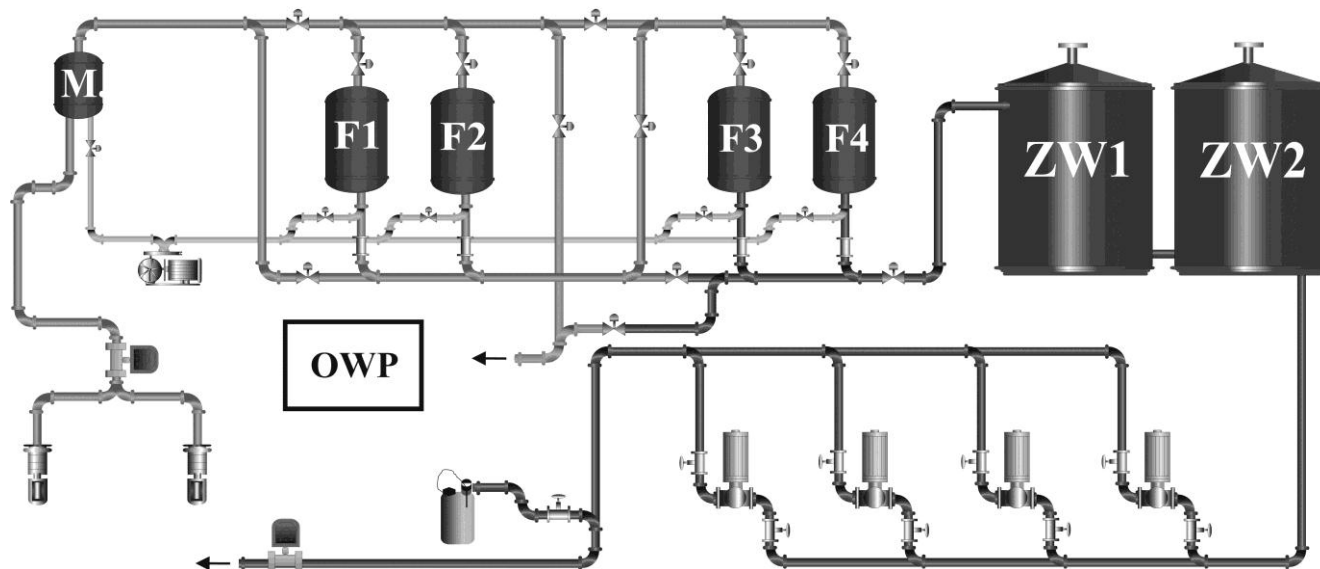
Budowa geologiczna warstw wodonośnych

W rejonie eksploatowanych ujęć warstwy wodonośne reprezentowane są głównie przez osady czwartorzędowe o miąższości od 15 do 36 m – różnoziarniste piaski z przewagą piasku gruboziarnistego, żwiry i otoczaki. Dotychczas eksploatowana studnia nr 3 została zafiltrowana na głębokości 28 do 39 m w piaskach, nad którymi zalega 22 metrowa warstwa gliny zwałowej szarej. Natomiast nowo odwiercone ujęcie oddalone od niej o zaledwie 33 m czerpie wodę z pokładów piasku gruboziarnistego szaro-żółtego z głębokości 30 do 42 m, przykrytego 1,5 m warstwą gliny piaszczystej. Odwierty charakteryzują się dobrymi parametrami hydrogeologicznymi dzięki czemu ich wydajności eksploatacyjne kształtują się na poziomie 55 m³/h przy depresji wynoszącej 2,5 m i 1,74 m odpowiednio dla otworu nr 3 i nr 4. Uwagę zwraca występowanie utworów określonych jako „szare”. Zawierają one domieszki pochodzenia organicznego i są przyczyną występowania w wodzie specyficznego gnilnego zapachu.

Ujęcie wody

Pierwszym etapem przebudowy SUW była likwidacja starej wyeksploatowanej studni głębinowej 7/70 i wykonanie nowego otworu studziennego 4/06 odległości ok. 8 m od zlikwidowanej studni. Rzeczywistość rozminęła się z założeniami projektowymi, gdyż skład wody surowej pompowanej z nowo odwierconej studni zasadniczo różni się od wody z ujęcia 3/89, pomimo tego, że są zafiltrowane w tej samej warstwie wodonośnej i odległe od siebie o zaledwie 33 m. Ocena jakości wody surowej została dokonana w oparciu o wyniki analiz próbek wody pobranych z otworu przez Powiatową Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Szczecinku. Pod względem bakteriologicznym woda charakteryzuje się dobrą jakością. Stwierdzono jednak bardzo duże przekroczenie żelaza, barwy i zapachu w stosunku do składu wody dotychczas pozyskiwanej, natomiast zawartość manganu i mętność okazały się znacznie niższe niż spodziewane. Wszystkie wspomniane parametry fizykochemiczne znacznie przekraczają dopuszczalne stężenia dla wody pitnej określone w rozporządzeniu [2].

STACJA UZDATNIANIA WODY W m. WIERZCHOWO



Rys. 2. Schemat technologiczny stacji uzdatniania wody w Wierzchowie; M – mieszacz wodno-powietrzny; F1, F2 – odżelaziacze; F3, F4 – odmanganiacze; ZW1, ZW1 – zbiorniki retencyjne

Fig. 2. Technological scheme of water treatment plant in Wierzchowo; M – water-air mixer; F1, F2 – iron removers, F3, F4 – manganese removers; ZW1, ZW1 – storage reservoirs

Tabela 5. Woda uzdatniona ze studni nr 4 po zbiorniku retencyjnym**Table 5.** Treated water from well No. 4 after retention tank

Parametr	Identyfikator metody badawczej	j. m.	NDS ^{**)}	Wynik	Niepewność wyniku badania ^{*)}
Zapach	PBO 3.4. wyd.1 z dnia 13-09-2007	–	Akceptowalny	Akceptowalny	–
Odczyn	PN-C-0453001:1990	pH	6,5÷9,5	7,3	–
Przewodność właściwa w 250C 1)	PN-EN 27888:1999	μS/cm	2500	1050 (20,60 C)	–
Azotyny	PB 3.11 wyd. 1 z dnia 08-08-2008	mg/l	0,50	0,015	± 0,003
Azotany	PN-C-04576-08:1982	mg/l	50	< 0,4	± 0,03
Jon amonowy	PB 3.13 wyd. 1 z dnia 14-11-2008	mg/l	0,50	0,324	± 0,032
Chlorki	PN-ISO-9297:1994	mg/l	250	76	± 7,6
Żelazo	PB 3.7. wyd. 2 z dnia 01-10-2008 A	mg/l	0,200	0,116	± 0,012
Mangan	PB 3.13 wyd. 1 z dnia 01-10-2008 A	mg/l	0,050	0,168	±0,03
Mętność	PN-EN ISO 7027:2003 Mętnościomierz 2100P ISO	NTU ^{***)}	1,0	11,6	± 2,2

5. Rozruch technologiczny SUW – obserwacje

Istotą rozruchu technologicznego jest osiągnięcie stabilnych warunków produkcji wody w oparciu o zoptymalizowanie nastaw zespołu urządzeń współpracujących ze sobą. Na podstawie efektów uzdatniania i wydajności układu zweryfikowany zostaje właściwy dobór elementów technologii.

Zamontowane w studniach pompy głębinowe GC 3.02, przy nominalnej wydajności 40 m³/h zapewniają wystarczającą ilość wody do zabezpieczenia odbiorców. Z punktu widzenia rzeczywistych rozborów wynoszących około 60 m³/d okazały się jednak przewymiarowane, gdyż taka wydajność ogranicza produkcję wody do niespełna 2 godzin na dobę. Przed przystąpieniem do eksploatacji studnie zostały zdławione do wydajności 40 m³/h i poddane dezynfekcji poprzez zalanie 5 dm³ 15% podchlorynu sodu na okres 24 h. Odpompowana ze studni woda zawierająca pozostałości NaClO została zneutralizowana za pomocą 30% roztworu wodnego tiosiarczanu sodu dodanego do osadnika wód popłucznych.

Pierwsze płukanie filtrów zostało wykonane z intensywnością rzędu 4,2 l/s/m² co odpowiada wydajności 30 m³/h. Zabieg ten miał na celu zapobieżenie ewentualnemu wymywaniu materiału filtracyjnego z filtra. Obserwacja popłuczyn wykazała wypłukiwanie znacznych ilości pyłu ze złoża, natomiast właściwe frakcje nie podlegały wynoszeniu. Zwiększenie wydajności pompy głębinowej do zaprojektowanych 40 m³/h (co daje intensywność płukania filtra na poziomie 5,56 l/s/m²) umożliwiło dopłukanie filtrów z pyłu bez strat dla złoża i zakończyło się uzyskaniem klarownych popłuczyn na odpływie. Następnie przeprowadzono chlorowanie filtrów poprzez zalanie 7 dm³ NaClO do każdego zbiornika i wypełnienie ich wodą. Po 24 h wodę przepompowano do zbiorników retencyjnych celem ich dezynfekcji.

Technologie uzdatniania oparto o dwa ujęcia głębinowe z których woda pompowana jest naprzemiennie w czterogodzinnym cyklu pracy. Do obliczeń przyjęto parametry wody istniejącej studni 3/89 gdyż odwiert nr 4/06 został wykonany dopiero w fazie modernizacji obiektu. Ze względu na to, że jakość wody z nowej studni okazała się gorsza niż zakładano, zdecydowano, że na czas rozruchu technologicznego układ będzie zaopatrywany z odwiertu nr 3/06, który charakteryzuje się korzystniejszym składem fizykochemicznym tabela 6.

Tabela 6. Porównanie parametrów fizykochemicznych wody surowej ze studni nr 3/89 i nr 4/06**Table 6.** Comparison of physicochemical parameters of raw water from wells No. 3/89 and 4/06

Nazwa oznaczenia	Miano	Studnia 3/89 Otwór nr 3	Studnia 4/06 Otwór Nr 4	NDS ^{*)}
<i>Mętność</i>	NTU	18,1 ± 1,3	7,7	1
<i>Barwa</i>	mg/l Pt	15	45	15
<i>Zapach</i>	–	Z2G H₂S	Z5 H₂S	Akceptowalny
<i>Przewodność elektryczna właściwa w 20°C</i>	µS/cm	965	1052	2500
<i>Odczyn</i>	pH	7,3	7,3	6,5÷9,5
<i>Amoniak</i>	mg NH ₄ /dm ³	0,2	0,36	0,5
<i>Azotyny</i>	mg NO ₂ /dm ³	0,023	0,2	0,5
<i>Azotany</i>	mg NO ₃ /dm ³	1,2	0,35	50
<i>Żelazo</i>	mg Fe/dm ³	2,89 ± 0,08	4,58	0,2
<i>Mangan</i>	mg Mn/dm ³	0,49 ± 0,04	0,18	0,05
<i>Bakterie grupy coli</i>	jtk/100	0	0	0
<i>Escherichia coli</i>	jtk/100	0	0	0

^{*)} najwyższe dopuszczalne zakresy wartości, wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia (Dz.U. nr 61, poz. 417) z dnia 29.03.2007

Pogrubioną czcionką oznaczono wartości przekraczające NDS

Istotnym kryterium wyboru była ilość tlenu potrzebna do utlenienia zawartych w wodzie związków Fe i Mn. W ujęciu stechiometrycznym do utlenienia 1 mg Fe potrzeba 0,28 mg O₂ natomiast 1 mg Mn wymaga 0,145 mg O₂, zatem ogólny bilans zapotrzebowania tlenu wypadł na korzyść studni nr 3/06. [4]. Mniejsza zawartość żelaza ogólnego w wodzie surowej miała ograniczyć ryzyko nadmiernego rozrostu strefy odżelaziania oraz przebicia osadów Fe na II stopień filtracji. Z kolei stosunkowo wyższy poziom Mn dawał dużo większe możliwości na wcześniejsze wpracowanie powłok manganowych w przekroju warstwy filtracyjnej II stopnia.

Próbnny rozruch wykazał szereg nieprawidłowości w pracy stacji uzdatniania wody. Najistotniejszym problemem okazało się napowietrzenie wody surowej, która po przejściu przez mieszacz z lateralnym rusztem napowietrzającym oraz wypełnieniem w postaci „Pierścieni Białeckiego” nie była wystarczająco natleniona. Przy wydajności studni ograniczonej do $30 \text{ m}^3/\text{h}$ i średnim wydatku sprężarki $5,3 \text{ m}^3/\text{h}$ uzyskano 18% udział powietrza względem wody i czas kontaktu 168 s. Maksymalne natlenienie mierzone po mieszaczu wodno-powietrznym wynosiło wówczas $3,0 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Jest to niska wartość i stanowi 30% dawki tlenu uznawanej w praktyce za optymalną [4].

W wyniku dalszych obserwacji ujawniono kolejne niedomaganie w postaci tendencji do zapowietrzania się filtrów. Zamontowanie na nich odpowietrzniki pływakowe nie były wydajne aby odprowadzić gromadzące się w zbiornikach powietrze; w efekcie złożo uległo odsłonięciu i nie pracowało efektywnie. Nie przewidziano możliwości ręcznego odpowietrzenia filtrów, co jest bardzo ważnym elementem okresowej kontroli i umożliwia eksploatację filtra w przypadku awarii odpowietrznika. Dochodziło do sytuacji w których filtry I^o ulegały prawie całkowitemu wypełnieniu powietrzem i jedynie długie przerwy w pracy pompy głębinowej umożliwiały ich odpowietrzenie.

Rozwiązaniem tego problemu okazał się montaż ręcznego odpowietrzenia na zbiorniku mieszacza wodno-powietrznego. Nadmiar powietrza uchodził przez zawór eliminując zagrożenia związane z jego nadmiarem w filtrach. Dowodem jego skuteczności jest występujące tzw. „sapanie” odpowietrzników. Tym samym wolna przestrzeń nad złożem wydłużała czas reakcji wody z powietrzem, co nie pozostało bez wpływu na utlenienie się Fe i Mn.

Praktyka wykazała, że rzeczywisty dobowy rozbiór wody uzdatnionej wynosi około $Q_d = 60 \text{ m}^3/\text{d}$. Tę produkcję stacja osiąga w czasie 1,5 h pracy, przy trzech załączeniach w ciągu doby. W połączeniu z niską efektywnością natleniania wody, taki schemat pracy jest skrajnie niekorzystny z punktu widzenia wpracowania się filtrów na mangan jak i ogólnych warunków filtracji. Na czas rozruchu zdecydowano się ograniczyć wydajność pompy głębinowej do $30 \text{ m}^3/\text{h}$ zmniejszając tym samym prędkość filtracji do $7,5 \text{ m/h}$. Ilość załączeń pompy ograniczono z 3 do 1 na dobę przez obniżenie progów napełnienia zbiorników retencyjnych. Czas pracy filtrów wzrósł wówczas z 1,2 do około dwóch godzin

na dobę przy czym wykorzystano wszystkie techniczne możliwości regulacyjne.

W wyniku przeprowadzonych zmian zmaksymalizowano intensywność napowietrzania wody, wyeliminowano zapowietrzanie się filtrów, obniżono prędkość filtracji do $7,5 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz nieznacznie wydłużono czas pracy filtrów. Do czynników które uległy pogorszeniu zaliczyć można obniżoną wydajność dla płukania wstecznego filtrów wodą. W okresie wpracowania na Mn zdecydowano o ręcznym płukaniu filtrów i kontroli jego skuteczności.

Uzyskane w pierwszym okresie parametry wody uzdatnionej nie spełniały wymagań rozporządzenia zarówno w zakresie Mn jak i Fe [2]. Za ten stan rzeczy odpowiadało kilka czynników:

- niedostateczne napowietrzenie wody uniemożliwiło całkowite utlenienie żelaza oraz manganu. Nieutlenione związki Fe i Mn przebijały przez filtry do zbiornika retencyjnego podnosząc ogólne ich stężenie,
- notoryczne zapowietrzanie się odżelaziaczy wręcz wyłączało z ruchu filtry I^o w wyniku czego ich rolę przejęły odmanganiacze wypełnione rudą manganową. Ta z kolei ulegała wyizolowaniu przez tlenki żelaza,
- niedobór tlenu powodował szybszą redukcję obecnego w złożu dwutlenku manganu MnO_2 do manganu trójwartościowego Mn_2O_3 , niż jego powrotne utlenianie [4],
- zerwania osadów w wyniku zbyt wielu załączeń pompy głębinowej podnosiło stężenia Fe i Mn w zbiornikach retencyjnych.

Otrzymane wyniki badań wody uzdatnionej wskazują na pozytywny kierunek zmian zachodzących na poszczególnych stopniach filtracji. Żelazo praktycznie natychmiast uzyskało warunki do utlenienia i po drugim stopniu filtracji osiągnęło stężenie mniejsze o rząd wielkości od dopuszczalnych wartości. Natomiast w odniesieniu do manganu, złożo wpracowywało się znacznie wolniej, choć kierunek zmian jest wyraźnie zaakcentowany.

Na zastanowienie zasługuje zjawisko obniżenia stężenia manganu mierzonego w wodzie pompowanej do sieci. Przez czas przetrzymania wody w zbiorniku tj. po około 40 h nastąpił wyraźny spadek zawartości Mn sięgający ok. 50% stężenia osiągniętego na II^o filtracji. Można z tego wnioskować, że stosunkowo długi czas przetrzymania wynoszący około 40 h sprzyja wykorzystaniu pozostałych ilości tlenu do utlenienia Mn w procesie napowietrzania. Aby zweryfikować ten pogląd należy związk-

szyc napowietrzenie wody surowej. Postępujący wzrost efektywności filtracji obrazuje tabela 7.

Tabela 7. Woda uzdatniona w pierwszym okresie po rozruchu

Table 7. Treated water in the first period after starting

Czas	Oznaczenie	Żelazo [mg/dm ³]	Mangan [mg/dm ³]
07.09. 2010	I stopień filtracji	-	-
	II stopień filtracji	-	-
	Zbiornik retencyjny	0,54	0,23
10.12. 2010*	I stopień filtracji	0,49	0,41
	II stopień filtracji	0,03	0,24
	Zbiornik retencyjny	0,02	0,181
17.12. 2010	I stopień filtracji	0,32	0,385
	II stopień filtracji	0,03	0,2
	Zbiornik retencyjny	0,02	0,092
29.12. 2010	I stopień filtracji	0,14	0,324
	II stopień filtracji	0,025	0,06
	Zbiornik retencyjny	0,01	0,058
05.01. 2011	I stopień filtracji	0,04	0,248
	II stopień filtracji	0,03	0,065
	Zbiornik retencyjny	0,01	0,055
7.02. 2011	I stopień filtracji	0,05	0,198
	II stopień filtracji	0,02	0,05
	Zbiornik retencyjny	0,01	0,035

(*skokowy spadek zawartości żelaza jest wynikiem odpowietrzenia filtrów I^o)

Literatura

1. Projekt budowany przebudowy stacji uzdatniania oraz ujęcia wody w m. Wierzchowo gm. Szczecinek.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417 z późniejszymi zmianami.
3. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wody podziemnej utworów czwartorzędowych, w m. Wierzchowo, dz. nr 419/7, gm. Szczecinek, otwór nr 4.
4. www.technologia-wody.pl
5. **Kowal A.L., Świdarska-Bróż A.:** *Oczyszczanie wody*. Wydawnictwo Naukowa PWN Warszawa-Wrocław 1996.

Practical Aspects of Operating a Water Treatment Plant on the Example WTP Wierzchowo

Abstract

The need for modernization of small rural water supplies requires a careful approach to the analysis of water demand. Changes in the structure of rural areas causes a change in trends in the characteristics of water consumption, so the requirements for systems of water treatment and distribution should be closely verified. Observations made during start and first period of operation of WTP allow to make an objective assessment of technological water treatment system. One of essential factors for its operation is efficient aeration of raw water. The solution in the form of a classical mixing water and air with aeration grid and fill in this case did not bring the expected results. Scope of the study does not allow assessment of raw water in terms of solubility of gases, the practical experience gained from other plants suggest a solution. Good effects of aeration can be achieved using so-called static mixer mounted on the pipeline before the mixing device – in this case operating as a reaction tank. Proper venting of the system should be provided by automatic vent system duplicated by manually controlled valves. This allows control and eventual hassle-free operation during the filtration.

Another element that has to be noted is the proper selection of the size of submersible pump and filters. Due to the small daily consumption and application of water storage tank for its fulfilment, seek to extend the working time of filters by using submersible pump with lower performance than the originally

installed is needed. This will reduce the filtration rate and reduce the switching frequency of the pump, which will benefit the quality of produced water.

Raw water from intake was used for rinsing the filters, but the performance of submersible pump is too small to provide sufficient expansion of the bed. Therefore, it is recommended to use an independent rinsing pump used only for the regeneration of filters, and fed from a storage tank. Its work in conjunction with flushing air blower will allow effective regeneration. Capturing possible shortcomings in this area will allow only installation of measurement armature and periodic evaluation of condition and possible loss of deposit.

Modifications of not properly selected technology in the stage of realized object is difficult and expensive, and therefore during design stage particular attention should be paid to pilot research and a detailed analysis of introduced technical solutions.