

Tomasz Bergel, Kazimierz Kudlik

Fizyczno-chemiczna i bakteriologiczna skuteczność filtrów DynaSand w zakładzie oczyszczania wody zaopatrującym Nowy Sącz

Najczęściej stosowanym procesem w układach oczyszczania wód powierzchniowych, infiltracyjnych i podziemnych jest filtracja pospieszna. Wynika to z faktu, że przepływowi wody przez złożę z materiału ziarnistego towarzyszy wiele zjawisk umożliwiających usuwanie z wody cząstek znacznie mniejszych niż pory pomiędzy ziarnami złoża. Do zjawisk tych należą m.in. cedzenie, sedimentacja, flokulacja, kohezja, adhezja i dyfuzja oraz adsorpcja i oddziaływanie elektrostatyczne [1]. W wyniku filtracji usuwane są cząstki fazy stałej i mikroorganizmy obecne w wodach naturalnych oraz zawiesiny powstałe w procesach oczyszczania poprzedzających filtrację.

Przykładem nowoczesnych filtrów pospiesznych są samopłuczające filtry kontaktowe DynaSand o pracy ciągłej. Dopuszczone do stosowania w Polsce w 1999 r., są coraz powszechniejszym elementem układów oczyszczania wody [2, 3]. Ich popularność wynika z dużej skuteczności filtracji oraz faktu, że są one korzystną alternatywą dla kosztownej i często skomplikowanej modernizacji tradycyjnych filtrów pospiesznych [4]. Jednym z zakładów wodociągowych, w którym zastosowano filtry DynaSand jest zakład oczyszczania wody w miejscowości Świniarsko, zaopatrujący w wodę Nowy Sącz. Celem pracy była ocena skuteczności działania układu filtracyjnego DynaSand w procesie oczyszczania wody, w świetle wyników osiąganych przez wcześniej stosowane filtry ciśnieniowe.

Charakterystyka procesu filtracji

Zakład oczyszczania wody w Świniarsku (o wydajności do 29 tys. m³/d) zasila sieć wodociagową w Nowym Sączu z trzech ujęć – powierzchniowego (Dunajec), infiltracyjnego (16 studni) oraz podziemnego (11 studni). Głównym procesem oczyszczania wody z ujęć powierzchniowego i infiltracyjnego (ze względu na dobrą jakość, woda z ujęcia podziemnego nie wymaga oczyszczania) jest filtracja. Do 2004 r. układ filtracyjny zakładu składał się z ciśnieniowych filtrów pospiesznych, przy czym nie gwarantował on oczekiwanego i równomiernego usuwania zanieczyszczeń z wody. W przypadkach podwyższonej mętności wody w rzece, wartości wskaźników jakości wody oczyszczonej przekraczały wartości dopuszczalne.

Zmieniająca i pogarszająca się jakość wody w rzece oraz zdarzające się niespodziewane stany jej znacznego zanieczyszczenia bakteriologicznego (2003 r. – skażenie Dunajca i wodociągu w Nowym Targu bakteriami grupy coli oraz *Clostridium Perfringens*) były bezpośrednią przyczyną modernizacji układu filtracji w latach 2004–2006, polegającej na wymianie ciśnieniowych filtrów pospiesznych na samopłuczające kontaktowe otwarte filtry pospieszne DynaSand DS5000 z dynamicznym złożem o pracy ciągłej. Obecnie zespół urządzeń układu filtracyjnego składa się z 12 takich filtrów. Zastosowane filtry są urządzeniami wolnostojącymi, wykonanymi w całości ze stali nierdzewnej. Średnica pojedynczego filtra wynosi 2,5 m (pow. ok. 5,0 m²). Filtry wypełnione są mineralnym złożem o wysokości 2,0 m z naturalnego (niekruszonego) piasku kwarcowego o uziarnieniu 0,5÷1,2 mm i pracują ze stałą prędkością filtracji 9,0 m/h. Równoległe z procesem filtracji, za pośrednictwem płuczki piaskowej, w każdym filtrze przepłukiwane jest złożę filtracyjne bez wyłączenia filtra [5].

Materiały i metodyka badań

W niniejszej pracy wykorzystano wyniki badań jakości wody przeprowadzonych przez akredytowane laboratorium Wodociągów Sądeckich w Nowym Sączu. Badania jakości wody w procesie oczyszczania ograniczone były do badania próbek pobranych w miejscu ujmowania wody, a następnie po filtracji i dezynfekcji oraz wody wprowadzanej do sieci wodociagowej. Tak przeprowadzone badania dotyczyły zarówno okresu przed modernizacją, jak i po modernizacji. Z uwagi na fakt, iż modernizacja zakładu oczyszczania wody w Świniarsku dotyczyła wyłącznie wymiany układu filtracji (pozostała część układu technologicznego nie uległa zmianie), dlatego przeprowadzono analizę opartą na wynikach badania wody ujmowanej i wody po filtracji, zarówno w układzie przed modernizacją (lata 2002–2003), jak i po modernizacji (lata 2008–2010) [6].

W celu dokonania poprawnej oceny skuteczności pracy układu filtracji przeprowadzono analizę zmian wartości wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych (mętność, barwa i żelazo) oraz bakteriologicznych (bakterie grupy coli, paciorkowce fekalne *Enterococcus faecalis* i beztlenowe bakterie przetrwalnikujące *Clostridium perfringens*). Badania zostały przeprowadzone zgodnie z obowiązującymi (w czasie wykonywania badań) przepisami i normami. Łącznie wykonano od 14 do 135 analiz każdego z oznaczanych wskaźników fizyczno-chemicznych i biologicznych. Wyniki analizy skuteczności działania stosowanych wcześniej filtrów ciśnieniowych oraz filtrów DynaSand zamieszczono w tabeli 1.

Dr inż. T. Bergel: Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej, al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
t.bergel@ur.krakow.pl
Mgr inż. K. Kudlik: Sądeckie Wodociągi sp. z o.o., ul. W. Pola 22, 33-300 Nowy Sącz, kazimierz.kudlik@swns.pl

Tabela 1. Skuteczność oczyszczania wody na filtrach przed i po modernizacji
Table 1. Efficiency of water pollutant removal by filtration before and after modernization

Wskaźnik, jednostka	Próbka wody	Filtiry ciśnieniowe (2002–2003)					
		liczba próbek	wartość			mediana	odchylenie standardowe
			min.	średnia	maks.		
Mętność, NTU	ujęcie	23	4,0	15,3	87,0	8,9	18,8
	filtrat		1,2	7,6	69,0	2,8	1,9
Barwa, gPt/m ³	ujęcie	23	7,0	27,5	152,0	21,4	28,7
	filtrat		6,5	18,2	95,0	12,7	19,1
Żelazo ogólne, gFe/m ³	ujęcie	14	0,07	0,22	0,80	0,12	0,23
	filtrat		0,01	0,06	0,20	0,05	0,05
Bakterie grupy coli, jtk/100 cm ³	ujęcie	33	35	191	1100	130	191
	filtrat		10	108	400	80	88
<i>Enterococcus faecalis</i> , jtk/100 cm ³	ujęcie	33	3	38	400	20	70
	filtrat		2	26	200	14	38
<i>Clostridium perfringens</i> , jtk/100 cm ³	ujęcie	33	1	13	90	4	19
	filtrat		0	8	80	2	16
Wskaźnik, jednostka	Próbka wody	Filtiry DynaSand (2008–2010)					
		liczba próbek	wartość			mediana	odchylenie standardowe
			min.	średnia	maks.		
Mętność, NTU	ujęcie	135	0,5	12,6	148,0	4,2	22,3
	filtrat		0,1	0,3	0,9	0,3	0,2
Barwa, gPt/m ³	ujęcie	135	5,0	11,8	30,0	10,0	4,7
	filtrat		0,0	4,2	5,0	5,0	1,8
Żelazo ogólne, gFe/m ³	ujęcie	135	0,01	0,24	3,10	0,10	0,39
	filtrat		0,00	0,01	0,05	0,01	0,01
Bakterie grupy coli, jtk/100 cm ³	ujęcie	128	30	1156	5929	844	1123
	filtrat		0	29	210	12	40
<i>Enterococcus faecalis</i> , jtk/100 cm ³	ujęcie	128	0	246	1470	150	274
	filtrat		0	2	33	0	5
<i>Clostridium perfringens</i> , jtk/100 cm ³	ujęcie	128	12	197	940	145	170
	filtrat		0	1	12	0	2

Dyskusja wyników

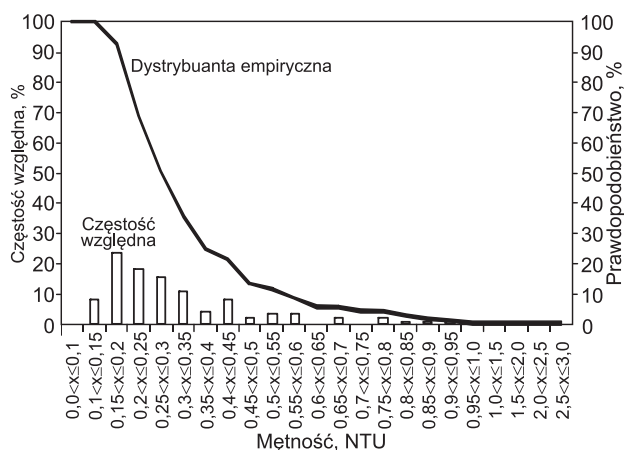
Światowa Organizacja Zdrowia wskazuje mętność jako wskaźnik bieżącej kontroli skuteczności procesu filtracji. Cząstki powodujące mętność, które nie zostały usunięte w procesie filtracji, zmniejszają skuteczność dezynfekcji wody i powodują wzrost liczby bakterii, przyczyniając się do zagrożenia zdrowia konsumentów [7]. Woda po filtrach ciśnieniowych w latach 2002–2003 miała mętność sięgającą okresowo kilkudziesięciu NTU – średnio blisko 8 NTU (wartość dopuszczalna 1 NTU). Przy dużej mętności ujmowanej wody, w procesie filtracji osiągnano zmniejszenie wartości tego wskaźnika wynoszące niewiele ponad 30%, otrzymując wodę przefiltrowaną o mętności od kilkunastu do kilkudziesięciu NTU. Najmniejsza mętność wody przefiltrowanej w latach 2002–2003 wyniosła 1,2 NTU. Mętność wody po filtracji pospiesznej osiągała zawsze wartości powyżej 1 NTU, co pozwala stwierdzić, że pod względem mętności woda nie spełniała wymagań ówczesnego rozporządzenia Ministra Zdrowia [8].

Zdecydowanie odmienną sytuację zanotowano od czasu, kiedy proces filtracji odbywa się przez mineralne złoża filtrów kontaktowych DynaSand. Zgodnie z oczekiwaniami,

w latach 2008–2010 miało miejsce bardzo skuteczne zmniejszenie mętności wody (śr. o ponad 90%) do wartości 0,3 NTU. Wysoką skuteczność filtrów DynaSand w odniesieniu do mętności wody potwierdzają również badania innych autorów [2, 9]. Na podkreślenie zasługuje fakt, że na 135 pobranych do analizy próbek w żadnej nie stwierdzono mętności powyżej 1 NTU. W rozpatrywanym czasie mętność wody przefiltrowanej kształtowała się następująco (rys. 1):

- 0,80 NTU i mniej w 96% próbek,
- 0,70 NTU i mniej w 94% próbek,
- nie więcej niż 0,55 NTU w 90% próbek.

Z podobną skutecznością jak mętność, w złożach ciśnieniowych filtrów pospiesznych usuwane były substancje nadające wodzie barwę. Przy nieznacznym stopniu zmniejszenia, wskaźnik ten w wodzie przefiltrowanej wynosił średnio ponad 18 gPt/m³. Jak zaobserwowano, w wielu przypadkach woda w zakresie barwy również nie spełniała wymagań rozporządzenia Ministra Zdrowia [8], w którym określono dopuszczalną wartość tego wskaźnika (15 gPt/m³). Dopiero wymiana tych filtrów na samopłuczające DynaSand spowodowała, że w każdej z analizowanych próbek wody intensywność barwy osiągała wartości znacznie poniżej dopuszczalnej, nie przekraczając 5,0 gPt/m³.

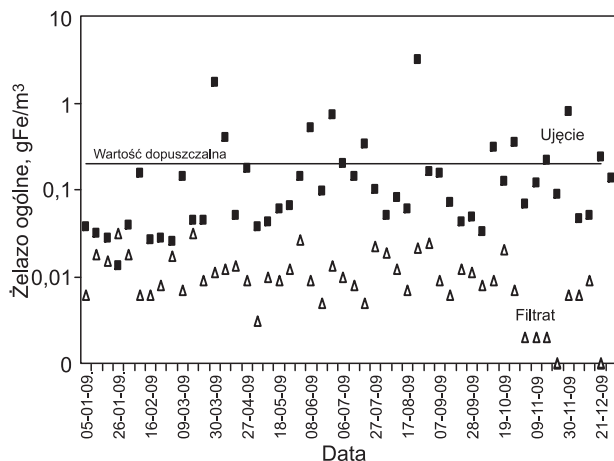


Rys. 1. Histogram częstości względnej i dystrybuanta występowania mętności wraz z większymi w wodzie (2008–2010)

Fig. 1. Relative frequency histogram and empirical distribution of turbidity with higher values in the water (2008–2010)

Miało to miejsce nawet podczas intensywnych i długotrwałych opadów deszczu i powodzi w 2010 r. W latach 2008–2010 barwa wody wynosiła średnio $4,2 \text{ gPt/m}^3$ (w – 2008 r. i 2009 r. – $5,0 \text{ gPt/m}^3$, w 2010 r. – śr. $2,1 \text{ gPt/m}^3$), osiągając zmniejszenie wartości tego wskaźnika blisko 100%.

Mętność wody mogą powodować również związki żelaza, którego stosunkowo duże ilości są obecne w ujmowanej wodzie. Z tego względu sprawdzono również skuteczność filtrów DynaSand w usuwaniu związków żelaza z wody. W procesie filtracji na filtrach ciśnieniowych, ze znaczną zmiennością, następowało usuwanie związków żelaza w zakresie $29\div 96\%$ (śr. 62%). W wyniku filtracji zawartość związków żelaza w wodzie zmniejszyła się do $0,01\div 0,2 \text{ gFe/m}^3$ (śr. $0,06 \text{ gFe/m}^3$). Zatem filtracja utrzymywała ten wskaźnik na poziomie poniżej wartości dopuszczalnej, określonej w rozporządzeniu Ministra Zdrowia [8] w wysokości $0,2 \text{ gFe/m}^3$. Jeszcze lepsza sytuacja wystąpiła po zastosowaniu filtrów samopłuczających. W tym czasie miało miejsce usuwanie związków żelaza średnio z $0,24 \text{ gFe/m}^3$ do $0,01 \text{ gFe/m}^3$ (skuteczność $95,8\%$). Należy podkreślić, że maksymalna zaobserwowana zawartość żelaza w wodzie przefiltrowanej wyniosła $0,05 \text{ gFe/m}^3$, co potwierdziło bardzo wysoką skuteczność układu filtracji DynaSand w usuwaniu związków żelaza z wody, znacznie poniżej wartości dopuszczalnej. Na rysunku 2 pokazano skuteczność filtracji w odniesieniu do zawartości żelaza w wodzie w 2009 r.

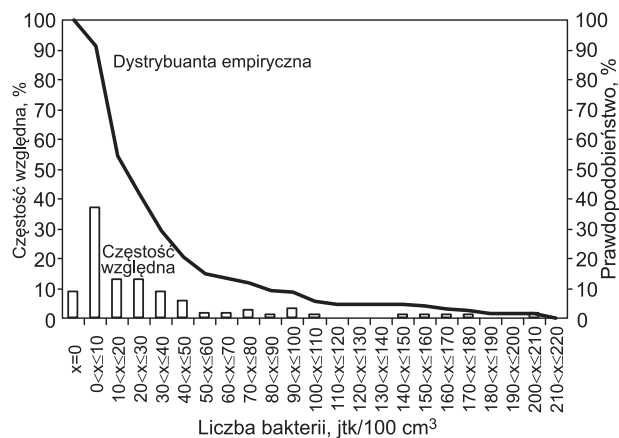


Rys. 2. Zawartość związków żelaza w wodzie w 2009 r.

Fig. 2. Iron content of the water in 2009

W celu dokonania oceny stanu mikrobiologicznego wody oczyszczonej przeprowadzono szczegółową analizę obecności pasożytów w wodzie po procesie filtracji. Analizą objęto obecność bakterii grupy coli, paciorkowców fekalnych *Enterococcus faecalis* i beztlenowych bakterii przetrwalnikujących *Clostridium perfringens*. W rozpatrywanym czasie przed modernizacją układu filtracji osiągnięto nieznaczny stopień eliminacji mikroorganizmów wskaźnikowych, a nawet wykazano przypadki wzrostu liczby tych mikroorganizmów w wodzie przefiltrowanej, co może świadczyć o tym, że dochodziło do zjawiska przebiccia złoża filtracyjnego. Jak pokazały badania, niemal w 40% pobranych próbek wody po filtrach pospiesznych zawartość bakterii grupy coli przekraczała $100 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$, a średnia ich liczba w rozpatrywanym czasie wynosiła $108 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$. Aż 45% próbek wody po filtracji wykazywało zawartość paciorkowców fekalnych *Enterococcus faecalis* powyżej $15 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$, a ich średnia zawartość w latach 2002–2003 wyniosła $26 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$. Należy podkreślić, że żadna z próbek nie wykazała braku obecności paciorkowców fekalnych. Z kolei w 18% próbek wody po filtracji zawartość beztlenowych bakterii *Clostridium perfringens* wyniosła powyżej $10 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$, a ich średnia zawartość w rozpatrywanym czasie wyniosła $8 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$. Zaledwie 18% próbek nie wykazało obecności tych odpornych na dezynfekcję bakterii beztlenowych. Obowiązujące wówczas przepisy [8] nie dopuszczały obecności tych mikroorganizmów wskaźnikowych w wodzie wodociągowej. Tak duża zawartość mikroorganizmów, przy mętności wody większej od dopuszczalnej, nie gwarantowała usunięcia zanieczyszczeń bakteriologicznych w procesie dezynfekcji, stanowiąc zagrożenie bakteriologicznego skażenia wodociągu, a tym samym wody u odbiorców.

Znacznie większą skuteczność usuwania mikroorganizmów odnotowano dopiero po zastosowaniu filtrów samopłuczających. W 70% badanych próbek przefiltrowanej wody liczba bakterii grupy coli nie przekraczała $30 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$, natomiast 90% próbek wykazało obecność tych bakterii w liczbie poniżej $80 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$ (rys. 3). Biorąc jednak pod uwagę, że w latach 2008–2010 odnotowano znacznie większą niż przed modernizacją liczebność bakterii coli w ujmowanej wodzie (średnio do $1156 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$, maks. $5929 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$), to zmniejszenie ich liczby średnio do $29 \text{ jtk}/100 \text{ cm}^3$ (ponad 97%) było znaczne. Mikrobiologiczne badania laboratoryjne próbek wody przefiltrowanej



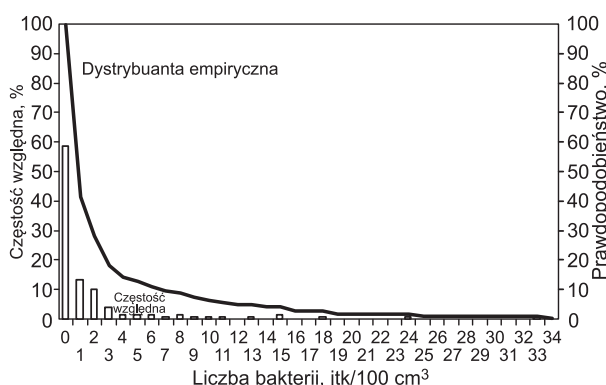
Rys. 3. Histogram częstości względnej i dystrybuanta występowania określonej liczby bakterii grupy coli wraz z większymi w wodzie (2008–2010)

Fig. 3. Relative frequency histogram and empirical distribution of a defined number of coliform bacteria with higher values in the water (2008–2010)

Tabela. 2. Rozkład liczby bakterii *Clostridium perfringens* w wodzie i prawdopodobieństwo występowania ich określonej liczby (2008–2010)
 Table 2. Distribution of *Clostridium perfringens* bacteria in water and the probability of occurrence of a defined number of these bacteria (2008–2010)

Kryterialna liczba bakterii jtk/100 cm ³	Liczba zdarzeń	Częstość względna %	Częstość skumulowana	Prawdopodobieństwo wystąpienia mętności wraz z mniejszymi, %	Prawdopodobieństwo wystąpienia mętności wraz z większymi, %
0	92	71,88	92	71,88	100,00
1	20	15,63	112	87,50	28,13
2	9	7,03	121	94,53	12,50
3	2	1,56	123	96,09	5,47
4	1	0,78	124	96,88	3,91
5	1	0,78	125	97,66	3,13
6	0	0,00	125	97,66	2,34
7	0	0,00	125	97,66	2,34
8	1	0,78	126	98,44	2,34
9	1	0,78	127	99,22	1,56
10	0	0,00	127	99,22	0,78
11	0	0,00	127	99,22	0,78
12	1	0,78	128	100,00	0,78

przez złożę filtrów DynaSand wykazały również bardzo wysoką skuteczność usuwania paciorkowców kałowych *Enterococcus faecalis*. Liczba tych mikroorganizmów zmniejszyła się średnio z 246 jtk/100 cm³ w ujmowanej wodzie do 2 jtk/100 cm³ w wodzie po filtracji, co oznaczało skuteczność ponad 99%. Blisko 60% próbek wody odznaczało się brakiem obecności bakterii kałowych (rys. 4).



Rys. 4. Histogram częstości względnej i dystrybuanta występowania określonej liczby paciorkowców *Enterococcus faecalis* wraz z większymi w wodzie (2008–2010)

Fig. 4. Relative frequency histogram and empirical distribution of a defined number of *Enterococcus faecalis* with higher values in the water (2008–2010)

Badania próbek wody przefiltrowanej jednoznacznie potwierdziły niemal całkowite usunięcie beztlenowych bakterii przetrwalnikujących *Clostridium perfringens*. W procesie filtracji nastąpiło zmniejszenie liczby tych mikroorganizmów średnio z wartości 197 jtk/100 cm³ w ujmowanej wodzie do 1 jtk/100 cm³ w wodzie po filtracji (>99%). Jak pokazały badania, w ponad 70% próbek wody nie odnotowano obecności analizowanych bakterii (tab. 2). Tak wysoka skuteczność usuwania beztlenowych bakterii przetrwalnikujących *Clostridium perfringens* podczas filtracji wykazuje, że proces ten jest bardzo ważnym elementem układu oczyszczania wody, szczególnie w przypadku bakterii opornych na dezynfekcję [10, 11].

Podsumowanie

Działająca do 2004 r. w zakładzie oczyszczania wody w Świniarsku stacja ciśnieniowych filtrów pospiesznych oczyszczała wodę w stopniu niewystarczającym, aby spełnić wymagania zawarte w obowiązującym wówczas rozporządzeniu Ministra Zdrowia [8]. Przefiltrowana woda (przed dezynfekcją) charakteryzowała się dużą mętnością i intensywnością barwy, co nie gwarantowało jej skutecznej dezynfekcji. Dezynfekcja promieniami nadfioletowymi i zwiększonymi dawkami chloru również nie gwarantowała dostarczenia odbiorcom wody dobrej jakości, a duża mętność stanowiła bezpośrednie zagrożenie zdrowia odbiorców, umożliwiając przedostawanie się mikroorganizmów do sieci wodociągowej. Podstawowe znaczenie w uzyskaniu dobrej jakości wody ma maksymalne zmniejszenie jej mętności (<1 NTU) i usunięcie podczas oczyszczania (przed dezynfekcją) jak największej liczby bakterii. Spełnienie tego wymogu zapewnił wysokosprawny układ pospiesznych filtrów kontaktowych DynaSand. Przeprowadzona analiza jakości wody wykazała, że zmodernizowany układ filtracji zmniejszył mętność wody oczyszczonej do poniżej 1,0 NTU (śr. do 0,3 NTU). W tych samych próbkach wody intensywność barwy nie przekraczała 5 gPt/m³, a zawartość związków żelaza, wynosząca średnio 0,01 gFe/m³, w żadnym przypadku nie przekroczyła 0,05 gFe/m³. Równocześnie skuteczność usuwania bakterii grupy coli wynosiła ponad 97%, a paciorkowców kałowych *Enterococcus faecalis* oraz opornych na dezynfekcję beztlenowych bakterii *Clostridium perfringens* ponad 99%. Znikoma liczba bakterii pozostałych w wodzie po filtracji została skutecznie zdezaktywowana w procesie dezynfekcji promieniami nadfioletowymi i chlorem gazowym. W analizowanym okresie wielokrotnie wystąpiły nawałne opady i powodzie, jak również niespodziewane pogorszenia jakości wody w rzece do jakości pozaklasowej. W każdych warunkach układ filtracji charakteryzowała wysoka niezawodność działania i sprawność gwarantująca dobrą jakość wody dostarczanej odbiorcom, określoną w obecnie obowiązującym rozporządzeniu Ministra Zdrowia [12, 13].

Biorąc pod uwagę zalety filtrów samopłuczających, do których zalicza się dużą trwałość złoża filtracyjnego (znikomy ubytek piasku, ok. 0,02% w roku), niskie zużycie energii elektrycznej, małe zużycie reagentów chemicznych (z uwagi na fakt, że proces filtracji kontaktowej umożliwia skuteczne usuwanie zanieczyszczeń z wód przy niskich wymaganiach dotyczących wielkości i spoistości kłaczków powstających w procesie koagulacji i flokulacji zawieszin), prostotę obsługi, równoczesne prowadzenie procesu oczyszczania wody i płukania złoża eliminujące konieczność wyłączenia filtru, brak strat wody na tzw. pierwszy filtrat oraz uwzględniając wyniki kilkuletnich doświadczeń własnych należy stwierdzić, że zastosowanie wysokosprawnych kontaktowych filtrów pospiesznych DynaSand stanowi dobre rozwiązanie technologiczne w zakładzie oczyszczania wody w Świniarsku.

LITERATURA

1. A.L. KOWAL, M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ: Oczyszczanie wody. Podstawy teoretyczne i technologiczne, procesy i urządzenia. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
2. K. WILMAŃSKI, D. KUZIARA: Modernizacja technologii oczyszczania wody z rzeki górskiej na przykładzie wodociągu w Wadowicach. *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 3, ss. 41–44.
3. W. SAWINIĄK, M. KŁOS: Zastosowanie filtrów DynaSand do odżelaziania i odmanganiania wód podziemnych – doświadczenia eksploatacyjne. *Ochrona Środowiska* 2005, vol. 27, nr 3, ss. 55–56.
4. M. KŁOS: Modernizacja systemów koagulacji i filtracji w układach uzdatniania wód powierzchniowych. *Technologia Wody* 2009, nr 2, ss. 50–51.
5. W. BICZ, M. KONIECZNA, A. ZILBERT: Oczyszczanie wody na filtrach DynaSand. *Ochrona Środowiska* 1999, vol. 21, nr 4, ss. 33–36.
6. K. KUDLIK: Optymalizacja procesu filtracji i jego wpływ na jakość wody dostarczanej odbiorcom w Nowym Sączu. Praca magisterska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Kraków 2010 (praca niepublikowana).
7. T. BERGEL, J. PAWELEK, Z. RULKA: Mętność wody dostarczanej przez systemy wodociągowe województwa małopolskiego. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 4, ss. 61–64.
8. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 203, poz. 1718.
9. B. TOCZYŁOWSKA: Skuteczność usuwania zawieszin w złożach filtrów DynaSand i DYNAMIK. *Ochrona Środowiska* 2005, vol. 27, nr 3, ss. 51–54.
10. M. MICHAŁKIEWICZ, B. MADRECKA: Problematyka bakteriologicznego skażenia wód. *Technologia Wody* 2009, nr 2, ss. 14–19.
11. M. ŁEBKOWSKA: Występowanie bakterii antybiotykoopornych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 2, ss. 11–15.
12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 61, poz. 417.
13. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. nr 72, poz. 466.

Bergel, T., Kudlik, K. Physical, Chemical and Bacteriological Efficiency of DynaSand Filters in the Water Treatment Plant Supplying Municipal Water to Nowy Sacz. *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 4, pp. 57–61.

Abstract: The aim of the study was to assess the removal efficiencies obtained with self-cleaning contact filters of DynaSand type for some physicochemical and bacteriological water pollutants. The filters are operated in the Water Treatment Plant Swiniarsko, which supplies municipal water to the city of Nowy Sacz. The water being subjected to filtration is a mixture of surface and infiltrative waters. The values of the water quality parameters obtained with the DynaSand filters were compared to those achieved with the rapid pressure filters that were in use before the modernization of the water treatment plant. Analysis of the results

makes it clear that since the substitution of the self-cleaning DynaSand filters for the rapid pressure filters, both physicochemical and biological pollutants have been removed with the efficiency required. This means that the users have been supplied with water of desired quality. Although the period under study was characterized by the occurrence of extreme meteorological conditions (floods), the modernized filtration system not only guaranteed a reduction in water turbidity to the average value of 0.3 NTU, a decrease in color intensity to at least 5 gPt/m³, and the removal of iron compounds to the average value of 0.01 gFe/m³, but also provided simultaneous retention of more than 97% of coliform bacteria, and more than 99% of fecal streptococci *Enterococcus faecalis* or anaerobic spore-forming bacteria of the species *Clostridium perfringens*.

Keywords: Water treatment, filtration, DynaSand filter.