

Bożenna Toczyłowska

## Skuteczność usuwania zawiesin w złożach filtrów DynaSand i DYNAMIK

W eksploatacji filtrów pospiesznych (ciśnieniowych i gravitacyjnych) ze stałym złożem filtracyjnym duży problem stanowi utrzymanie jakości wody na stałym poziomie w trakcie całego cyklu filtracyjnego. Jest to tym trudniejsze do osiągnięcia w praktyce, im wyższe są wymagania stawiane wodzie oczyszczonej. W cyklu filtracyjnym wyróżnia się dwa etapy pracy filtrów, kiedy skuteczność filtracji się pogarsza, tj. na początku oraz pod koniec cyklu filtracyjnego. Gorsza jakość filtratu na początku cyklu filtracji związana jest ze zjawiskiem tzw. wpracowania złoża. Złoże filtracyjne po zakończeniu płukania (przeciwnądowego i współnądowego), które zazwyczaj trwa 15÷20 min, jest wolne od zanieczyszczeń i charakteryzuje się maksymalną porowatością. W miarę zatrzymywania zawiesin w złożu jego porowatość się zmniejsza, a skuteczność filtracji rośnie, czemu dodatkowo sprzyjają właściwości sorpcyjne i/lub katalityczne zatrzymanych zawiesin. Etap dochodzenia do optymalnych warunków filtracji można skrócić wydłużając płukanie współnądowe, co pociąga jednak za sobą wzrost kosztów eksploatacji filtrów. Pogorszenie jakości wody pod koniec cyklu filtracyjnego jest związane ze zmniejszaniem porowatości złoża w miarę wzrostu ilości zatrzymanych zanieczyszczeń, co może doprowadzić do tzw. przebiccia złoża. Przebiccie złoża objawia się najpierw przechodzeniem do filtratu cząstek zawiesin większych od 2 µm, potem wzrostem mętności wody, a dopiero na końcu rejestrowany jest wzrost oporów przepływu przez filtr. Utrzymanie odpowiedniej jakości wody może więc wymagać znacznie wcześniejszego zakończenia cyklu filtracyjnego, niż ma to miejsce wówczas, gdy koniec cyklu określany jest na podstawie pomiarów strat ciśnienia filtracyjnego. Uwaga, jaką ostatnio w praktyce wodociągowej poświęca się problemowi zapewnienia stabilnej jakości filtratu wynika z faktu, że skuteczność filtracji, rozumiana jako skuteczność usuwania zawiesin podczas przepływu wody przez złożo filtracyjne, zaczęto traktować jako warunek zapewnienia bezpiecznej jakości wody przeznaczonej do spożycia dla ludzi.

Miarą skuteczności usuwania cząstek stałych z wody jest mętność wody przefiltrowanej. Przez długi czas w praktyce wodociągowej mętność traktowana była wyłącznie jako wskaźnik właściwości estetycznych wody. Stwierdzono jednak, że istnieje zależność między mętnością a właściwościami zdrowotnymi wody. Wynika to z faktu, że mętność wody ma wpływ na skuteczność procesu dezynfekcji, a także na zawartość w wodzie oczyszczonej produktów ubocznych procesu dezynfekcji oraz na stabilność mikrobiologiczną wody w sieci wodociągowej. Znaczenie mętności wody wzrosło również

w związku z zagrożeniem dla zdrowia ludzi, jakie wiąże się z obecnością w wodzie do picia pasożytów. Stwierdzono, że najlepszym sposobem na zapewnienie wody wolnej od pasożytów jest – obok skutecznej dezynfekcji – spełnienie wymagań dotyczących skuteczności filtracji.

W przypadku filtracji pospiesznej przez filtry ze stałym złożem filtracyjnym, która jest najczęściej stosowanym procesem w stacjach oczyszczania wody przeznaczonej do picia, nie mniej ważne niż skuteczność filtracji jest zapewnienie stabilności procesu i wyeliminowanie czynników powodujących pogorszenie jakości wody w czasie cyklu filtracyjnego. Wytyczne opracowane w Stanach Zjednoczonych, dotyczące warunków, jakie powinny być spełnione, aby zapewnić wodę wolną od pasożytów *Cryptosporidium parvum*, określają następujące wymagania w stosunku do filtrów pospiesznych [1]:

- mętność wody po filtrach pospiesznych nie powinna przekraczać 0,1 NTU (najczęściej zmniejszenie mętności do takiej wartości wymaga stosowania procesu koagulacji),
- pomiar mętności należy wykonywać w odstępach 15 min,
- 95% pomiarów powinno wykazywać mętność <0,1 NTU,
- dwa kolejne pomiary nie mogą wykazywać mętności większej niż 0,3 NTU.

Wymagania stawiane procesowi filtracji dotyczą więc zarówno skuteczności procesu, jak i jego stabilności. Urządzeniami, w których wyeliminowano zagrożenia związane z wahaniami jakości wody w cyklu filtracyjnym, jak ma to miejsce w wypadku filtrów pospiesznych ze stałym złożem filtracyjnym, są filtry z ciągłym płukaniem złoża. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań, w których określono skuteczność i stabilność usuwania zawiesin w procesie filtracji pospiesznej przez filtry z ciągłym płukaniem złoża DynaSand i DYNAMIK, w porównaniu z konwencjonalnymi filtrami pospiesznymi ze stałym złożem filtracyjnym.

### Charakterystyka filtrów z ciągłym płukaniem złoża

Filtry z ciągłym płukaniem złoża są filtrami pospiesznymi, otwartymi, ze złożem piaskowym, przez które woda przepływa w kierunku od dołu ku górze. Stosowane mogą być do oczyszczania wody powierzchniowej metodą filtracji lub koagulacji kontaktowej/powierzchniowej oraz do odżelaziania i odmanganiania wody podziemnej. Pojedynczy filtr z ciągłą regeneracją złoża zbudowany jest ze zbiornika, który jest w górnej części cylindryczny, a w dolnej stożkowy. W części cylindrycznej zbiornika znajduje się doprowadzenie wody surowej oraz odprowadzenie filtratu i wody po płukaniu piasku. W części stożkowej zbiornika umieszczony jest króciec spustowy. Filtr wyposażony jest w system doprowadzania

wody surowej, składający się z przewodu zasilającego oraz układu rozdzielczego, który zapewnia równomierne rozprządzenie wody na całą powierzchnię filtru w jego dolnej części stożkowej. W centralnej części filtru znajduje się podnośnik powietrzny wody i piasku (pompa typu mamut), której dolny koniec zasysający piasek znajduje się w części stożkowej filtru. Górny koniec pompy wyposażony jest w płuczkę piasku. Piasek zawierający zanieczyszczenia usunięte z wody pobierany jest ze stożkowej części dennej przy pomocy podnośnika powietrznego wody i piasku do płuczki piasku, gdzie zostaje wypłukany. Woda po płukaniu piasku usuwana jest przez króciec wylotowy. Ziarna czystego piasku wprowadzane są ponownie na powierzchnię warstwy filtracyjnej. Oczyszczanie wody oraz płukanie piasku odbywa się nieprzerwanie w czasie pracy filtru.

Filtry z ciągłym płukaniem złoża wyposażone są w warstwę filtracyjną o wysokości od 1 m do 2,5 m, przy czym do oczyszczania wody na potrzeby komunalne stosowane są najczęściej filtry z warstwą filtracyjną 2,0 m i 2,5 m. Prędkość filtracji, która jest ustalana indywidualnie, w zależności od jakości wody surowej i wymagań stawianych wodzie oczyszczonej, wynosi zwykle 8+12 m/h.

Obecnie w Polsce wprowadzono do obrotu (wydano na nie aprobatę techniczną) filtry produkcji szwedzkiej (dwóch producentów) oraz produkcji krajowej (jeden producent) [2–4]. Zasada działania filtrów wszystkich producentów jest taka sama, natomiast poszczególne urządzenia różnią się m.in. rozwiązaniem systemu doprowadzania wody surowej, konstrukcją płuczki oraz stosowanymi materiałami. Dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne filtrów z ciągłym płukaniem złoża w Polsce potwierdziły przydatność tego typu urządzeń do oczyszczania wody podziemnej i powierzchniowej, przy czym za największą ich zaletę należy uznać łatwość dostosowania parametrów technologicznych do gwałtownie zmieniającej się jakości wody. Ma to szczególne znaczenie w wypadku ujmowania wód powierzchniowych na terenach podgórskich [5].

## Przedmiot i metodyka badań

Przedmiotem badań były dwa typy filtrów z ciągłym płukaniem złoża:

- filtry DynaSand, eksploatowane w stacji oczyszczania wody Stary Sącz, należącej do spółki Sąddeckie Wodociągi, zasilane wodą powierzchniową ujmowaną z Dunajca [7],

- filtry DYNAMIK, eksploatowane w stacji oczyszczania wody w Toszku na potrzeby wodociągu gminnego, zasilane wodą ujmowaną ze studni głębinowych [8].

Skuteczność usuwania cząstek stałych na badanych filtrach porównano ze skutecznością filtracji przez filtry ze stałym złożem filtracyjnym. Do badań wybrano filtry zasilane wodą o takim samym lub zbliżonym składzie:

- filtry DynaSand porównano z filtrami pospiesznymi, piaskowymi, ciśnieniowymi, eksploatowanymi w stacji oczyszczania wody „Świniarsko”, zasilanymi wodą powierzchniową ujmowaną z Dunajca powyżej Popradu [7],

- filtry DYNAMIK porównano z filtrami pospiesznymi, piaskowymi, ciśnieniowymi, zasilanymi wodą ujmowaną ze studni głębinowych o zbliżonym składzie [9].

Do pomiaru skuteczności usuwania zawiesin w procesie filtracji przez filtr z ciągłym płukaniem złoża zastosowano

metodę oznaczania liczby i wymiarów cząstek stałych w zakresie 1+25  $\mu\text{m}$ . W ostatnich latach pomiar liczby i wymiarów cząstek stałych w wodzie oczyszczonej jest w świecie coraz powszechniej stosowany, głównie do oceny skuteczności filtracji z uwagi na potrzebę kontrolowania skażenia wody pasożytami *Cryptosporidium parvum* oraz *Giardia lamblia* [6]. W badaniach przeprowadzonych nad skutecznością oczyszczania wody pod względem usuwania tych pasożytów stwierdzono, że zachodzi istotna korelacja między mętnością wody i zawartością cząstek stałych oraz liczebnością pasożytów w wodzie. Ustalono, że woda jest dostatecznie pozbawiona cząstek stałych, aby mogła być uważana za wolną od pasożytów *Cryptosporidium parvum* i *Giardia lamblia* wówczas, gdy jej mętność nie przekracza 0,1 NTU, a cząstek >2  $\mu\text{m}$  jest nie więcej niż 250+280 w 1  $\text{cm}^3$ , natomiast cząstek >5  $\mu\text{m}$  jest nie więcej niż 50+100 w 1  $\text{cm}^3$  wody. Powyższe wartości przyjęto jako kryterium oceny skuteczności usuwania zawiesin w procesie filtracji w prezentowanych badaniach.

Do pomiaru liczby i wymiarów cząstek stałych zastosowano licznik cząstek (particles counter) typu PAMAS-SBSS-C-1, działający na zasadzie ekstynkcji światła emitowanego przez diodę laserową, wyposażony w sondę pomiarową typu HCB-LB-LB-25/25-CS, z możliwością pomiaru cząstek w zakresie 1+25  $\mu\text{m}$ . Oznaczono liczbę cząstek o wymiarach >1  $\mu\text{m}$ , >2  $\mu\text{m}$ , >5  $\mu\text{m}$ , >10  $\mu\text{m}$ , >15  $\mu\text{m}$  oraz >25  $\mu\text{m}$ . Równoległe do pomiarów liczby i wymiarów cząstek oznaczono mętność wody metodą nefelometryczną, przy użyciu mętnościomierza Hach 2100.

## Dyskusja wyników badań

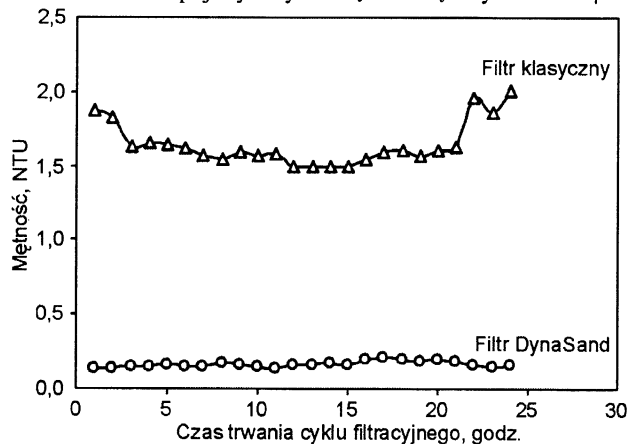
Wyniki badań skuteczności działania filtrów zasilanych wodą powierzchniową i podziemną przedstawiono w tabeli 1, w której zestawiono minimalną, średnią i maksymalną liczebność cząstek o wymiarach >2  $\mu\text{m}$ , >5  $\mu\text{m}$  i >10  $\mu\text{m}$  w wodach przefiltrowanych oraz mętność tych wód. Na rysunkach 1 i 2 porównano zmiany mętności wody oraz zawartości cząstek stałych o wymiarach >2  $\mu\text{m}$  w ciągu 24 godz. (cały cykl filtracyjny filtru ze złożem stałym). Wyniki badań przeprowadzonych z filtrami zasilanymi wodami podziemnymi przedstawiono na rysunkach 3 i 4, na których zobrazowano zmiany wartości omawianych wskaźników w cyklu badań trwającym 6 godz. (filtr z ciągłym płukaniem złoża) lub 48 godz. (filtr ze złożem stałym).

Na podstawie porównania skuteczności usuwania zawiesin w procesie filtracji przez filtry z ciągłym płukaniem złoża DynaSand i filtry ze stałym złożem filtracyjnym, zasilanymi wodą z ujęć powierzchniowych stwierdzono, że woda ujmowana z Dunajca, oczyszczona metodą koagulacji i filtracji przez filtry DynaSand, charakteryzowała się w całym okresie badań niską mętnością w zakresie 0,13+0,21 NTU. Woda oczyszczona spełniała kryteria przyjęte do oceny skuteczności filtracji, zgodnie z którymi cząstek >2  $\mu\text{m}$  w 1  $\text{cm}^3$  nie powinno być więcej niż 250+280 w 1  $\text{cm}^3$  (stwierdzono średnio 248), natomiast cząstek >5  $\mu\text{m}$  nie powinno być więcej niż 50+100 w 1  $\text{cm}^3$  (stwierdzono średnio 53). Jakość wody oczyszczonej nie zależała od jakości wody surowej ani od prędkości przepływu wody przez złoża filtracyjne (wydajności stacji). Skuteczność oczyszczania wody, określona zawartością cząstek mniejszych niż 1  $\mu\text{m}$  i mętnością, w całym okresie badań była bardzo stabilna. Stwierdzono jeden przypadek znacznego zwiększenia liczby cząstek stałych >2  $\mu\text{m}$

Tabela 1. Skuteczność usuwania zawieszin w złożach filtrów DynaSand i DYNAMIK, w porównaniu do klasycznych filtrów pospiesznych

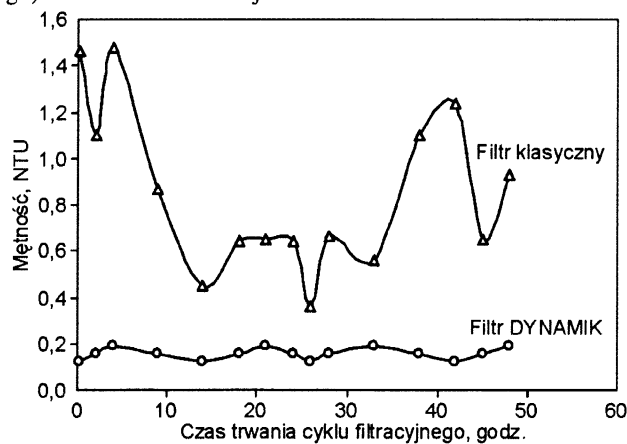
Filtr	Woda	Wartość	Liczba cząstek stałych w 1 cm <sup>3</sup> wody			Mętność NTU
			>2 μm	>5 μm	>10 μm	
DynaSand	Powierzchniowa (Dunajec)	minimalna	141	26	1	0,13
		maksymalna	1417	306	6	0,21
		średnia	239	53	3	0,16
Klasyczny	Powierzchniowa (Dunajec+Poprad)	minimalna	657	72	1	1,49
		maksymalna	3726	585	9	2,01
		średnia	1248	154	3	1,64
DYNAMIK	Podziemna	minimalna	82	18	0	0,12
		maksymalna	451	30	1	0,19
		średnia	146	22	0	0,16
Klasyczny	Podziemna	minimalna	207	48	3	0,36
		maksymalna	6161	1512	34	1,48
		średnia	1812	394	10	0,92
Klasyczny	Podziemna (z koagulacją)	minimalna	172	43	1	bd.
		maksymalna	521	146	5	bd.
		średnia	305	68	3	bd.
Wartości zalecane [1]		maksymalna	250÷280	50÷100	bd.	0,1÷0,3

w wodzie przefiltrowanej, czemu nie towarzyszył jednak wzrost mętności wody. Pogorszenie jakości wody w próbce nie było związane z jakością wody surowej, natomiast mogło być spowodowane zakłóceniem w pracy filtrów DynaSand, wynikającym z niedostatecznego odpowietrzenia wody doprowadzanej na filtr. W próbkach wody oczyszczonej stwierdzono obecność pojedynczych cząstek większych niż 15 μm.

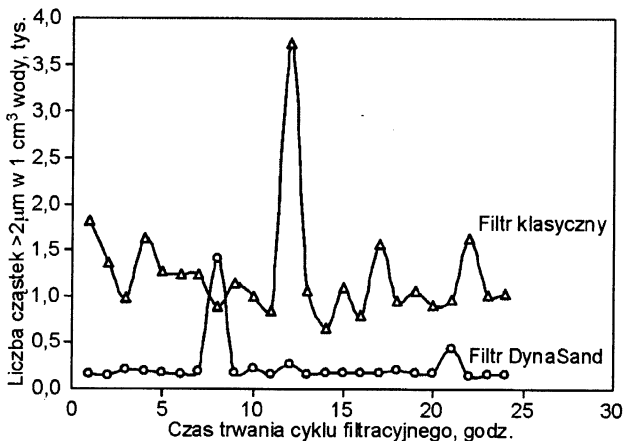


Rys. 1. Porównanie zmiany mętności wody po filtrze DynaSand i po filtrze ze stałym złożem

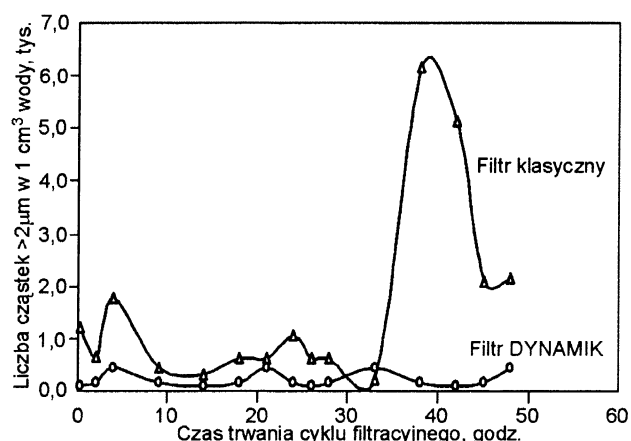
Woda ujmowana z Dunajca, oczyszczona metodą filtracji przez klasyczny ciśnieniowy filtr pospieszny, charakteryzowała się wysoką mętnością w zakresie 1,49÷2,01 NTU. Jakość wody, określona wartością mętności oraz liczbą cząstek o wymiarach >2 μm była zmienna i zależała od jakości wody surowej oraz porowatości złoża filtracyjnego (długości cyklu filtracyjnego). Skuteczność filtracji rosła wraz ze wzrostem wielkości



Rys. 3. Porównanie zmiany mętności wody po filtrze DYNAMIK i po filtrze ze stałym złożem



Rys. 2. Porównanie zmiany liczby cząstek stałych &gt;2 μm w wodzie po filtrze DynaSand i po filtrze ze stałym złożem



Rys. 4. Porównanie zmiany liczby cząstek stałych &gt;2 μm w wodzie po filtrze DYNAMIK i po filtrze ze stałym złożem

cząstek stałych. Skuteczność usuwania cząstek stałych  $>15 \mu\text{m}$  w procesie filtracji przez stałe złoża filtracyjne była większa, niż w procesie filtracji przez filtr z ciągłym płukaniem złoża.

W badaniach nad skutecznością usuwania cząstek stałych w procesie filtracji przez filtry z ciągłym płukaniem złoża DYNAMIK zasilane wodą z ujęć głębinowych stwierdzono, że woda z ujęcia głębinowego oczyszczona na filtrach DYNAMIK charakteryzowała się bardzo niską mętnością od 0,13 NTU do 0,22 NTU (śr. 0,15 NTU). Woda przefiltrowana charakteryzowała się bardzo niską zawartością cząstek stałych (średnia liczba cząstek  $>2 \mu\text{m}$  wyniosła 145 w  $1 \text{ cm}^3$ , a cząstek  $>5 \mu\text{m} - 50$  w  $1 \text{ cm}^3$ ), przy czym cząstki większe od  $10 \mu\text{m}$  były praktycznie nieobecne. Nie stwierdzono żadnej zależności między skutecznością usuwania cząstek stałych w procesie filtracji a wydajnością filtrów DYNAMIK. Stwierdzono natomiast niewielki wzrost liczby cząstek stałych o wymiarach  $1+5 \mu\text{m}$  wynoszonych z filtru w momencie zwiększania prędkości przepływu wody przez filtr. Ustabilizowanie pracy filtru po jego uruchomieniu trwało kilka minut, a zmiana jakości wody polegała na niewielkim wzroście mętności ( $0,15+0,22$  NTU), natomiast wyraźne było zwiększenie liczby cząstek stałych o wymiarach  $2+5 \mu\text{m}$  (maks. wzrost od 145 do 600 w  $1 \text{ cm}^3$ ), przy niezmienniej zawartości związków żelaza. Wynika stąd, że z filtru wynoszone były cząstki piasku oczyszczonego w płucze i spływającego na złożo.

Dla porównania, analiza wyników procesu filtracji wody z ujęcia głębinowego przez filtr piaskowy ze stałym złożem filtracyjnym wykazała, że woda oczyszczona charakteryzowała się mętnością zmieniającą się w szerokim zakresie od 0,36 NTU do 1,48 NTU, przy czym mętność wody powyżej 1 NTU stwierdzono w początkowym okresie filtracji (min. przez 4 godz.) oraz w końcowym etapie cyklu filtracyjnego, po 38 godz. pracy filtru. Woda przefiltrowana charakteryzowała się ponadto zawartością cząstek stałych  $>2 \mu\text{m}$  w zakresie od 207 cząstek w  $1 \text{ cm}^3$  (co uważać należy za wynik bardzo dobry) do 6161 cząstek w  $1 \text{ cm}^3$  (co wskazuje na przebicie filtru w końcowej fazie cyklu filtracyjnego). Cząstek o wymiarach  $>5 \mu\text{m}$  było  $48+1500$  w  $1 \text{ cm}^3$ , natomiast nieobecne w wodzie były cząstki większe od  $15 \mu\text{m}$ . Dawkowanie koagulantu do wody pozwoliło na poprawienie skuteczności usuwania cząstek stałych  $>2 \mu\text{m}$  od 1800 w  $1 \text{ cm}^3$  do 305 w  $1 \text{ cm}^3$ , natomiast cząstek  $>5 \mu\text{m} -$  od 394 w  $1 \text{ cm}^3$  do 68 w  $1 \text{ cm}^3$  (w odniesieniu do wartości średnich).

## Wnioski

◆ W procesie filtracji wody powierzchniowej (wspomaganej koagulacją) przez filtry DynaSand uzyskano bardzo dobrą skuteczność usuwania zawieszin z wody, porównywalną z efektem uzyskanym w procesie koagulacji objętościowej i filtracji

pospiesznej przez stałe złożo wielowarstwowe. Należy liczyć się jednak z obecnością pojedynczych dużych cząstek ( $>15 \mu\text{m}$ ) w wodzie po filtrach z ciągłym płukaniem złoża.

◆ W procesie filtracji wody podziemnej przez filtry DYNAMIK, bez stosowania koagulantu, stwierdzono bardzo wysoką skuteczność usuwania zawieszin, porównywalną z efektem uzyskanym w procesie koagulacji kontaktowej na filtrach ze stałym złożem wielowarstwowym.

◆ Filtracja przez filtry z ciągłym płukaniem złoża była bardzo stabilna, w porównaniu z oczyszczaniem wody na złożach konwencjonalnych filtrów pospiesznych, a uzyskana skuteczność była niezależna od chwilowych wahań jakości wody surowej lub warunków pracy stacji filtrów.

◆ Zastosowanie licznika cząstek, równoległe z pomiarem mętności wody, umożliwiło ocenę skuteczności filtracji i warunków pracy filtrów oraz wskazanie przyczyn występujących zakłóceń w pracy filtrów, mających wpływ na pogorszenie jakości odpływu.

## LITERATURA

1. F. W. PONTIUS: Drinking water contaminant regulation – where are we heading. *Journal AWWA*, 2004, Vol. 96, No. 3, pp. 56–69.
2. Aprobata Techniczna AT/99-02-0793-01 wydana dla filtrów do wody DynaSand produkcji firmy Nordic Water Products AB, reprezentowanej przez AWP Nordic Products AB.
3. Aprobata Techniczna AT/2004-02-1489 wydana dla filtrów samopłuczających do wody typu ContSep produkcji firmy POLYPROJECT SWEDEN AB, reprezentowanej przez Funam sp. z o.o.
4. Aprobata Techniczna AT/2005-02-1514 wydana dla samopłuczających filtrów piaskowych DYNAMIK produkcji Zakładu Urządzeń Inżynierii Sanitarnej.
5. W. BICZ, M. KONIECZNA, A. ZILBERT: Oczyszczanie wody na filtrach DynaSand. *Ochrona Środowiska*, 1999, nr 4, ss. 33–36.
6. B. TOCZYŁOWSKA, A. RUTKIEWICZ: Zastosowanie licznika cząstek do oceny wtórnego zanieczyszczenia wody produktami korozji przewodów wodociągowych. *Ochrona Środowiska*, 2002, nr 1, ss. 21–26.
7. B. TOCZYŁOWSKA: Badania skuteczności usuwania cząstek stałych w procesie filtracji przez filtry DynaSand w porównaniu z konwencjonalnymi filtrami pośpieszonymi. COBRTI INSTAL, projekt nr NMT/108/2004, Warszawa 2004 (praca nie publikowana).
8. B. TOCZYŁOWSKA: Badania skuteczności uzdatniania wody w procesie filtracji przez filtry typu DYNAMIK. COBRTI INSTAL, proj. nr NMT/2012/2005, Warszawa 2005 (praca nie publikowana).
9. B. TOCZYŁOWSKA: Badania nad zastosowaniem metody liczenia pojedynczych cząstek stałych (SPC – single particle counting) do oceny jakości wody przeznaczonej do konsumpcji przez ludzi. Raport z realizacji projektu badawczego nr 7 T07 G 003 16, Warszawa 2001 (praca nie publikowana).

**Toczyłowska, B. Efficiency of Suspended Solids Removal by Filtration on DynaSand and DYNAMIK Filters. *Ochrona Środowiska* 2005, Vol. 27, No. 3, pp. 51–54.**

**Abstract:** The objective of the study was to determine the efficiency of suspended solids removal using filters of DynaSand and DYNAMIK with continuous-backwash beds, as well as conventional filters, the extent of removal being assessed with a laser particles counter. Coagulation-aided filtration of surface water through the DynaSand filter yielded a very high removal of solids, comparable with the one obtained by volume coagulation

followed by rapid filtration through a multi-layer bed. Filtration of groundwater through the DYNAMIK filter bed with no coagulant aid brought about a solids removal effect comparable with that attained via contact coagulation on a multi-media filter bed. Compared to conventional rapid filters, those with continuous-backwash beds were found to provide a stable filtration process, irrespective of instantaneous variations in raw water quality or of the operating conditions at the treatment plant.

**Keywords:** Rapid filtration, suspended solids removal, DynaSand filter, DYNAMIK filter.