

Waldemar Sawiniak, Barbara Kotlarczyk, Maciej Matusiak

Skuteczność usuwania związków organicznych w złożu filtrów kontaktowych z warstwą węgla aktywnego

Dostarczenie wody o odpowiedniej jakości do odbiorców stanowi problem nie tylko eksploatorów sieci wodociągowych, lecz również zakładu oczyszczania wody. Jednym z problemów wymagających rozwiązania jest powstawanie w wodzie trihalometanów (THM) po jej dezynfekcji chlorem. Często woda opuszczając zakład oczyszczania spełnia wymagane standardy jakości, lecz podczas przepływu w systemie wodociągowym jej jakość ulega pogorszeniu. Przyczyniło się do tego zmniejszenie zużycia wody, które spowodowało wydłużenie czasu przepływu wody w całym systemie wodociągowym nawet do 48 h. Dlatego chlor w ilości dopuszczalnej wynoszącej $0,3 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$ na wyjściu z zakładu oczyszczania zanika i często konieczne jest dochlorowanie wody, głównie w sieci lub zbiornikach sieciowych. Skutkuje to powstaniem większych od dopuszczalnych stężeń chloroformu – głównego składnika THM.

Zakłady wodociągowe ujmujące wody powierzchniowe powszechnie stosują w układzie oczyszczania proces koagulacji do usuwania zanieczyszczeń. Z doświadczeń zakładów oczyszczania wody Górnośląskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów SA wynika, że stosowanie po koagulacji ozonowania oraz filtracji przez granulowany węgiel aktywny zapewnia odpowiednią jakość wody, pomimo stosowania chloru do dezynfekcji. Zmniejszenie sprzedaży wody prowadzi do ograniczenia środków na kosztowną modernizację zakładów oczyszczania. Dlatego prowadzone były badania nad zwiększeniem skuteczności usuwania prekursorów THM przez zastosowanie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych [1–3]. Doświadczenia eksploatacyjne wykazały, że procesy koagulacji i filtracji przez granulowany węgiel aktywny skutecznie zmniejszają zawartość związków organicznych w wodzie, poprawiając tym samym jej stabilność biologiczną [4,5].

Celem badań było określenie sposobu zwiększenia skuteczności usuwania związków organicznych z wody ujmowanej z Soły przez stację oczyszczania „Czaniec”, w której głównym procesem technologicznym jest koagulacja prowadzona w złożach filtrów kontaktowych. Aby zmniejszyć zawartość prekursorów THM w wodzie przeprowadzono badania nad możliwością zastosowania warstwy granulowanego węgla aktywnego w filtrach kontaktowych ze złożem piaskowym.

Metodyka badań

Badania nad wpływem warstwy z węgla aktywnego na zwiększenie skuteczności usuwania związków organicznych z wody przeprowadzono na stacji modelowej składającej się z dwóch filtrów o średnicy 200 mm i wysokości 4,4 m, które wypełniono takim samym złożem filtracyjnym jak w filtrach technicznych, z tym, że w miejsce piasku filtracyjnego wprowadzono warstwę węgla aktywnego ROW-0,08 o wysokości 75 cm. Skład granulometryczny złoża filtracyjnego (od góry ku dołowi) był następujący: warstwa 0,75 m węgla aktywnego o wielkości ziaren 2 mm, a następnie kolejne warstwy piasku/żwiru o granulacji $0,5 \div 2 \text{ mm}$ (1,4 m), $2 \div 3 \text{ mm}$ (0,05 m), $3 \div 5 \text{ mm}$ (0,05 m), $5 \div 10 \text{ mm}$ (0,05 m), $10 \div 20 \text{ mm}$ (0,1 m) oraz $20 \div 40 \text{ mm}$ (0,1 m).

Filtry doświadczalne były zasilane wodą z rurociągu technologicznego dostarczającego wodę do filtrów technicznych (segment C). Rodzaj i dawki poszczególnych koagulantów (PAX XL-19F lub siarczan glinu) zastosowano takie same w filtrach doświadczalnych i technicznych. Prędkość filtracji wynosiła 4 m/h. Dawki koagulantów dobrano zależnie od jakości wody surowej tak, aby woda oczyszczona spełniała wymogi stawiane wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Układ badawczy, oprócz filtrów, zawierał zbiorniki do odpowietrzania wody i oprzyrządowanie pomiarowe [5]. Oprócz badania skuteczności oczyszczania wody oceniono również sposób płukania złożów filtrów modelowych wg różnych wariantów z zastosowaniem wody i powietrza, obserwując czy nie następuje wymieszanie węgla granulowanego z piaskiem filtracyjnym. Wyniki uzyskane w czasie badań modelowych z węglem aktywnym porównano ze skutecznością pracy układu technicznego (przy zastosowaniu siarczanu glinu lub PAX).

Próbki wody do analiz fizyczno-chemicznych, obejmujących mętność, barwę, absorbancję w nadfiolecie przy długościach fali 254 nm i 272 nm oraz glin rozpuszczony, pobrano równocześnie z próbkami z układu technicznego. Dodatkowo wodę oczyszczoną poddano dezynfekcji chlorem i oznaczono THM. Dawki chloru dobrano doświadczalnie tak, aby po 0,5 h kontaktu stężenie chloru pozostałego w wodzie nie przekraczało $0,3 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$.

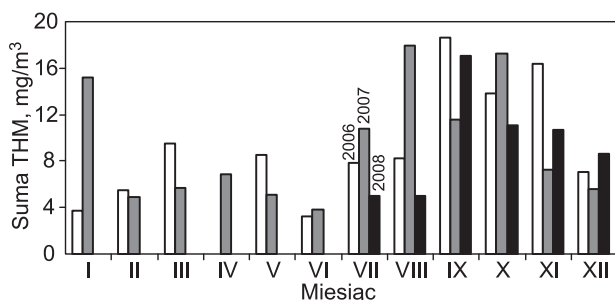
Wyniki badań i dyskusja

Woda ujmowana przez zakład „Czaniec” jest dobrej jakości – jak na wodę powierzchniową – poza krótkimi okresami roku hydrologicznego, kiedy podczas intensywnych opadów występują skokowe zmiany mętności. Jakkolwiek

Dr hab. inż. W. Sawiniak: Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, ul. S. Konarskiego 18, 44–100 Gliwice

Inż. B. Kotlarczyk, inż. M. Matusiak: Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów SA, ul. Wojewódzka 19, 40–026 Katowice, labkob@op.pl

zawartość związków organicznych w wodzie oczyszczonej jest niewielka (utlenialność $0,3 \div 2,3 \text{ gO}_2/\text{m}^3$), to jednak dawka chloru w 2008 r. wynosiła $0,4 \div 1,5 \text{ gCl}_2/\text{m}^3$. Zawartość THM w wodzie w latach 2006–2008 zilustrowano na rysunku 1.

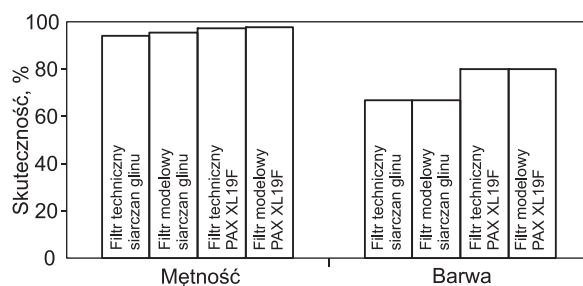


Rys. 1. Zawartość sumy THM w wodzie oczyszczonej w latach 2006–2008 w wodociągu „Czaniec”

Fig. 1. Concentration of the sum of THM in water after treatment at WTP "Czaniec" in the time span of 2006–2008

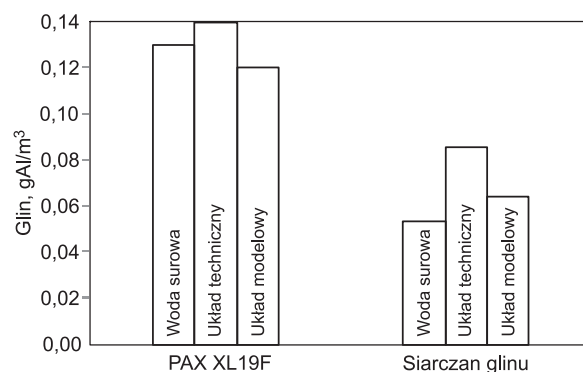
Z przedstawionych zależności wynika, że nie było problemu z dotrzymaniem dopuszczalnej sumy THM. Analizy wody z magistrali doprowadzającej wodę do Katowic wskazują, że w przypadku sumy THM około $17 \text{ mg}/\text{m}^3$, po dochlorowaniu wody w sieci może powstawać chloroform w ilości nawet ponad $30 \text{ mg}/\text{m}^3$. Z tego względu należy ograniczyć zawartość prekursorów tak, aby stężenie THM w wodzie na wyjściu z zakładu oczyszczania nie przekraczało średnio $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. W czasie badań z zastosowaniem warstwy węgla aktywnego jakość wody surowej nie odbiegała od przeciętnych wartości występujących w tym ujęciu (tab. 1).

Należy podkreślić, że zawartość związków organicznych mierzonych utlenialnością nie przekraczała $3,7 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, natomiast zawartość glinu rozpuszczonego dochodziła nawet do $0,17 \text{ gAl}/\text{m}^3$, przy dopuszczalnej zawartości w wodzie przeznaczonej do spożycia tylko $0,2 \text{ gAl}/\text{m}^3$. Oczyszczanie takiej wody na filtrach technicznych (segment C) oraz w kolumnach modelowych metodą koagulacji nie stwarzało problemów technologicznych. Uzyskano wysoki stopień zmniejszenia mętności i intensywności barwy wody, utrzymując zadowalające wartości tych wskaźników poniżej wartości dopuszczalnych (rys. 2).



Rys. 2. Średni stopień zmniejszenia mętności i intensywności barwy wody w badaniach modelowych
Fig. 2. Average extent of reduction in turbidity and color obtained by model investigations

W wyniku zastosowania koagulantów glinowych w procesie oczyszczania wody, zawartość glinu pozostałego nie przekraczała wartości dopuszczalnej w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi (rys. 3).



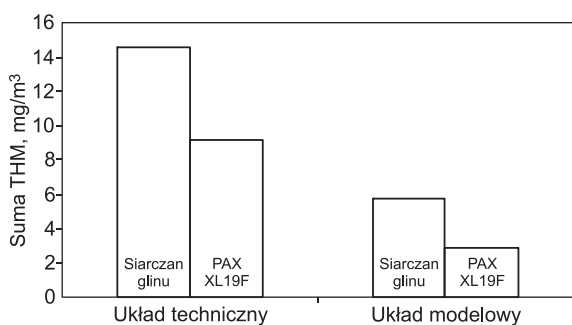
Rys. 3. Zawartość glinu w wodzie przed i po oczyszczeniu w badaniach modelowych

Fig. 3. Al concentration in water before and after treatment, measured during model investigations

Istotne różnice jakości wody oczyszczonej w filtrach ze złożem piaskowym i warstwą granulowanego węgla aktywnego wystąpiły w ilości THM. Przedstawione na rysunku 4 wartości sumy THM jednoznacznie wskazują, że stężenie THM po dezynfekcji wody oczyszczonej w filtrach modelowych były zdecydowanie mniejsze, nawet o 50%, w stosunku do wody oczyszczonej w technicznych filtrach kontaktowych, przy czym lepsze rezultaty uzyskano podczas koagulacji PAX niż siarczanem glinu.

Tabela 1. Wybrane wskaźniki jakości wody surowej w czasie badań
Table 1. Characteristics of raw water

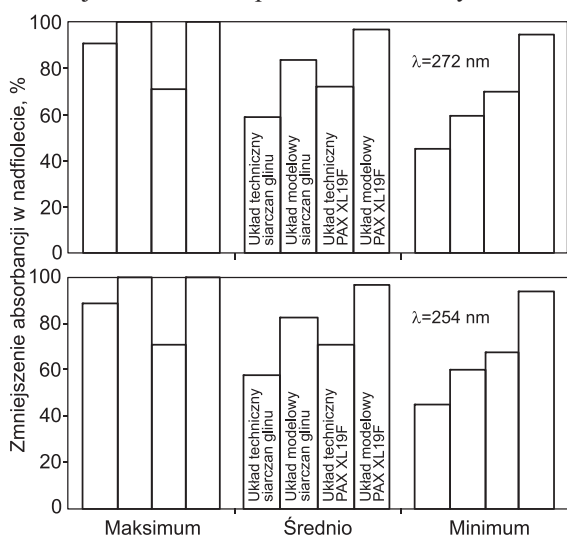
Wskaźnik, jednostka	24–31 VII 2008			15 X–18 XI 2008		
	min.	śr.	maks.	min.	śr.	maks.
Mętność, NTU	6,4	11,6	19,3	2,7	4,5	6,7
Barwa, gPt/m ³	20	25	30	15	15	15
pH	7,4	–	7,7	7,2	–	8,0
Azotyny, gNO ₂ ⁻ /m ³	0,02	0,03	0,06	<0,02	0,02	0,03
Azotany, gNO ₃ ⁻ /m ³	3,2	3,4	3,7	2,7	3,2	3,8
Utlenialność, gO ₂ /m ³	1,3	2,6	3,7	1,0	2,1	2,6
Dwutlenek węgla wolny, gCO ₂ /m ³	9,5	10,1	11,0	2,4	7,1	12,5
Glin, gAl/m ³	0,08	0,13	0,17	<0,04	0,05	0,12
Absorbancja w UV _{254nm} ^{1m}	46	61	83	27	37	47
Absorbancja w UV _{272nm} ^{1m}	39	53	74	23	31	42



Rys. 4. Zawartość sumy THM w wodzie oczyszczonej w układzie technicznym i w badaniach modelowych

Fig. 4. Concentration of the sum of THM in water treated at WTP "Czaniec" and by model investigations

Korzystny wpływ warstwy węgla aktywnego na usuwanie związków organicznych potwierdzają wyniki pomiaru absorbancji w nadfiolecie przedstawione na rysunku 5.



Rys. 5. Zmniejszenie absorbancji w nadfiolecie wody w układzie technicznym i w badaniach modelowych

Fig. 5. Reduction in UV absorbance in water treated at WTP "Czaniec" and by model investigations

Istotną częścią badań było określenie warunków i skuteczności płukania złożów filtracyjnych z warstwą węgla aktywnego. Przeprowadzone płukanie samą wodą, podobnie jak w skali technicznej, wykazało, że węgiel nie był wynoszony z filtru. Cykle filtracyjne po takim płukaniu wynosiły około 32 h zarówno w filtrach modelowych, jak i technicznych. Płukanie złożów kolejno powietrzem, wodą i powietrzem, a na końcu tylko wodą [6] pozwoliło na prawie czterokrotne wydłużenie cyklu filtracyjnego. Woda przefiltrowana utrzymywała w tym wydłużonym cyklu filtracyjnym jakość zgodną z obowiązującymi standardami [7].

Sawiniak, W., Kotlarczyk, B., Matusiak, M. Efficiency of Organic Matter Removal through a Contact Filter with an Active Carbon Layer. *Ochrona Środowiska* 2009, Vol. 31, No. 3, pp. 29–31.

Abstract: Model investigations were performed to analyze the possibility of upgrading the efficiency of organic matter removal from surface water treated by coagulation (involving an alum or a PAX XL19F coagulant), which was conducted in the bed of a contact filter. The objective of incorporating an active carbon layer into the contact filter was to reduce the content of THM precursors in the water being treated, and thus limit the formation of THM in the water distribution system. The results of model investigations have revealed that some part of the sand bed in the technical

Podsumowanie

Badania przeprowadzone w skali modelowej wykazały, że w filtrach kontaktowych zakładu oczyszczania wody „Czaniec” można zastąpić część piasku filtracyjnego warstwą granulowanego węgla aktywnego. Wykazano, że wprowadzenie węgla aktywnego do układu oczyszczania może poprawić skuteczność usuwania prekursorów THM w takim stopniu, że średnia zawartość sumy THM w wodzie po dezynfekcji chlorem nie będzie przekraczała 10 mg/m³. Jednocześnie wykazano, że wprowadzenie do filtrów kontaktowych warstwy węgla aktywnego nie utrudniło eksploatacji filtrów zarówno podczas oczyszczania wody, jak i w czasie płukania złożów filtracyjnych. Ponadto płukanie złożów filtrów modelowych powietrzem i wodą pozwoliło na znaczne wydłużenie czasu trwania cyklu filtracyjnego bez wpływu na jakość oczyszczonej wody.

LITERATURA

1. W. SAWINIĄK, I. ZIMOCH, B. KOTLARCZYK, K. NADOLSKA, M. CZECHOWSKI, M. MATUSIAK: Badania w skali technicznej przy użyciu różnych koagulantów. Mat. konf. „Zastosowanie koagulantów w nowoczesnych technologiach uzdatniania wody pitnej i przemysłowej”, Kemipol sp. z o.o., Darłówek 2008, ss. 3–12.
2. I. ZIMOCH, W. SAWINIĄK, B. KOTLARCZYK: Doświadczenia z zastosowania koagulantów płynnych w SUW „Czaniec”. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Gniezno 2008, t. I, ss. 773–782.
3. I. ZIMOCH, B. KOTLARCZYK, A. SOŁTYSIK: Zastosowanie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych do intensyfikacji oczyszczania wody w wodociągu Czaniec. *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 3, ss. 45–49.
4. U. RACZYK-STANISŁAWIAK, J. ŚWIETLIK, J. NAWROCKI: Badanie biodegradowalnej materii organicznej w wodzie po biologicznie aktywnych filtrach węglowych w trakcie długotrwałej eksploatacji. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Zakopane 2006, t. I, ss. 725–737.
5. M. ŚWIDERSKA-BRÓŻ, M. RAK, M. MOŁCZAN, A. BIŁYK: Wpływ zasadowości koagulantów glinowych i pH wody na usuwanie zanieczyszczeń organicznych. *Ochrona Środowiska* 2008, vol. 30, nr 4, ss. 29–33.
6. M. KŁOS, J. TOKARCZYK: Możliwości modernizacji filtrów kontaktowych w układzie uzdatniania wody powierzchniowej. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS Oddział Wielkopolski, Zakopane 2006, t. II, ss. 553–563.
7. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. DzU nr 61, poz. 417.

contact filter can be replaced with a granular active carbon layer. This may raise the efficiency of THM precursor removal to such a degree that the average concentration of the sum of THM in the water upon chlorine disinfection will not exceed 10 mg/m³. It has also been demonstrated that the addition of the active carbon layer did not inhibit the operation of the filter either during water treatment or during backwash. What is more, when the model filter was backwashed with air and water, this permitted a substantial extension of the filter cycle time, without deteriorating the quality of the treated water.

Keywords: Surface water, water treatment, coagulation, contact filters, granular active carbon, THM.