

Alina Pruss

## Wpływ przerw w eksploatacji filtrów węglowych na ich aktywność biologiczną

Mikroorganizmy zasiedlające złoża biologicznie aktywnych filtrów węglowych wykorzystują rozpuszczone w oczyszczanej wodzie związki organiczne jako substrat pokarmowy. Usuwanie substancji organicznych z wody jest wynikiem utleniania w procesach oddychowych mikroorganizmów oraz przyrostu biomasy drobnoustrojów. O rozwoju mikroorganizmów w złożu węgla aktywnego świadczy ubytek tlenu oraz zwiększenie zawartości dwutlenku węgla w wodzie [1]. Stwierdzono wyraźną pionową stratyfikację biomasy bakteryjnej, której liczebność i aktywność zmniejszały się wraz z głębokością złoża [2]. W złożach węgla aktywnego zachodzi także proces usuwania azotu amonowego, prowadzony w warunkach tlenowych przez autotroficzne bakterie nityfikacyjne. Bakterie heterotroficzne, zużywając rozpuszczony węgiel organiczny obecny w filtrowanej wodzie, wbudowują część azotu amonowego w swoją biomasa [3–6].

Złoże biologicznie aktywnych filtrów węglowych pokrywa błona biologiczna, którą tworzy zespół organizmów powiązanych zależnościami troficznymi. W skład błony biologicznej mogą wchodzić bakterie autotroficzne, bakterie heterotroficzne, grzyby, wiciowce, orzęski i pełzaki. W błonie biologicznej, do której drogą dyfuzji molekularnej transportowany jest tlen, można wyróżnić strefę aktywną, w której zachodzą aerobowe reakcje metaboliczne oraz strefę nieaktywną, w której zachodzą reakcje anaerobowe i z której wymywane są metabolity. Struktura i trwałość utworzonej błony biologicznej zależą od specyficznych właściwości tworzących ją mikroorganizmów. Proces formowania błony biologicznej rozpoczyna się od przytwierdzenia komórek bakteryjnych do fazy stałej. Warunki fizyczno-chemiczne i biologiczne towarzyszące temu etapowi rozwoju błony mają wpływ na właściwości jej późniejszej postaci [7]. Aktywność błony biologicznej rośnie wraz z jej grubością aż do wartości maksymalnej, powyżej której decydującym czynnikiem jest głównie dyfuzja substancji pokarmowych [8–10].

Wydaje się, że ze względu na aktywność biologiczną filtrów węglowych, przerwy w ich eksploatacji mogą mieć poważne konsekwencje. Celem niniejszej pracy było określenie wpływu przerw w eksploatacji biologicznie aktywnych filtrów węglowych na aktywność biologiczną złoża i jakość filtratu po ponownym włączeniu filtru do eksploatacji.

### Metodyka badań

Badania zostały przeprowadzone na modelu fizycznym filtru pospiesznego. Kolumnę filtracyjną, wykonaną z rury z polimetakrylanu metylu o średnicy 8,4 cm i wysokości 200 cm, wypełniono formowanym węglem aktywnym WG-12 firmy GRYFSKAND na 5 cm żwirowej warstwie podtrzymującej.

Całkowita wysokość złoża wynosiła 115 cm. W celu uniknięcia wpływu światła kolumna filtracyjna została zaciemniona. Filtr pracował przy ciśnieniu 2,0 m H<sub>2</sub>O. Wpracowanie złoża filtracyjnego polegało na recyrkulacji popłuczyn pobranych z filtrów stosowanych jako trzeci stopień oczyszczania ścieków na stacji pilotowej Centralnej Oczyszczalni Ścieków w Koźiegłowach.

Po pracowaniu złoża filtracyjnego przeprowadzono trzy serie pomiarowe. Każda seria obejmowała pracę filtru przed wyłączeniem go z eksploatacji, postój filtru przez założony czas oraz pracę filtru po jego ponownym włączeniu do eksploatacji. Wyodrębnione serie dotyczyły postoju filtru trwającego odpowiednio 1 d, 2 d, i 6 d. Przed wyłączeniem i po ponownym włączeniu do eksploatacji filtr pracował ze stałą prędkością filtracji 5 m/h. Procesowi filtracji poddano pozbawioną chloru poznańską wodę wodociagową, którą napowietrzono, podgrzano do temperatury 18 °C oraz wzbogacono w chlorek amonu. Próbkę wody do analiz pobrano na dopływie i odpływie z filtru. Oznaczenia wskaźników jakości wody wykonywano zgodnie z Polskimi Normami. Podczas pracy filtru oznaczano w wodzie zawartość azotu mineralnego i ogólnego, tlenu rozpuszczonego, a także pH wody, jej zasadowość, utlenialność oraz aktywność mikrobiologiczną. Przed postojem złoża filtru płukano wodą przez 5 min z intensywnością zapewniającą około 40% ekspansję. Po wypłukaniu złoża zalano pozbawioną chloru poznańską wodą wodociagową tak, że zwierciadło wody pokrywało się z powierzchnią złoża filtracyjnego. Po postoju filtru pobrano próbki wody w przekroju pionowym, zlewając całą możliwą objętość wody kolejno do poziomu kurków probierczych. W pobranych próbkach wody zawartej w porach węgla aktywnego natychmiast oznaczono zagniwalność za pomocą błękitu metylenowego [11]. W celu określenia aktywności mikrobiologicznej posłużono się oznaczeniem aktywności esteraz przez pomiar szybkości reakcji hydrolizy dwuoctanu fluoresceiny FDA do fluoresceiny [12,13].

### Wyniki badań

Wyniki uzyskane podczas badań zebrano w tabelach 1 i 2, a najistotniejsze zależności przedstawiono na rysunkach 1–5.

#### Eksploatacja filtru przed wyłączeniem

Przed wyłączeniem filtru z eksploatacji złożo było biologicznie aktywne. We wszystkich analizowanych seriach pomiarowych w złożu filtracyjnym zachodził proces nityfikacji, o czym świadczył ubytek tlenu i azotu amonowego w wodzie oraz zwiększenie zawartości azotynów i azotanów (tab. 1). Zmienny skład wody dopływającej do filtru w czasie trwania cyklu filtracyjnego mógł być spowodowany nierównomierną pracą pompki dawkującej roztwór chlorku amonu, przy pomocy

Tabela 1. Wyniki analiz wody dopływającej i odpływającej z filtru przed jego wyłączeniem z eksploatacji

| Czas cyklu d                                    | pH     |        | Zasadowość gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> |        | Tlen rozpuszczony gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |        | Azot amonowy gN/m <sup>3</sup> |        | Azot azotynowy gN/m <sup>3</sup> |        | Azot azotanowy gN/m <sup>3</sup> |        | Utlenialność* gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |        | Aktywność mikrobiologiczna* j.w./s |        |
|-------------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------|--------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
|                                                 | dopływ | odpływ | dopływ                                        | odpływ | dopływ                                            | odpływ | dopływ                         | odpływ | dopływ                           | odpływ | dopływ                           | odpływ | dopływ                                        | odpływ | dopływ                             | odpływ |
| eksploatacja filtru przed wyłączeniem na 1 dobę |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                                    |        |
| 1                                               | 6,88   | 6,83   | 205                                           | 205    | 6,61                                              | 3,57   | 0,521                          | 0,000  | 0,000                            | 0,006  | 0,630                            | 0,765  | 1,9                                           |        | 0,07                               |        |
| 6                                               | 6,82   | 6,73   | 170                                           | 148    | 5,99                                              | 2,25   | 1,151                          | 0,345  | 0,000                            | 0,026  | 0,370                            | 0,671  | 2,8                                           |        | 0,15                               |        |
| 7                                               | 6,58   | 6,61   | 138                                           | 150    | 5,86                                              | 2,59   | 1,530                          | 0,787  | 0,000                            | 0,032  | 0,323                            | 0,683  | 3,3                                           |        | 0,15                               |        |
| eksploatacja filtru przed wyłączeniem na 2 doby |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                                    |        |
| 1                                               | 7,31   | 6,79   | 170                                           | 188    | 8,30                                              | 5,20   | 2,102                          | 0,846  | 0,000                            | 0,016  | 0,403                            | 0,815  | 2,4                                           |        | 0,07                               |        |
| 3                                               | 7,84   | 6,63   | 150                                           | 150    | 11,5                                              | 2,10   | 1,021                          | 0,000  | 0,000                            | 0,036  | 0,281                            | 0,536  | 1,9                                           |        | 0,15                               |        |
| 6                                               | 6,25   | 7,06   | 105                                           | 150    | 6,05                                              | 1,76   | 1,416                          | 0,130  | 0,000                            | 0,039  | 0,372                            | 0,522  | 3,5                                           |        | 0,07                               |        |
| eksploatacja filtru przed wyłączeniem na 6 dób  |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                                    |        |
| 1                                               | 7,37   | 7,21   | 143                                           | 170    | 7,12                                              | 4,32   | 2,823                          | 2,120  | 0,005                            | 0,022  | 0,318                            | 0,565  | 2,6                                           |        | 0,10                               |        |
| 2                                               | 7,31   | 7,32   | 170                                           | 180    | 10,7                                              | 6,70   | 1,953                          | 1,136  | 0,004                            | 0,034  | 0,335                            | 0,327  | 3,9                                           |        | 0,11                               |        |
| 3                                               | 7,24   | 6,97   | 178                                           | 163    | 13,9                                              | 6,50   | 2,621                          | 0,714  | 0,000                            | 0,023  | 0,637                            | 0,442  | 3,5                                           |        | 0,05                               |        |

Tabela 2. Wyniki analiz wody dopływającej i odpływającej z filtru po jego ponownym włączeniu do eksploatacji

| Czas cyklu d                             | pH     |        | Zasadowość gCaCO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> |        | Tlen rozpuszczony gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |        | Azot amonowy gN/m <sup>3</sup> |        | Azot azotynowy gN/m <sup>3</sup> |        | Azot azotanowy gN/m <sup>3</sup> |        | Utlenialność* gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |        | Aktywność mikrobiol.* j.w./s |        | Azot org. gN/m <sup>3</sup> |        |
|------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------|--------|--------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--------|------------------------------|--------|-----------------------------|--------|
|                                          | dopływ | odpływ | dopływ                                        | odpływ | dopływ                                            | odpływ | dopływ                         | odpływ | dopływ                           | odpływ | dopływ                           | odpływ | dopływ                                        | odpływ | dopływ                       | odpływ | dopływ                      | odpływ |
| eksploatacja filtru po postoju dobowym   |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                              |        |                             |        |
| 0                                        | 7,10   | 7,07   | 173                                           | 188    | 7,50                                              | 2,09   | 0,822                          | 0,000  | 0,000                            | 0,005  | 0,503                            | 0,683  | 2,4                                           | 3,7    | 0,21                         |        | 3,912                       |        |
| 1                                        | 7,01   | 6,62   | 200                                           | 158    | 6,69                                              | 1,38   | 1,014                          | 0,099  | 0,000                            | 0,000  | 0,473                            | 0,980  | 3,2                                           | 2,9    | 0,12                         |        | 4,421                       |        |
| eksploatacja filtru po postoju 2-dobowym |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                              |        |                             |        |
| 0                                        | 6,88   | 6,83   | 200                                           | 200    | 6,61                                              | 3,57   | 0,521                          | 0,000  | 0,000                            | 0,006  | 0,630                            | 0,765  | 2,20                                          | 1,90   | 0,07                         |        | 4,129                       |        |
| 6                                        | 6,82   | 6,73   | 170                                           | 150    | 5,99                                              | 2,25   | 1,151                          | 0,345  | 0,000                            | 0,026  | 0,370                            | 0,671  | 2,60                                          | 2,80   | 0,15                         |        | 5,458                       |        |
| 7                                        | 5,58   | 6,61   | 138                                           | 150    | 5,86                                              | 2,59   | 1,530                          | 0,787  | 0,000                            | 0,032  | 0,323                            | 0,683  | 3,10                                          | 3,30   | 0,15                         |        | 5,998                       |        |
| 9                                        | 7,18   | 6,89   | 158                                           | 168    | 6,94                                              | 2,61   | 0,888                          | 0,118  | 0,000                            | 0,030  | 0,646                            | 0,687  | 1,70                                          | 2,40   | 0,17                         |        | 5,365                       |        |
| eksploatacja filtru po postoju 6-dobowym |        |        |                                               |        |                                                   |        |                                |        |                                  |        |                                  |        |                                               |        |                              |        |                             |        |
| 0                                        | 7,31   | 6,79   | 170                                           | 188    | 8,30                                              | 5,20   | 2,102                          | 0,846  | 0,000                            | 0,016  | 0,403                            | 0,815  | 1,6                                           | 2,4    | 0,07                         |        | 4,223                       |        |
| 2                                        | 7,27   | 7,20   | –                                             | –      | 6,70                                              | 1,40   | 1,381                          | 0,000  | 0,003                            | 0,049  | 0,325                            | 0,505  | 4,0                                           | 3,5    | 2,30                         |        | 3,846                       |        |
| 3                                        | 7,84   | 6,63   | 175                                           | 150    | 9,00                                              | 2,10   | 1,021                          | 0,000  | 0,000                            | 0,036  | 0,281                            | 0,536  | 1,9                                           | 1,9    | 0,15                         |        | 2,928                       |        |
| 6                                        | 6,25   | 7,06   | 100                                           | 150    | 6,05                                              | 1,76   | 1,416                          | 0,130  | 0,000                            | 0,039  | 0,372                            | 0,522  | 7,1                                           | 6,3    | 0,07                         |        | 3,409                       |        |

\*nie badano tych wskaźników w wodzie dopływającej do filtru

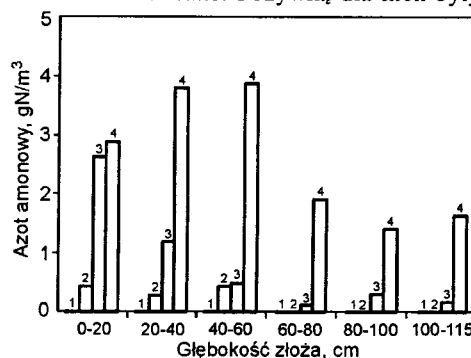
którego modelowano zanieczyszczenie wody azotem amonowym. Skuteczność usuwania azotu amonowego z wody rosła wraz ze wzrostem czasu eksploatacji filtru. Azot amonowy był utleniany przez autotroficzne bakterie nityfikacyjne. Niewątpliwie jego część była również asymilowana zarówno przez bakterie autotroficzne, jak i bakterie heterotroficzne, które rozwijały się na węglu aktywnym. Zanotowana stosunkowo mała aktywność mikrobiologiczna w filtracji mogła świadczyć o przewadze bakterii autotroficznych w składzie błony biologicznej. Prawdopodobnie bakterie autotroficzne konkurowały z bakteriami heterotroficznymi o tlen i – co się z tym wiąże – o miejsce w błonie biologicznej [8,10,14].

### Wyłączenie filtru z eksploatacji

Badania wykazały, że wraz ze wzrostem czasu postoju filtru sorpcyjnego (1 d, 2 d i 6 d) zwiększała się zawartość azotu amonowego w próbkach wody pobranej w przekroju pionowym złoża węgla aktywnego (rys. 1). Należy podkreślić, że woda wodociągowa, którą zalano złożo nie zawierała azotu amonowego. Po jednodniowym postoju azot amonowy w niewielkich ilościach był obecny tylko do głębokości 60 cm. Po dwudniowym postoju filtru odnotowano pojawienie się azotu amonowego w całym przekroju pionowym złoża, przy czym największą jego zawartość stwierdzono na głębokości 0+20 cm. Postój 6-dobowy filtru spowodował natomiast pojawienie się

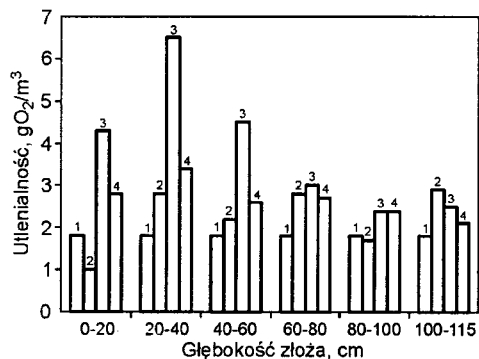
w próbkach wody pobranych w przekroju pionowym złoża znacznie większej zawartości azotu amonowego, przy czym najczęściej odnotowano go na głębokości 20+60 cm. Niewątpliwie w tej warstwie najintensywniej zachodził proces amonifikacji.

Woda wodociągowa, którą zalano złożo charakteryzowała się utlenialnością 1,9 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Po dobowym postoju filtru zaobserwowano w górnej 20 cm warstwie złoża zmniejszenie utlenialności mogące świadczyć o tym, że na tej głębokości złoża, pomimo braku dopływu świeżych substratów, rozwijały się bakterie heterotroficzne. Pożywką dla nich były obecne

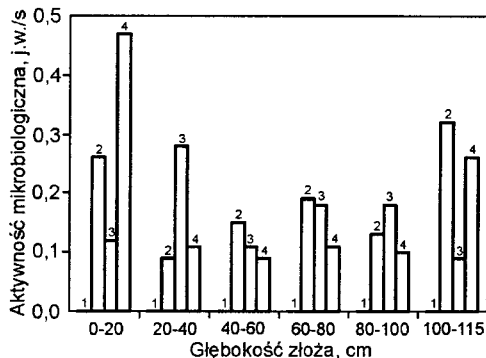


Rys. 1. Zawartość azotu amonowego w wodzie w przekroju pionowym złoża po postoju filtru (1 – woda, którą zalano złożo, 2 – po 1 d postoju, 3 – po 2 d postoju, 4 – po 6 d postoju)

w wodzie, którą zalano złożo lub zaadsorbowane wcześniej w złożu, biodegradowalne związki organiczne (rys. 2), natomiast zwiększenie utlenialności wody w głębszych partiach złoża może świadczyć o pojawieniu się w złożu związków utlenianych przez nadmanganian potasu, takich jak np. azot albuminowy stanowiący tylko część azotu organicznego. Po większych postojach złoża zauważono w całym przekroju pionowym zwiększenie utlenialności wody w stosunku do jej wartości początkowej. Największy wzrost wartości tego wskaźnika odnotowano na głębokości złoża 20+40 cm. Zagęszczenie bakterii autotroficznych i heterotroficznych w górnej partii złoża podczas normalnej eksploatacji filtru – ze względu na dostępność substratów – jest większe [2]. Niewątpliwie dlatego część bakterii autotroficznych – ze względu na brak tlenu i azotu amonowego – obumierała, stając się równocześnie pożywką umożliwiającą rozwój bakterii heterotroficznych. Potwierdzają to zmiany aktywności mikrobiologicznej wody zarejestrowane w przekroju pionowym złoża (rys. 3). Niezależnie od czasu postoju filtru, w przekroju pionowym złoża sorpcyjnego zarejestrowano aktywność mikrobiologiczną świadczącą o obecności żywych bakterii heterotroficznych w złożu.

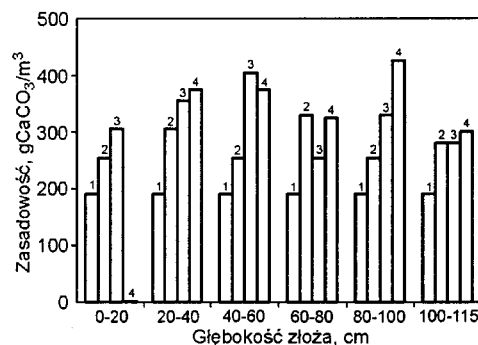


Rys. 2. Utlenialność wody w przekroju pionowym złoża filtracyjnego po postoju filtru (1 – woda, którą zalano złożo, 2 – po 1 d postoju, 3 – po 2 d postoju, 4 – po 6 d postoju)



Rys. 3. Aktywność mikrobiologiczna wody w przekroju pionowym złoża po postoju filtru (1 – woda, którą zalano złożo, 2 – po 1 d postoju, 3 – po 2 d postoju, 4 – po 6 d postoju)

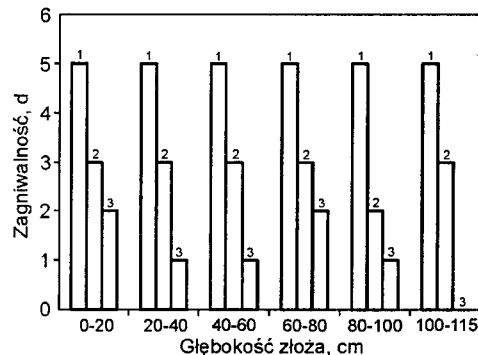
Zasadowość wody wodociągowej, którą zalano złożo wynosiła 190 gCaCO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>. Na uwagę zasługuje fakt, że po każdym postoju filtru, niezależnie od czasu postoju, odnotowano znaczne zwiększenie zasadowości wody (rys. 4). Miało to związek z zachodzącym w złożu podczas jego postoju procesem amonifikacji oraz z wypłukiwaniem wapnia ze świeżego węgla aktywnego WG-12. Możliwość wypłukiwania wapnia potwierdził test, w którym świeży węgiel WG-12 zalano wodą destylowaną. Po wymieszaniu w wodzie sklarowanej oznaczono zasadowość i twardość wapniową, a następnie do pozostałej wody i złoża dolano 0,1 M HCl, całość wymieszano i ponownie oznaczono w wodzie sklarowanej twardość wapniową.



Rys. 4. Zasadowość wody w przekroju pionowym złoża po postoju filtru (1 – woda, którą zalano złożo, 2 – po 1 d postoju, 3 – po 2 d postoju, 4 – po 6 d postoju)

Test wykazał zwiększenie twardości wapniowej wody, co potwierdziło możliwość wypłukiwania wapnia ze świeżego węgla.

Po postoju filtru, we wszystkich seriach pomiarowych oznaczono przy użyciu błękitu metylenowego zagniwalność wody, która wypełniała pory materiału filtracyjnego [11]. Zagniwalność, jako umowny wskaźnik jakości wody, miała określić skłonność do zagniwania związków organicznych w postaci rozpuszczonej, koloidalnej oraz zawieszin. Przy przejściu próbki z warunków aerobowych do anaerobowych i rozpoczęciu procesów gnilnych błękit metylenowy powinien przejść w bezbarwną leukozasadę. Należy zaznaczyć, że jest to oznaczenie mające charakter orientacyjny. Otrzymane wyniki wskazują, że zagniwalność korelowała z czasem postoju filtru – im dłuższy czas tym procesy gnilne zachodziły szybciej (rys. 5).



Rys. 5. Zagniwalność wody w przekroju pionowym złoża po postoju filtru (1 – po 1 d postoju, 2 – po 2 d postoju, 3 – po 6 d postoju)

### Włączenie filtru do eksploatacji po postoju

Analiza wyników uzyskanych po ponownym włączeniu filtru po 6 d wykazała praktycznie od razu ubytek tlenu rozpuszczonego w wodzie i zmniejszenie zawartości azotu amonowego (tab. 2). W odpływie z filtru pojawiły się niewielkie ilości azotynów i azotanów, co świadczyło, że zachodziły obie fazy procesu nitrifikacji. Ich skuteczność była jednak niewielka. Zużycie tlenu było wyższe niż wynikające ze stochiometrii procesu nitrifikacji. Ilość usuniętego azotu amonowego była wyższa niż suma powstałego azotu azotanowego i azotanowego, co świadczyło o intensywnym wbudowywaniu azotu amonowego w biomasę bakterii odbudowujących błonę biologiczną. Niestety w filtracie pojawiły się duże ilości azotu organicznego, których źródłem były obumarte podczas postoju filtru komórki mikroorganizmów wchodzących w skład błony biologicznej. Uzyskane wartości utlenialności, w porównaniu z zawartością azotu organicznego w odpływie z filtru sugerują, że w filtracie znajdowały się organiczne związki azotu, które nie ulegały utlenieniu nadmanganianem potasu.

## Wnioski

♦ Wyłączenie z eksploatacji biologicznie aktywnego filtra ze złożem węgla aktywnego WG-12 na 1 d, 2 d i 6 d spowodowało zmianę warunków panujących w złożu sorpcyjnym. Z uwagi na brak substratów, w postaci tlenu rozpuszczonego oraz azotu amonowego, część autotroficznych bakterii nityfikacyjnych obumarła, stanowiąc pożywkę dla rozwijających się w złożu bakterii heterotroficznych. Powstający w złożu azot amonowy świadczył natomiast o zachodzącym w czasie postoju złoża procesie amonifikacji. Intensywność procesu amonifikacji rosła wraz ze wzrostem czasu postoju filtru, przy czym był on największy w górnej partii złoża.

♦ Po postojach filtru w złożu odnotowano większą aktywność bakterii heterotroficznych, z czego wynika, że podczas postoju filtru bakterie heterotroficzne miały lepsze warunki do rozwoju niż autotroficzne bakterie nityfikacyjne.

♦ Po postoju filtru, niezależnie od czasu jego trwania, odnotowano większą zasadowość wody w całym przekroju pionowym złoża, co miało związek z zachodzącym procesem amonifikacji oraz wymywaniem wapnia ze świeżego węgla aktywnego.

♦ Azot organiczny pojawiający się w filtracie po postojach filtru świadczył o wymywaniu obumarłych komórek bakterii, które z błony biologicznej. W przypadku chlorowania takiej wody mogą powstawać THM, co pogorszy jakości wody oczyszczonej.

♦ Oznaczenie zagniwalności wody, która wypełniała pory materiału filtracyjnego podczas jego postoju, pozwoliło zobrazować wpływ przerw w pracy filtru na procesy związane z rozkładem związków organicznych w warunkach anaerobowych. Im dłuższy był czas postoju filtru tym procesy gnilne zachodziły szybciej.

*Autorka dziękuje Pani mgr inż. Aleksandrze Banasiak za wykonanie analiz oraz Zakładowi Produkcji Węgla Aktywnych GRYFSKAND w Hajnówce za bezpłatne udostępnienie użytego w badaniach formowanego węgla aktywnego WG-12.*

## LITERATURA

1. M.M. SOZAŃSKI, Z. SOZAŃSKA, T. SOBCZYŃSKI: Usuwanie mikrozanieczyszczeń w biologicznie aktywnych filtrach węglowych w warunkach podwyższonego zasolenia wody. *Ochrona Środowiska*, 1993, nr 3, ss. 57–60.
2. B. FALKUS, A. HANDZIK, E. KAJAS: Liczebność mikroorganizmów zasiedlających złoża filtrów w ZPW „Dzieńkowice”. *Ochrona Środowiska*, 1999, nr 2, ss. 29–33.

3. M.T.T. LIPPONEN, J. PERTTI, P.J. MARTIKAINEN, E. RITVA, R.E. VASARA, K. SERVOMAA, O. ZACHEUS, M.H. KONTO: Occurrence of nitrifiers and diversity of ammonia-oxidizing bacteria in developing drinking water biofilms. *Water Research*, 2004, Vol. 38, pp. 4424–4434.
4. S. SUMMERFELT, M.J. SHARRER: Design implication of carbon dioxide production within biofilters contained in recirculating salmonid culture systems. *Aquacultural Engineering*, 2004, Vol. 32, pp. 171–182.
5. J.M. EBELING, M.B. TIMMONS, J.J. BISOGNI: Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 2006, Vol. 257, pp. 346–358.
6. A. PRUSS, M. BŁAŻEJEWSKI: The influence of velocity gradient on removal of ammonia nitrogen from water. *Environmental Engineering: Proceedings of the Second National Congress of Environmental Engineering*, Lublin, Poland [Eds. L. PAWŁOWSKI, M. DUDZIŃSKA, A. PAWŁOWSKI], Taylor & Francis Group, London 2007, pp. 159–164.
7. K. OLAŃCZUK-NEYMAN: Mikroorganizmy w kształtowaniu jakości i uzdatnianiu wód podziemnych. *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk* 2001.
8. J. ZAMORSKA, D. PAPCIAK: Dolomit jako wypełnienie filtru nityfikacyjnego. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*, PZITS, Poznań 2004, t. I, ss. 889–901.
9. Y. LIU, B. CAPDEVILLE: Specific activity of nitrifying biofilm in water nitrification process. *Wat. Res.*, 1996, Vol. 30, No. 7, pp. 1645–1650.
10. A. PRUSS: Bakterie heterotroficzne podczas usuwania z wody azotu amonowego. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*, PZITS, Poznań–Zakopane 2006, ss. 693–703.
11. Norma PN-76/C-04626: Woda i ścieki. Oznaczanie zagniwalności i względnej trwałości (w 2006 r. norma została wycofana bez zastąpienia).
12. E. KIJOWSKA, M. LESZCZYŃSKA, M.M. SOZAŃSKI: Testy aktywności metabolicznej w badaniach biodegradacji materii organicznej w złożach biologicznie aktywnych filtrów węglowych. *Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”*, PZITS, Poznań–Kraków 2000, ss. 477–488.
13. J. GRABOWSKI, M. LESZCZYŃSKA: Zastosowanie dwuocianu fluoresceiny do oznaczania biomasy mikroorganizmów. *Prace Instytutu Inżynierii Środowiska Politechniki Poznańskiej*, T4, Poznań 1985, ss. 97–103.
14. E.J. BOUWER, P.B. CROWE: Biological processes in drinking water treatment. *Journal AWWA*, 1988, Vol. 80, No. 9.

**Pruss, A. Effect of Shut-down on the Biological Activity of Active Carbon Filter Beds. *Ochrona Środowiska* 2007, Vol. 29, No. 3, pp. 55–58.**

**Abstract:** The study was performed with a physical model of a rapid filter involving an activated WG-12 (GRYFSKAND) carbon bed. The filter bed was activated biologically. Experiments (three series) were carried out to investigate filter performance prior to shut-down, filter behavior during shut-down, and filter performance after shut-down. The shut-down period had a duration of 1 day, 2 days and 6 days, respectively. Before and after shut-down, filtration velocity was constant (5 m/h). The samples subjected to filtration contained chlorine-free tap water (from the waterworks of Poznań) treated with appropriate doses

of ammonium chloride and aerated, water temperature being adjusted to 18 °C. The determined microbiological activity of the biomass suggested that heterotrophic bacteria were present in the filter bed. The bacteria participated in the process of ammonia nitrogen assimilation from the water and degraded the biodegradable organic compounds that were present there. It was demonstrated that the shut-down period provided favorable conditions for the growth of heterotrophic bacteria in the filter bed and for the ammonification process. After the filter had been restarted upon shut-down, a very high organic nitrogen content was observed in the filtrate due to the elution of dead bacterial cells.

**Keywords:** Biologically active filter (BAF), metabolic activity test, heterotrophic bacteria, rapid filtration, biofilm.