

Elwira TOMCZAK , Anna DOMINIAK

*Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka
Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.
Łódź*

JAKOŚĆ BIOLOGICZNA I CHEMICZNA WODY W ŁÓDZKIM SYSTEMIE DYSTRYBUCJI

BIOLOGICAL AND CHEMICAL WATER QUALITY IN THE LODZ DISTRIBUTION SYSTEM

Municipal Water and Wastewater Company founded in 1925, using well-skilled staff and specialised equipment, manages the exploitation, transfer and conditioning of water for Lodz. The result has always been excellent water quality of parametres comparable to the quality of good mineral water. However, fluctuation of changes in quality indicators depending on time and intake points is described further in the paper. The work includes the role of biomonitoring in water supply systems. Three stage of biomonitoring system which has been functioning for 20 years in ZWiK Sp. z o.o. in Lodz is presented as an example. The system utilizes living organisms: mussels, perch and luminescent bacteria.

1. Wprowadzenie

Jakość wody pitnej w Łodzi uległa zmianom w zależności od rodzaju wody ujmowanej: powierzchniowej, głębinowej lub mieszanej. W latach 1945-2000 priorytetem dla łódzkich wodociągów było zaspokojenie potrzeb rozwijającego się miasta w zakresie ilości dostarczanej wody. Przekładało się to również na jej niższą jakość, tj. wysoką utlenialność i mętność, zaś barwa wody w kranie była niekiedy przyczyną reklamacji odbiorców, szczególnie w okresie ujmowania wody z Zalewu Sulejowskiego.

Jakość łódzkiej wody do spożycia jest wciąż kontrolowana z użyciem nowoczesnych narzędzi monitoringu. Przy czym woda do badania jest pobierana nie tylko w stacjach uzdatniania i przy wtłaczaniu do sieci wodociągowej, ale również z rurociągów w blisko 100 punktach miasta. W laboratoriach zakładu sprawdzanych jest 98 parametrów wody. Dodatkowo nad jej jakością czuwają ryby i małże (w systemie tzw. bioindykacji) żyjące w akwariach w 7 obiektach ZWiK. Przez akwaria wciąż przepływa pompowana do łódzkich domów woda, a okonie i małże to niezwykle czułe organizmy, które natychmiast reagują na zmianę jakości wody czy zanieczyszczenia mogące stanowić niebezpieczeństwo dla zdrowia lub życia ludzi. Od grudnia 2009 roku małże podłączone są do specjalnej aparatury, która na bieżąco informuje o ich stanie. Jest to największy, wdrożony w Polsce system biomonitoringu jakości wody pitnej.

Celem pracy jest przedstawienie stabilności i niewielkiej fluktuacji jakości wody pitnej w sieci wodociągowej miasta Łodzi w zakresie oznaczanych w badaniach laboratoryjnych wskaźników zarówno fizykochemicznych, jak i bakteriologicznych, a także poprzez działający w Zakładzie Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi system biomonitoringu.

2. Monitoring jakości wody w miejskiej sieci wodociągowej

Woda produkowana przez Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi podlega kontroli jakości już na etapie ujęcia, następnie na kolejnych etapach uzdatniania oraz - w najszerszym zakresie - na odpływach do sieci wodociągowej. Łącznie oznaczanych jest 98 wskaźników fizykochemicznych oraz mikrobiologicznych, przy czym częstotliwość ich wykonywania waha się od 1 x godzinę w przypadku oznaczeń np. sumy chloru wolnego i dwutlenku chloru, do 1 x 6 miesięcy dla oznaczeń np. zawartości pestycydów w wodzie w sieci. Woda dostarczana mieszkańcom podlega monitoringowi zakładowemu obejmującemu oznaczanie 19 wskaźników fizykochemicznych i 5 bakteriologicznych w blisko 100 reprezentatywnych punktach sieci, z częstotliwością minimum 1 raz w tygodniu.

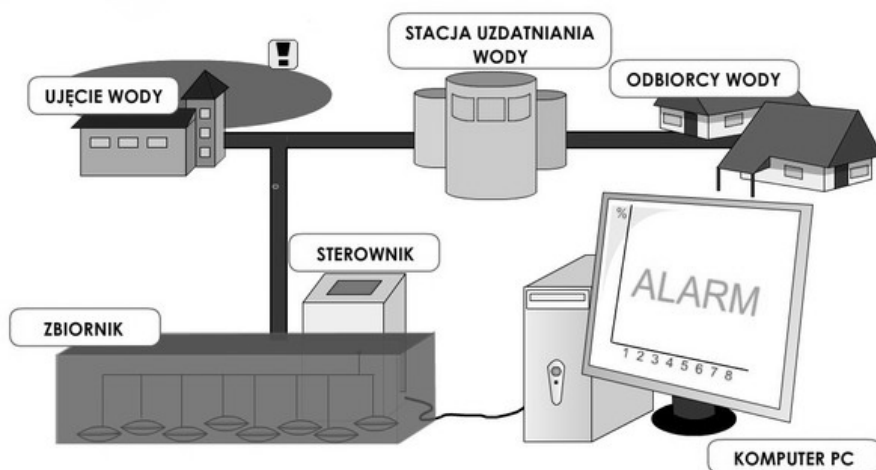
W przypadkach zgłoszeń mieszkańców, awarii lub stwierdzenia wody o pogorszonej jakości prowadzi się dodatkowe badania wody w innych punktach sieci, zależnie od stwierdzonych niezgodności. Zakres prowadzonych badań wody przeznaczonej do spożycia obejmuje:

- parametry fizykochemiczne – mętność, barwa, smak, zapach, odczyn, chlor wolny, dwutlenek chloru, suma chloru wolnego i dwutlenku chloru, jon amonowy, azotany, azotyny, chlorki, siarczany, żelazo ogólne, mangan, utlenialność, twardość ogólna, twardość węglanowa, zawiesiny,
- parametry bakteriologiczne – ogólna liczba mikroorganizmów w $22\pm 2^{\circ}\text{C} / 72\text{h}$, bakterie grupy coli, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* (łącznie ze sporamii), enterokoki (paciorkowce kałowe).

Weryfikacja uzyskanych wyników badań prowadzona jest w oparciu o wymagania wewnętrzne ZWiK w Łodzi, z wartościami dopuszczalnymi bardziej restrykcyjnymi niż obowiązujące przepisy krajowe oraz Unii Europejskiej dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [3,10,11].

Dodatkowo, jako uzupełnienie laboratoryjnych analiz wody w łódzkich wodociągach od 5 lat funkcjonuje system biomonitoringu, w którym rolę bioindykatorów pełnią: narybek okonia (*Perca fluviatilis*) oraz małże – skójki zaostrzone (*Unio tumidus*), które spełniają wymagania stawiane organizmom wskaźnikowym [8,9]. Na system SYMBIO z wykorzystaniem małży składają się trzy elementy (Rys. 1):

- Akwarium przepływowe (Rys.2) – do którego doprowadzana jest badana woda umieszczonych jest 8 osobników, przytwierdzonych do postumentów. Pojawienie się w wodzie substancji niekorzystnych, wywołuje stres u małży, przejawiający się natychmiastowym zamknięciem muszli;
- Sterownik systemu – do którego doprowadzane są sygnały odbierane przez sondy. Rolą sterownika jest analiza danych i ich przetwarzanie na postać cyfrową oraz generowanie systemu alarmowego w razie wystąpienia skażenia wody. Sterownik jest również odpowiedzialny za udostępnianie przetworzonych informacji do systemu nadrzędnego – komputera;
- Komputer PC – jego zadaniem jest wizualizacja danych, a także ich archiwizacja i tworzenie raportów. Alarm sygnalizowany jest na monitorze oraz w postaci dźwiękowej przez głośniki komputera.

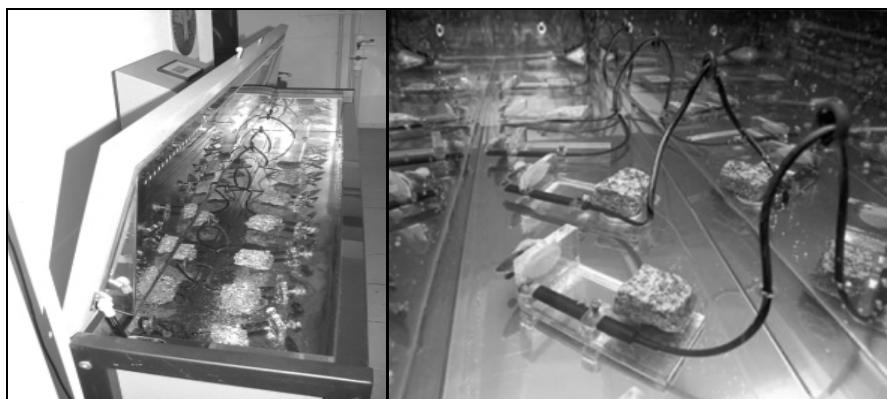


Rys. 1. Schemat biomonitoringu wody dla Łodzi

Fig.1. Scheme of water biomonitoring for Łódź

Takie systemy bioindykacyjne funkcjonują:

- na ujęciach wody głębinowej oraz powierzchniowej,
- po poszczególnych etapach uzdatniania,
- na odpływach wody uzdatnionej do odbiorców.

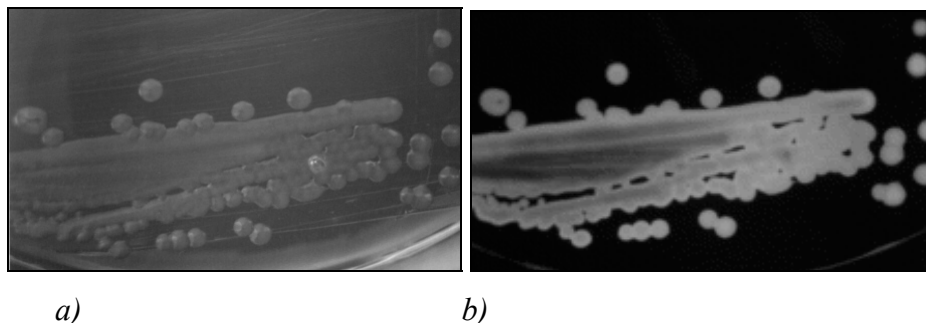


Rys.2. Akwarium z małżami – małże z sondami pomiarowymi

Fig.2. Mussels' aquarium - mussels with measurement probes

Obserwacje narybku okonia prowadzone są na bieżąco przez pracowników spółki, natomiast małże, umieszczone w specjalnych zbiornikach, podłączone są do komputerowego układu monitorującego ich aktywność w sposób ciągły i - w sytuacji awaryjnej - generującego sygnał alarmowy.

Dodatkowo od 3 lat stosuje się szybkie testy oceny toksyczności wody z wykorzystaniem bakterii luminescencyjnych [2] (*Vibrio fischeri*) (Rys.3).



Rys. 3 Kolonie *Vibrio fischeri*: a) w warunkach normalnych, b) w obecności toksyn w wodzie

Fig.3. *Vibrio fischeri* colonies: a) normal conditions, b) toxins in the water

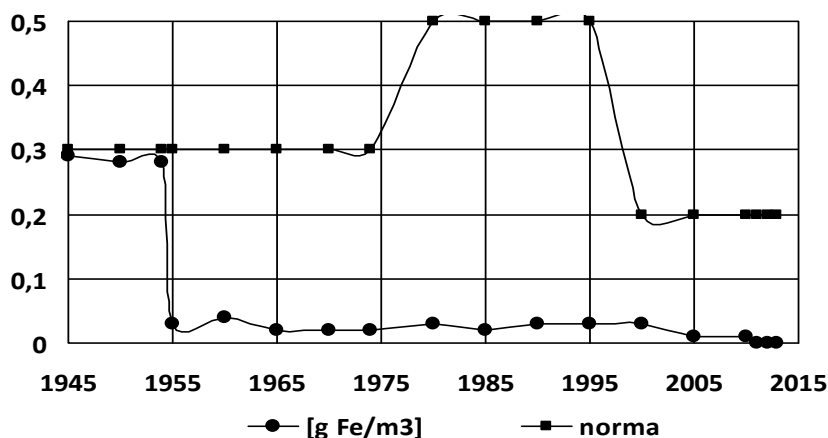
Funkcjonujący w ten sposób w ZWiK w Łodzi system biomonitoringu zapewnia ciągłą kontrolę jakości wody na etapach produkcyjnych i dystrybucyjnych, a także umożliwia zapewnienie bezpieczeństwa odbiorcom wody.

3. Przedstawienie wyników badań

Klasycznym przykładem oznaczeń jakościowych w wodzie pitnej jest zawartość żelaza i manganu charakterystyczna dla ujęć wody podziemnej; wody powierzchniowe z reguły nie zawierają tych pierwiastków bądź znajdują się one w bardzo małych ilościach.

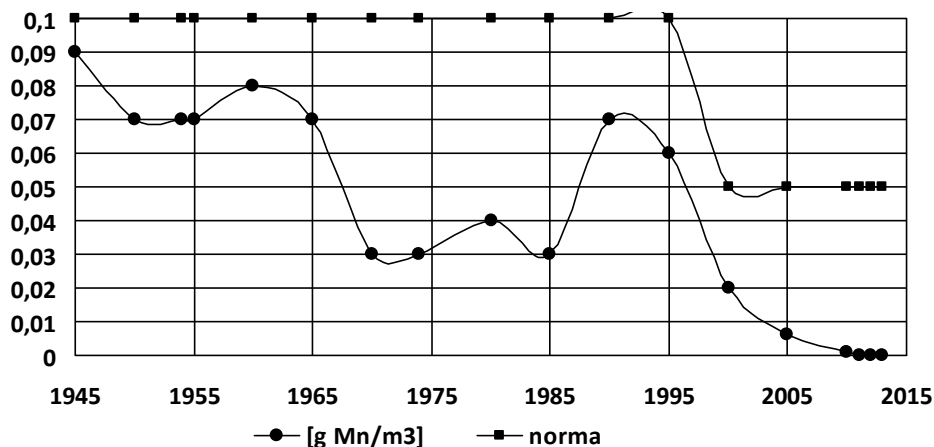
Przedstawione na rysunkach 4 i 5 wartości żelaza i manganu w wodzie pitnej obrazują zależność stężeń tych pierwiastków od miejsca i czasu ujęcia wody surowej. Bardzo wysokie stężenia notowano w latach 1945-1954, czyli w czasie eksploatacji stosunkowo płytkich łódzkich studni głębinowych.

Obecnie, dzięki ujmowaniu wody z większych głębokości oraz stosowaniu nowych technologii uzdatniania, zawartość tych pierwiastków znajduje się poniżej granicy oznaczalności referencyjnych metodyk badawczych [1].



Rys. 4. Zmiany zawartości żelaza łódzkiej wody pitnej na przestrzeni lat 1945-2013

Fig. 4. Changes of the iron content in Lodz drinking water over the year



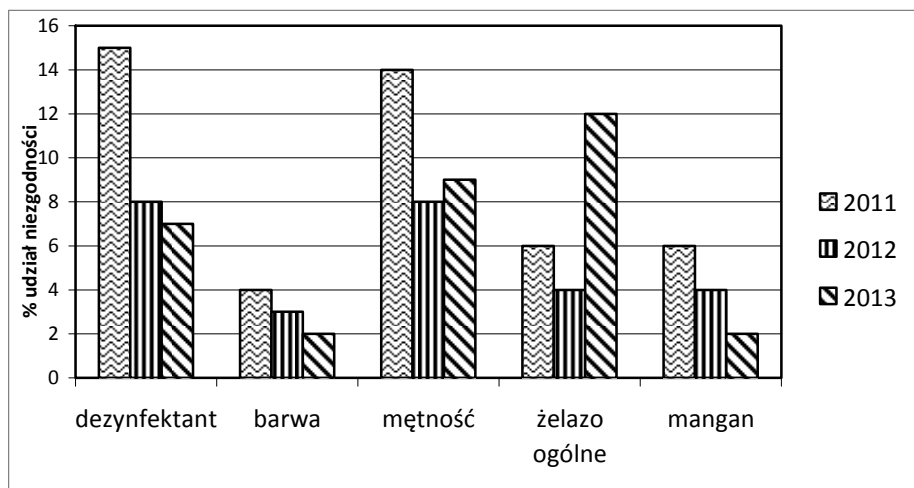
Rys. 5. Zmiany zawartości manganu łódzkiej wody pitnej na przestrzeni lat 1945-2013.

Fig. 5. Changes of the manganese content in Lodz drinking water over the year

W dalszej części opracowania przedstawiono wyłącznie stwierdzone w badaniach laboratoryjnych niezgodności dotyczące jakości wody w sieci wodociągowej względem wymagań wewnętrznych ZWiK w Łodzi w latach 2011 – 2013. Dla pozostałych parametrów niezgodności nie stwierdzono, ponadto w analizowanym czasie pozostawały one na

stałym poziomie. Lata 2011 – 2013 wybrano jako okres reprezentatywny dla oceny wpływu przeprowadzonej w 2010 roku gruntownej modernizacji łódzkiej sieci wodociągowej na jakość wody dostarczanej mieszkańcom miasta.

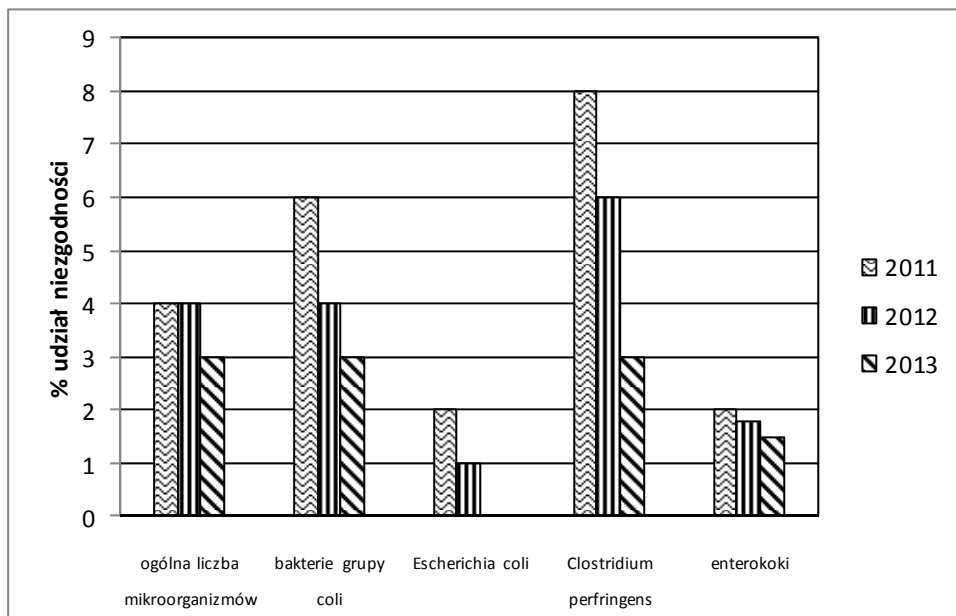
Na Rys.6 przedstawiono wyniki badań wody w sieci wodociągowej w latach 2011-2013 jako udział uzyskanych wyników niezgodnych z wymaganiami ZWiK, w zakresie kontrolowanych wskaźników fizykochemicznych oraz stężeń dezynfektanta. Należy nadmienić, że wszystkie uzyskane wyniki spełniają wymagania przepisów polskich i UE w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia, a ich odstępstwo od wymagań wewnętrznych wynosiło +/-5%.



Rys. 6. Niezgodności w badaniach fizykochemicznych wody pitnej (2011-2013).

Fig.6. Incompatibilities in physicochemical studies of drinking water (2011-2013).

Przedstawione wyniki wskazują na tendencję spadkową niezgodności, z wyjątkiem wzrostu w 2013 roku względem lat poprzednich dla mętności oraz stężenia żelaza ogólnego. Istotne zwiększenie niezgodności tych parametrów stwierdzono w badaniach wody prowadzonych przed remontami poszczególnych odcinków sieci, a także w okresach występowania awarii.



Rys. 7. Niezgodności w badaniach bakteriologicznych wody pitnej (2011-2013).

Fig.7. Incompatibilities in bacteriological studies of drinking water (2011-2013).

Na Rys.7 przedstawiono wyniki badań dotyczących biologicznej jakości wody dla mieszkańców miasta.

Analizując powyższe dane można stwierdzić, że w omawianym okresie dla każdego parametru bakteriologicznego z roku na rok notowano coraz mniej wyników niezgodnych, przy wzrastającej ilości kontroli w tym zakresie.

Przedstawione dane wskazują na stabilność, zarówno pod względem chemicznym, jak i biologicznym jakości wody dostarczanej łódzkim odbiorcom.

Pytaczony wyniki analiz laboratoryjnych obrazujące dobrą jakość łódzkiej wody pitnej potwierdzają również wyniki z systemu biomonitoringu, który w analizowanym okresie nie wykazał żadnych nieprawidłowości w składzie wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

4. Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono głównie zmiany jakości wody w łódzkiej sieci wodociągowej w latach 2011 – 2013. Analiza wyników badań wykazuje spełnienie wymagań prawnych polskich i europejskich dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia, a także chemiczną i biologiczną stabilność łódzkiej wody pitnej.

Przeprowadzona w 2010 r. gruntowna modernizacja miejskiej sieci wodociągowej, a także stacji uzdatniania oraz kolektorów tranzytowych spowodowały znaczną poprawę jakości wody dostarczanej mieszkańcom miasta, co ma odzwierciedlenie w tendencjach światowych [4,6]. Łódzki system ujmowania i dystrybucji wody, oraz jego historyczne zmiany, został szczegółowo omówiony w pracy „Łódzki system dystrybucji wody” zamieszczonej w tej monografii.

Pomimo bardzo dobrej jakości wody pitnej wychodzącej ze stacji uzdatniania, stały nadzór nad jakością wody w sieci wydaje się być niezbędny z uwagi na bardzo częste zjawisko kontaminacji na drodze przepływu wody pomiędzy stacją uzdatniania a konsumentem, zachodzące na skutek [5,7,12,13]:

- obecności w przewymiarowanych sieciach zdeponowanych osadów mineralnych, jak i organicznych, stanowiących podłoże do rozwoju mikroorganizmów w formie biofilmu,
- zwiększonego czasu retencji w przewodach wodociągowych,
- awarii elementów systemu dystrybucji wody.

Szczególne uwagę należy zwrócić zwłaszcza na hydrauliczne warunki pracy sieci, gdyż przy aktualnej tendencji obniżki poboru wody bardzo często dochodzi do powstania zjawiska wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci.

Bibliografia

- [1] Archiwum i materiały wewnętrzne Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Łodzi.
- [2] Chmiel M.J. Metoda luminescencyjna jako alternatywa w badaniach zanieczyszczenia bakteriologicznego wody, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2012, 539-541.
- [3] Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [4] Kwietniewski M., Malarski M., Rusak B., Sudoł M. Wstępne wyniki badań niezgodności jakości wody z obowiązującymi standardami na przykładzie wybranej sieci wodociągowej, Materiały konferencyjne „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”. Wydawca PZITS o/Wielkopolski, Poznań 2005, 161-173.
- [5] Lehtola M.J., Laxander M., Miettinen I.T., Hirvonen A., Vartiainen T., Martikainen P.J. The effects of changing water flow velocity on the formation of biofilms and water quality in pilot distribution system consisting of copper or polyethylene pipes, *Water Research*, 2006, 40 2151-2160.
- [6] Lim S-R, Suh S, Kim J-H, Park H.S, Urban water infrastructure optimization to reduce environmental impacts and costs, *Journal of Environmental Management*, 2010, 91 (3) 630-637.
- [7] Manuel C.M., Nunos O.C., Melol F. Dynamics of drinking water biofilm in flow/non-flow conditions, *Water Research*, 2007, 41 551-562.
- [8] Marigomez I., Zorita U., Izagirre M., Ortiz-Zarragoita P., Navarro N., Extebarria, Orbea A., Soto M., Cajaraville M. Combined use of native and caged mussels to assess biological effects of pollution through the integrative biomarker approach. *Aquatic Toxicology*, 2013, 136-137 32-48.

- [9] Rainbow P.S., Fialkowski W., Sokołowski A., Smith B.D., Wolowicz M. Geographical and seasonal variation of trace metal bioavailabilities in Gulf of Gdańsk, Baltic Sea Rusing mussels (*Mytilus trossulus*) and barnacles (*Balanus improvisus*) as biomonitors. *Marine Biology*, 2004, 144 (2) 271-286.
- [10] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [11] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [12] Tataro M. Wtórne zanieczyszczenia wody wodociągowej podczas jej dystrybucji w aspekcie pogorszenia fizykochemicznej jakości wody, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2001 201-205.
- [13] Yu I., Kim D., Lee t. Microbial diversity in biofilms on water distribution pipes of different materials, *Water Science and Technology*, 2010, 61 (1) 163-171.

