

Sławczo Denczew

Algorytm poszukiwania przyczyn pogorszenia jakości wody w systemach wodociągowych

Inspiracją do podjęcia tematu dotyczącego szybkiej identyfikacji przyczyn pogorszenia jakości wody (o dużym zasięgu) w systemach wodociągowych i ich skutecznego usunięcia były ubiegłoroczne informacje o skażeniu wody w Nowym Targu, a także o pogorszeniu wskaźników organoleptycznych (zapach mulisto-roślinny) wody w Warszawie. Obydwa przypadki, dotyczące pogorszenia jakości wody dostarczanej odbiorcom, należy zaliczyć do sytuacji awaryjnych o zasięgu obejmującym od kilkudziesięciu do kilkuset tysięcy odbiorców.

Wieloletnie doświadczenia autora w kierowaniu eksploatacją systemów zaopatrzenia w wodę, duża liczba badań i wdrożeń usprawniających proces eksploatacji systemów zaopatrzenia w wodę, a także obserwacje zjawisk związanych z pogorszeniem jakości wody w układach jej dystrybucji [1–3], stały się podstawą do zaprezentowania w niniejszej pracy propozycji algorytmu postępowania w takich wypadkach.

Trudności w rozwiązywaniu problemów związanych z pogarszaniem się jakości wody wynikają ze złożoności procesów przebiegających podczas eksploatacji systemów wodociągowych. Ponadto w rozważaniach dotyczących tego problemu należy uwzględnić trzy bardzo ważne cechy układów wodociągowych, tj. ich dynamikę, bezwładność i metodykę badań jakości wody. Dynamika oznacza ciągłą zmianę parametrów, wskaźników i warunków pracy systemów zaopatrzenia w wodę, z kolei bezwładność wskazuje, iż mają one zdolność do zachowania niektórych właściwości przez pewien czas, niezależnie od dokonywanych zmian, natomiast metodyka badań jakości wody charakteryzuje się tym, iż czas oczekiwania na ostateczne wyniki jest stosunkowo długi (dla badań mikrobiologicznych dochodzi do 72 godz.). Na tej podstawie można stwierdzić, iż znaczna złożoność rzeczywistości eksploatacyjnej oraz specyficzne cechy systemów zaopatrzenia w wodę powodują, iż wszelkie problemy dotyczące stanów awaryjnych, do których zalicza się również pogorszenie jakości wody, wymagają podejmowania wielu decyzji mających na celu szybkie ustalenie przyczyny, a następnie sprawne jej usunięcie. Można wyróżnić trzy główne kierunki systematycznej poprawy jakości wody w systemach wodociągowych:

- opracowanie i realizacja programów strategicznych w zakresie ich projektowania, modernizacji i eksploatacji, ze szczególnym uwzględnieniem podsystemu dystrybucji wody i opracowanie strategii eksploatacyjnej jego elementów składowych (przewody magistralne i rozdzielcze, przyłącza wodociągowe),
- stałe wykonywanie ustalonych czynności eksploatacyjnych w podsystemach wchodzących w skład systemów zaopatrzenia

w wodę (ujęcia, stacje uzdatniania wody, sieci i instalacje wodociągowe) [4],

– zwiększenie nadzoru nad eksploatowanym obszarem przez przedsiębiorstwa wodociągowe, szczególnie w zakresie układu dystrybucji wody, poprzez stałe powiększanie liczby punktów poboru wody i częstotliwości wykonywanych badań, co pozwoli na lepszą kontrolę oraz umożliwi szybkie podejmowanie czynności interwencyjnych w wypadku stwierdzenia pogorszenia jakości wody w badanych punktach podsystemu dystrybucji wody (w tym zakresie niezbędne jest stałe monitorowanie wybranych parametrów oraz wskaźników jakości wody w charakterystycznych punktach podsystemu).

Jakkolwiek działania te należą do podstawowych zadań przedsiębiorstw wodociągowych realizowanych w dłuższym czasie, to – ze względu na obecnie dogodne warunki pozyskiwania środków finansowych z funduszy pomocowych oraz funduszy spójności – należy podkreślić potrzebę ich intensyfikacji. Jednakże efektów tych prac można się spodziewać dopiero za kilka lub kilkanaście lat, a w tym czasie mogą wystąpić sytuacje awaryjne związane z pogarszaniem się jakości wody, wymagające podjęcia natychmiastowych działań. Dlatego też niezbędne jest opracowanie algorytmu poszukiwania przyczyn pogarszania się jakości wody w systemach wodociągowych o dużym zasięgu terytorialnym, obejmujących dużą liczbę odbiorców. W takich sytuacjach niezbędna jest ścisła współpraca przedsiębiorstw wodociągowych z organami Państwowej Inspekcji Sanitarnej oraz Państwowym Zakładem Higieny, a także z wojewódzkimi inspektoratami ochrony środowiska.

Problem pogarszania się jakości wody w systemach wodociągowych

Monitoring kontrolny i monitoring przeglądowy jakości wody w systemach wodociągowych prowadzą organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej w wytypowanych punktach poboru próbek zlokalizowanych w [5]:

- ujęciach wody (woda surowa),
- miejscach podawania wody do sieci rozdzielczej (stacje uzdatniania wody),
- sieci rozdzielczej (podsystem dystrybucji wody),
- miejscu czerpania wody przez odbiorców (punkty czerpalne).

Monitoring kontrolny obejmuje podstawowe badania jakości wody, niezbędne do sprawowania bieżącego nadzoru sanitarnego nad jakością wody, natomiast monitoring przeglądowy obejmuje wszystkie wskaźniki (mikrobiologiczne, fizyczne, substancje nieorganiczne i organiczne, uboczne produkty

dezynfekcji, radionuklidy), niezbędne do dokonywania ocen porównawczych i długoterminowych prognoz jakości wody [5].

Dotychczas przeprowadzone rozważania i analizy potwierdzają złożoność problemu pogarszania się jakości wody w systemach wodociągowych, gdyż w każdym z podsystemów systemu zaopatrzenia w wodę mogą wystąpić sytuacje awaryjne, w wyniku których stanie się ona nieprzydatna, bądź warunkowo przydatna do spożycia przez ludzi. W praktyce eksploatacyjnej systemów zaopatrzenia w wodę występują trzy podstawowe problemy związane z jakością wody, tj. smak i zapach, wygląd (np. brunatna woda) oraz bakteriologia. Niewłaściwy wygląd wody oraz jej smak i zapach mogą być stwierdzone przez każdego odbiorcę w punkcie czerpalnym, natomiast obecność bakterii w wodzie można stwierdzić tylko na podstawie badań laboratoryjnych.

Dokładne ustalenie przyczyn pogorszenia jakości wody jest zagadnieniem bardzo trudnym, co wynika z występowania różnorodnych czynników mających wpływ na omawiane zjawisko. Można je podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- czynniki wewnętrzne: gromadzenie i odkładanie się osadów na wewnętrznych powierzchniach urządzeń technologicznych i rurociągów, korozja elektrochemiczna i biologiczna, powstawanie biofilmu itp.,

- czynniki zewnętrzne: zanieczyszczenie ujmowanej wody.

W takich sytuacjach niezbędne jest zaliczenie przyczyn pogorszenia jakości wody do jednej z trzech podstawowych grup (rys. 1):

- przyczyny o charakterze źródłowym, czyli dotyczące zanieczyszczenia wody surowej,
- przyczyny o charakterze technologicznym, występujące głównie na ujęciach i stacjach uzdatniania wody (awarie urządzeń technologicznych),
- przyczyny o charakterze sieciowym, powstające w podsystemie dystrybucji wody.



Rys. 1. Schemat blokowy głównych przyczyn pogorszenia jakości wody

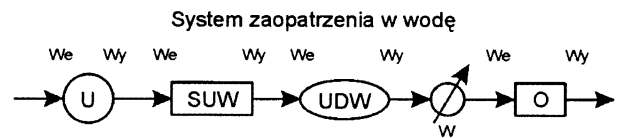
W niniejszych rozważaniach nie ujęto przyczyn powodujących pogorszenie jakości wody w instalacjach wodociągowych, będących w gestii zarządców nieruchomości. Rozpatrując schemat blokowy głównych przyczyn pogarszania się jakości wody w systemach wodociągowych (rys. 1) należy stwierdzić, że identyfikacja czynników mogących spowodować nieakceptowane zmiany jakości wody jest zagadnieniem bardzo trudnym, ze względu na dużą liczbę podsystemów i elementów tych podsystemów, jak również z powodu czasowo-przestrzennego charakteru zjawiska (ujęcie–stacja uzdatniania wody–sieć wodociągowa).

Struktura algorytmu poszukiwania przyczyn pogorszenia jakości wody

Identyfikacja stanów pogarszania się jakości wody w systemach wodociągowych może nastąpić na podstawie:

- monitoringu kontrolnego lub monitoringu przeglądowego prowadzonego przez organy Państwowej Inspekcji Sanitarnej (państwowy powiatowy inspektor sanitarny, państwowy wojewódzki inspektor sanitarny),
- badań realizowanych przez laboratoria wodociągowe,
- skarg odbiorców.

Stany pogorszenia jakości wody mogą wystąpić w każdym z podstawowych elementów systemów zaopatrzenia w wodę z osobna lub równocześnie. Klasyczny schemat takiego systemu przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu zaopatrzenia w wodę (U – ujęcie wody, SUW – stacja uzdatniania wody, UDW – układ dystrybucji wody, O – odbiorcy, We – wejście, Wy – wyjście, W – wodomierz główny)

W wypadku stwierdzenia pogorszenia jakości wody u dużej liczby odbiorców zlokalizowanych na obszarze zaopatrywanym przez przedsiębiorstwo wodociągowe, zgodnie z proponowanym algorytmem (rys. 3) należy natychmiast rozpocząć pobór próbek wody z wejść i wyjść z każdego elementu systemu zaopatrzenia w wodę w cyklu trójmianowym (całodobowym), z jednoczesnym podjęciem określonych czynności eksploatacyjnych. Najbardziej podatnymi punktami systemu zaopatrzenia w wodę na zanieczyszczenie, mogącymi mieć w konsekwencji wpływ na pogorszenie jakości wody, są:

- ujęcia wód powierzchniowych (odprowadzanie ścieków nieoczyszczonych, awarie urządzeń pływających (olej napędowy), zanieczyszczenie warstwy gruntu nad drenami przy niskich stanach wód oraz z powodu nieregularnego prowadzenia prac renowacyjnych, zanieczyszczenie drenów wewnątrz z powodu niesystematycznego ich płukania),

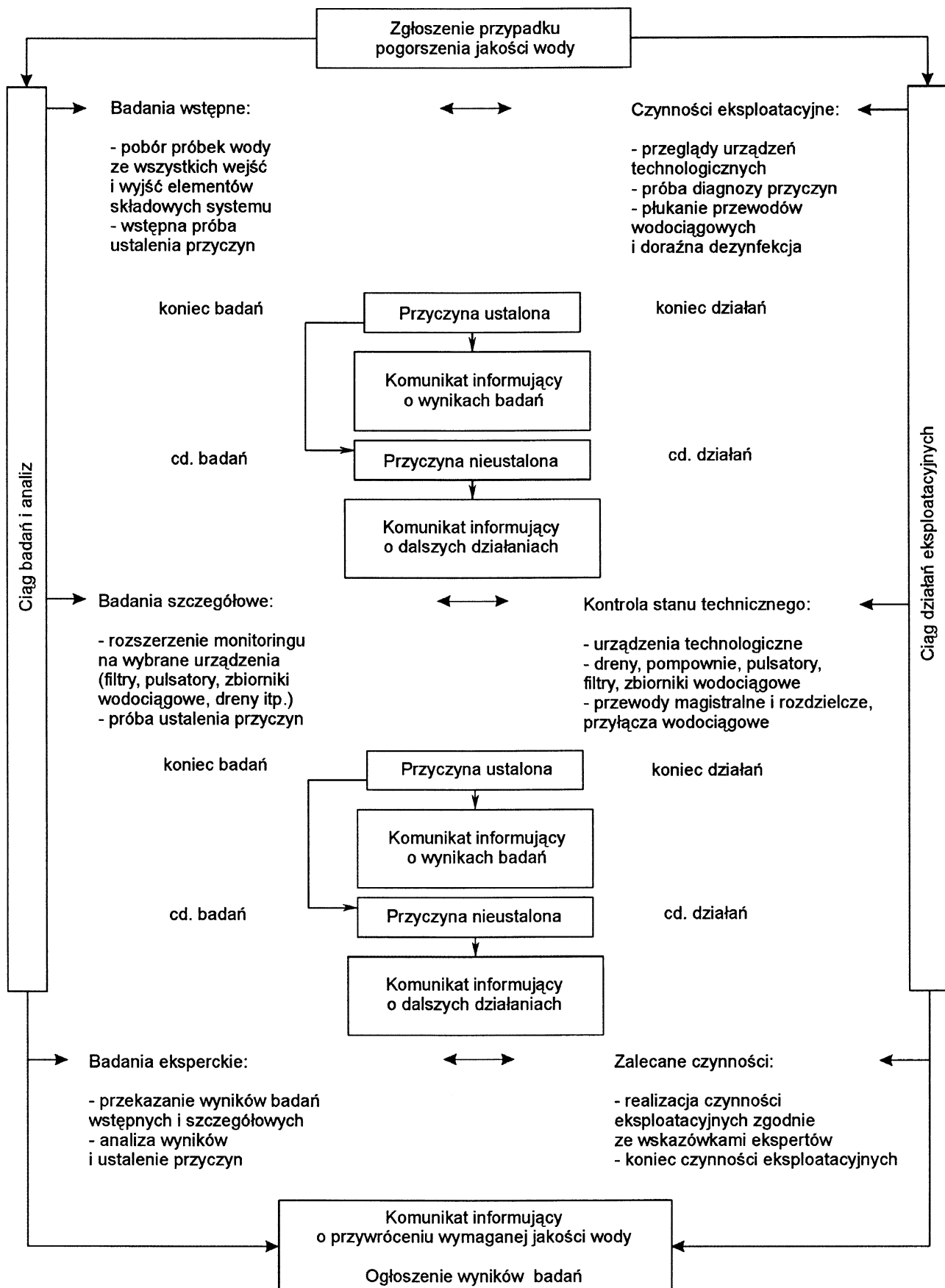
- pulsatory (wynoszenie koagulantu i produktów koagulacji w wyniku nieprawidłowo przebiegającego procesu koagulacji),

- zbiorniki wody (sedymentacja zawiesin i ich transport do sieci wodociągowej),

- końcówki sieci (wtórne zanieczyszczenie wody z powodu małych rozbiorów).

Te elementy systemu zaopatrzenia w wodę należy otoczyć szczególnym nadzorem i stałą kontrolą w procesie eksploatacji.

Zastosowanie zaprezentowanego algorytmu do ustalania przyczyn oraz do podejmowania określonych działań eksploatacyjnych w wypadku stwierdzenia pogorszenia jakości wody o dużym zasięgu terytorialnym, wymaga ścisłej współpracy różnych służb w przedsiębiorstwie wodociągowym, takich jak służby produkcji wody wraz z laboratoriami oraz służby sieciowe. Niezbędne jest również stałe koordynowanie prowadzonych badań i działań w zakresie uzdatniania i dystrybucji wody wewnątrz przedsiębiorstwa oraz bieżące informowanie organów kontrolnych (SSE, PZH, WIOŚ). W takich sytuacjach kierownictwa przedsiębiorstw wodociągowych koordynują i nadzorują wszystkie działania prowadzone w systemach zaopatrzenia w wodę. W wypadku gdy system zaopatrzenia w wodę składa się z kilku układów zasilania, należy



Rys. 3. Algorytm poszukiwania przyczyn pogorszenia jakości wody w systemie wodociągowym

rozpatrzeć możliwość wyłączenia z pracy tego układu, w strefie którego wystąpiło pogorszenie jakości wody, jeżeli nie spowoduje to poważnego obniżenia ciśnienia wody. Umożliwi to przeprowadzenie dokładnego przeglądu urządzeń technologicznych tego układu.

Wdrożeniu do praktyki eksploatacyjnej proponowanego algorytmu postępowania powinna towarzyszyć bieżąca weryfikacja działań i ich stałe usprawnianie. Wynika to z cech dynamicznych charakterystycznych dla systemów zaopatrzenia w wodę (ciągła zmiana parametrów w czasie). O prowadzonych działaniach zmierzających do ustalenia przyczyn pogorszenia jakości wody i ich usunięcia należy bezwzględnie informować odpowiednią stację sanitarno-epidemiologiczną oraz uzgadniać działania dotyczące technologii uzdatniania wody (np. zmiana lub zwiększenie dawki środka dezynfekującego). W takich sytuacjach niezbędne staje się również stałe informowanie odbiorców wody o wynikach badań i o podejmowanych działaniach. Komunikaty te powinny być rzetelne i przekazywane przez osoby ze ścisłego kierownictwa przedsiębiorstwa wodociągowego, co zwiększy ich wiarygodność i będzie działać uspokajająco na odbiorców, którzy w takich sytuacjach chcieliby uzyskać prawdziwą informację z ust specjalistów (osoby z zespołów *public relations* nie mają dostatecznej wiedzy specjalistycznej i ich wypowiedzi mogą czasami zniekształcić rzeczywistą sytuację).

W sytuacjach awaryjnych w ogóle, a w szczególności dotyczących pogarszania się jakości wody, niewątpliwie najważniejszą sprawą jest skrócenie czasu niezbędnego do ustalenia przyczyny i jej usunięcia. Należy podkreślić, iż dokładne ustalenie przyczyny pogorszenia jakości wody jest często bardzo trudne, co wynika z różnorodności czynników wewnętrznych (gromadzenie się osadów, rozwój mikroorganizmów, korozja itp.) i zewnętrznych (zanieczyszczenie wody surowej), mogących powodować stany awaryjne. W takich sytuacjach niezbędne staje się zaliczenie danej przyczyny do odpowiedniej grupy (o charakterze źródłowym, produkcyjnym lub sieciowym), przy czym wstępna kwalifikacja rodzaju przyczyny pozwala na szybkie zdiagnozowanie źródła pogorszenia jakości wody. Im szybciej to nastąpi, tym mniejsze będą uciążliwości dla odbiorców wody oraz straty poniesione przez przedsiębiorstwo wodociągowe.

Straty powstałe w wyniku stanów awaryjnych mogą być dwójakiego rodzaju:

– udzielanie bonifikat przez przedsiębiorstwo wodociągowe z powodu niedotrzymania jakości wody, w zależności od stopnia jej przydatności do różnych celów (wysokość bonifikat jest ustalana przeważnie w drodze negocjacji),

– wzrost kosztów eksploatacyjnych, co w konsekwencji spowoduje niewykonanie innych zadań, np. remontowych lub modernizacyjnych.

Ponieważ powyższe zagadnienia mają istotny wpływ na wyniki ekonomiczne przedsiębiorstw wodociągowych, dlatego też znaczenie rozpatrywanego problemu jest bardzo duże.

Podsumowanie

Zaproponowany algorytm poszukiwania przyczyn pogorszenia jakości wody w systemach wodociągowych składa się z dwóch ciągów, tj. badań i analizy działań eksploatacyjnych i dotyczy sytuacji awaryjnych o dużym zasięgu. Ponieważ wdrożona przez autora do praktyki eksploatacyjnej metoda działań doraźnych, dotyczących przywracania jakości wody po awarii o niewielkim zasięgu (dotyczy głównie bakteriologii), sprawdziła się i wykazała swą przydatność w sytuacjach awaryjnych, dlatego też można sądzić, że zastosowanie zaproponowanego algorytmu postępowania przyniesie w praktyce wymierne efekty dla przedsiębiorstw wodociągowych w postaci skrócenia czasu trwania stanu awaryjnego i zmniejszenia strat występujących w takich sytuacjach.

Przedstawiony algorytm postępowania ma wymiar praktyczny, a jego zalety o charakterze społecznym (bieżące informowanie odbiorców o wynikach badań i podejmowanych działaniach eksploatacyjnych) niewątpliwie przyczynią się do łagodzenia skutków sytuacji awaryjnych w systemach zaopatrzenia w wodę.

LITERATURA

1. S. DENCZEW: System płukania i badania jakości wody w układach wodociągowych. Mat. konf. „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, PZITS, Poznań 2000, ss. 639–645.
2. S. DENCZEW: Przedsięwzięcia służące utrzymaniu lub przywracaniu wymaganej jakości wody w sieci wodociągowej. *Ochrona środowiska*, 2001, nr 4, ss. 31–32.
3. S. DENCZEW: Wpływ sposobu zaopatrzenia przeciwpożarowego na jakość wody w sieci wodociągowej. *Ochrona środowiska*, 2003, nr 4, ss. 37–38.
4. Ustawa z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków. Dz. U. nr 72, poz. 747.
5. 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.

Denczew, S. A Comprehensive Model for Searching the Contributors to Water Quality Deterioration in Water Supply Systems. *Ochrona Środowiska* 2004, Vol. 26, No. 2, pp. 27–30.

Abstract: The proposed model consists of two complementary sequences cooperating with each other – a sequence of research and analysis and a sequence of operational actions. So far, no comprehensive theoretical or practical projects have been developed to comprise all subsystems and some of the elements that are susceptible to water pollution. This lack makes us aware of how important the problem of water quality deterioration in water supply systems is. The model described in this paper is

also meaningful in economic and social terms. Building up a structure incorporating a set of actions that have been ordered in two sequences enables us not only to shorten the time which is needed to find the contributors to water quality deterioration, but also to quickly recondition the water supply system, *i.e.* to restore water delivery in compliance with relevant requirements. The implementation of the proposed model offers two major benefits – taking efficacious, systematized actions to find and remove the deteriorating factors, and transmission of reliable up-to-date information to the users.

Keywords: Tap water, water quality, water supply system.