Ocena poprawy jakości wody przeznaczonej do spożycia z wykorzystaniem fosforanów na przykładzie PWiK

Evaluation of improving the quality of drinking water using phosphates on the example of PWiK

FLORIAN G. PIECHURSKI

DOI 10.36119/15.2020.7.4

Problemy eksploatacji sieci z wodą do picia o dużej twardości są znane w wielu krajowych przedsiębiorstwach ujmujących wodę podziemną. W tych sieciach wodociągowych obserwowane są zjawiska wzrostu wtórnego zanieczyszczenia wody i strat jej ciśnienia. Sytuacja ta powoduje również zużycie wody do częstego płukania takich sieci. Celem badań było wykazanie efektów działania fosforanowych inhibitorów korozji, wprowadzanych do sieci wodociągowej. Badania prowadzono w latach 2017-2019 w czterech punktach sieci wodociągowej. Analiza uzyskanych wyników badań oraz obserwacje przebiegu płukania sieci pozwalają stwierdzić, że proces oczyszczania przebiega poprawnie. Dzięki tym działaniom woda jest oszczędzana oraz obniżają się koszty związane z wymianą skorodowanych rur lub ich renowacją. Zmniejsza się także zużycie energii elektrycznej potrzebnej do utrzymania wymaganego ciśnienia wody w sieci, co również wpływa na obniżenie jej awaryjności. Dla odbiorcy wody zauważalnym efektem tych działań jest usunięcie zabarwienia (rdzawo brunatne wody wywołane obecnością żelaza i manganu) oraz osadów powstających na bateriach czerpalnych. Prowadzony proces dozowania preparatu fosforanowych inhibitorów korozji zapobiega powstawaniu biofilmu na ściankach rur sieci jak i instalacji wodociągowych, które są środowiskiem rozwoju mikroorganizmów.
Słowa kluczowe: sieć wodociągowa, wtórne zanieczyszczenia wody, fosforanowe inhibitory korozji, efekty działania płukania sieci, poprawa jakości wody w instalacjach

In these networks, the phenomena of pressure loss pollution are observed, hence the need for high water consumption for frequent flushing. The purpose of the research was to indicate the effects of phosphate corrosion inhibitors introduced into the water supply system, supporting the purification process and improving quality as well as preventing secondary water pollution. The research was carried out in 2017-2019 at four points of the water supply network. Analysis of the obtained test results and observations of the rinsing process show that the purification process is carried out correctly. We save water and reduce the costs associated with replacing corroded pipes or their renovation. The consumption of electricity needed to maintain the required water pressure in the network is also reduced, which also reduces its failure rate. For the recipient of water, a noticeable effect of these activities is the removal of its secondary colouring (rust-brown waters due to the presence of iron and manganese) and sediments arising from faucets. The process of dosing of phosphate corrosion inhibitors prevents the formation of biofilm on the walls of the network pipe as well as water supply installations, which are the environment for the development of microorganisms.
Keywords: water supply, secondary water pollution, phosphate corrosion inhibitors, effects of operation, flushing of the network, improvement of water quality in installations

Wstęp

Analizowane Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji - w ramach zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia - ujmuje, oczyszcza i dystrybuuje wodę tylko z ujęć podziemnych. Dla większości ujęć proces oczyszczania wody realizowany jest głównie poprzez dezynfekcję podchlorynem sodu. W pracy zostały wykorzystane dane z ujęć, dla których ze względu na bardzo wysoką twardość do wody oczyszczanej dodawane są związki fosforanowe.

W Polsce normy dotyczące jakości wody do spożycia ustalane są w formie Rozporządzenia Ministra Zdrowia (z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Dz.U. 2017 poz. 2294), które działa na podstawie ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r.o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków Dz.U. 2018 poz. 1152).

dr inż. Florian G. Piechurski – https://orcid.org/0000-0001-8065-962X; Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Śląska Gliwice. Adres do korespondencji / Corresponding author: Florian.Piechurski@polsl.pl

Na fot. 1 i 2 pokazano stan rur w analizowanym systemie dystrybucji.

Na fot. 3 pokazano możliwe problemy związane z inkrustracją w rurze sieci wodociągowej , w której przepływa woda o dużej twardości i z dopuszczalnymi zawartościami żelaza i manganu.

Widoczny niewielki otwór w osadzie jest wynikiem długoletniego (30 lat) procesu tworzenia osadów. Ten stan nie powodował braku wody u odbiorców ze względu na znaczące obniżenie zużycia wody, ale pompownia była wymieniona ze względu na problemy ze zbyt niskim ciśnieniem zgłaszanym przez odbiorców wody.

Fot. 1.
Rura żeliwna Ø100mm z osadami (bud. 1939 r.)
Pic. 1. Cast iron pipe Ø100mm with deposits (building 1939)

Fot. 2.
Zawartość osadów w odcinku rury żeliwnej Ø100mm (bud. 1969 r.)
Pic. 2. Deposits in cast iron pipe Ø100mm (building 1969)

Fot. 3.
Przykładowa zawartość osadów w przewodzie wodociągowym.
Pic. 3. Examplary deposits in pipe.

Z takimi lub podobnymi problemami eksploatacyjnymi w kraju boryka się bardzo dużo średnich i małych przedsiębiorstw ujmujących wodę z ujęć podziemnych o dużej twardości, jak to ma miejsce w analizowanej sieci wodociągowej.

Opis procesu zmian jakości wody w sieci wodociągowej

Sieci wodociągowe w analizowanym systemie wykonane są z różnych materiałów, podatnych na procesy korozji i odkładania się osadów. Eksploatowane dziesiątki lat przewody wodociągowe ulegają nieuchronnym procesom starzenia (fot. 1 i 2). W dłuższym czasie eksploatacji zawartość osadów i produktów korozji znacznie wzrasta, aż do momentu niemal całkowitego zmniejszenia przekroju czynnego średnicy rurociągu (fot. 3). Jednocześnie podczas dystrybucji wody dochodzi do pogorszenia parametrów fizykochemicznych i mikrobiologicznych jakości wody, w wyniku jej kontaktu z osadami i złogami korozyjnymi.

Zgodnie z zaleceniami dostawcy produktu i instalacji proces dozowania fosforanów do badanej sieci przebiega w 4 etapach (rys. 1).

Etap I – okres przed dozowaniem preparatu, w którym obserwowane są przekroczenia wartości parametrów wody względem dopuszczalnych wartości jakości wody przeznaczonej do spożycia.

Etap II – to czas „stabilizacji sieci" – to rozpoczęcie dozowania preparatu, które odbywa się przy zastosowaniu prostej instalacji, której podstawowymi elementami są: zbiornik do przygotowania roztworu preparatu (1), zbiornik dozujący preparat (2), podłączenie wody (3), pompa dozująca (4), wpięcie do przewodu tłocznego (5), mieszadło elektryczne (6) oraz pompa przetłaczająca roztwór ze zbiornika 1 do zbiornika 2 (fot. 4).

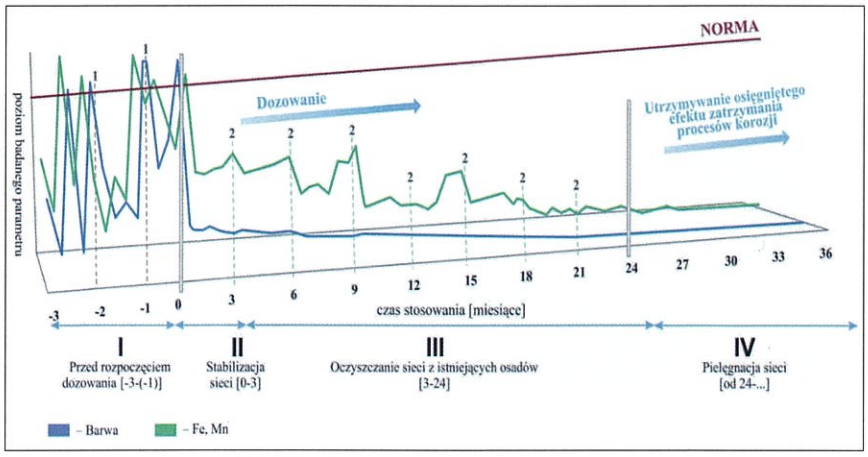
W tym okresie możemy zaobserwować spadek poziomu barwy, stabilizację żelaza i manganu oraz likwidację negatywnych skutków twardości wody.

Etap III – to okres oczyszczania sieci wodociągowej trwający od 3 do 24 miesięcy. W tym etapie w sposób kontrolowany fosforany wnikają w strukturę osadów. Rozmiękczone w ten sposób osady zostają usuwane z sieci w trakcie okresowego jej płukania. Powinno to skutkować dalszym obniżeniem zawartości żelaza i manganu, stabilną barwą, zwiększeniem skuteczności procesu dezynfekcji oraz skróceniem się czasu płukania sieci.

Płukanie kontrolne przeprowadzono w listopadzie 2017 roku w 1455 punktach przy średnim czasie ok. 26 minut. W drugim etapie w maju 2018 r. wykonano płukanie w 1055 punktach przy średnim czasie ok. 19 minut. Czasy kontrolnych płukań uległy skróceniu o 27%. Tym samym, zmianom podlegają czasy okresowego eksploatacyjnego płukania sieci oraz płukań interwencyjnych.

Etap IV – to pielęgnacja sieci – utrzymywane są efekty uzyskane we wcześniej-

Fot. 4.
Instalacja dozowania preparatu [7]
Pic. 4. Dosing installation [7]



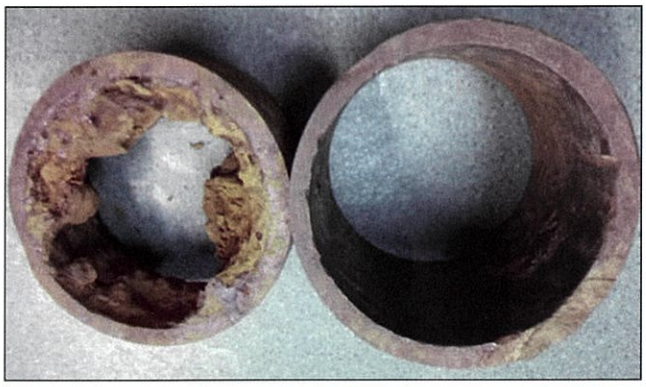
Rys. 1.
Przebieg procesu dozowania fosforanów (schemat) [6]
Fig. 1. The phosphate dosing process (diagram)

szych etapach, stosując profilaktyczną, skorygowaną dawkę preparatu.

Stosowany preparat jest mieszaniną orto- i polifosforanów. Jest środkiem antykorozyjnym, stabilizującym jakość wody. Wprowadzany jest do sieci jako 10% roztwór wodny na wypływie ze stacji uzdatniania wody. Po wprowadzeniu do sieci wodociągowej mieszanina jest stabilna i nie traci swoich właściwości przemieszczając się wzdłuż całej jej długości.

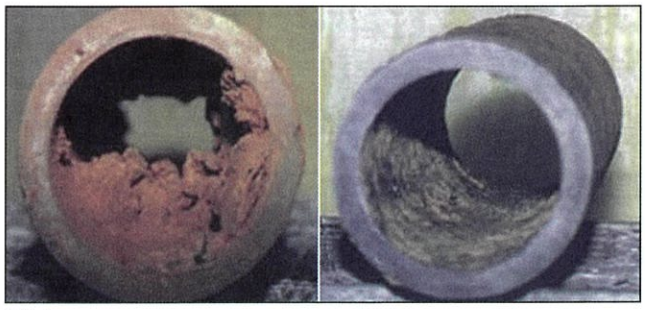
Środek w sposób powolny usuwa osady i produkty korozji, aż do osiągnięcia pierwotnej wewnętrznej średnicy rury.

Może usuwać osady już istniejące na wewnętrznej powierzchni rurociągów lub zapobiegać ich odkładaniu na ściankach rur. Preparat wstrzymuje proces korozji, a następnie stopniowo, powoli rozmiękcza cząstki tworzące warstwy korozyjne i osady mineralne, aż do momentu osiągnięcia kontaktu z powierzchnią wewnętrzną rury. W miarę postępowania procesu wiązania metali, osady miękną, a następnie zostają wypłukane z sieci, za pomocą odpowiednio prowadzonego programu płukania wspomagającego wypłukiwanie osadów. Proces ten zachodzi w sposób kontrolowany, bez jakichkolwiek zakłóceń w jakości wody trafiającej do odbiorcy. Na odsłoniętej powierzchni metalu tworzy się fosforanowa warstwa ochronna, która przeciwdziała ponownemu korodowaniu, zmniejszając jednocześnie ilość jonów metali – także miedzi i ołowiu przechodzących do wody (fot. 5) oraz zwiększa żywotność układu dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia.



Fot. 5.
Przykład efektu usunięcia osadów pod wpływem działania fosforanów
Pic. 5. Example of the effect of removing sediments under phosphates action

Eliminuje niekorzystne zjawiska, wywołane obecnością w wodzie jonów żelaza, manganu, wapnia i krzemu. Ze względu na swój skład środek może blokować wyżej wymienione jony metali poprzez tworzenie z nimi bezbarwnych związków kompleksowych, dzięki czemu zapobiega ich dalszym reakcjom.



Fot. 6.
Przykład efektu usunięcia osadów z rury stalowej pod wpływem działania fosforanów
Pic. 6. Example of the effect of removing sediments under phosphates action in steel pipe

Stosowanie go pozwala rozwiązać problem związany z wtórnym zanieczyszczeniem wody w sieci wodociągowej. Poprzez jego dawkowanie uzyskuje się powolne usuwanie biofilmu, osadów oraz produktów korozji z sieci czy instalacji wewnętrznych (fot. 6).

Efekty wprowadzonych zmian w oczyszczaniu wody

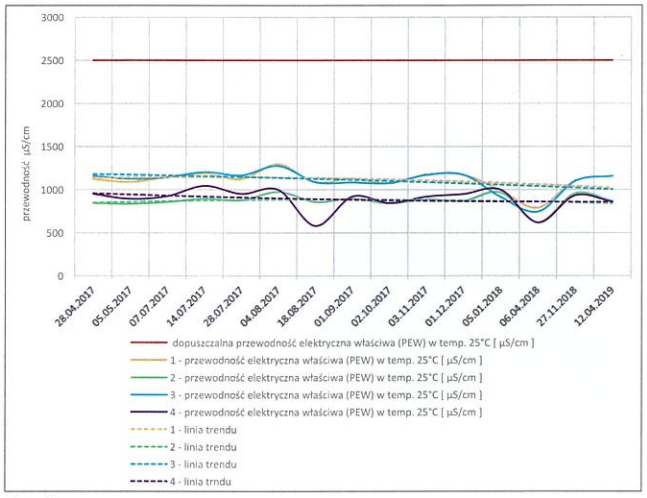
Na wykresach (rys. 2-8) pokazane są zmiany wybranych parametrów jakościowych dla punktów poboru prób wody, tj. 1, 2, 3, 4, zlokalizowanych w różnych miejscach pierścieniowej sieci wodociągowej. Punkty 1 i 2 są równocześnie miejscami dozowania preparatu.

Punkt 3 znajduje się blisko 1, natomiast punkt 4 jest najbardziej oddalony od punktów 1 i 3, a woda pobierana w tym punkcie jest mieszaniną wody pochodzącej z ujęć 1 i 2.

Na wykresach (rys. 2-8) przedstawiono zmiany badanych parametrów jakości wody w 4 punktach oraz linie trendów w czasie badań od 28.04.2017 do 12.04.2019 r.

Przewodność elektrolityczna właściwa

Po zastosowaniu preparatu przewodność maleje. Wraz z upływem czasu obserwuje się opadanie linii trendu dla każdego punktu pomiarowego (rys. 2). Co oznacza spadek mineralizacji wody i jej zanieczyszczenia.



Rys. 2.
Wykres zmian przewodności właściwej w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 2. Graph of specific conductivity changes over the period of use: 2017-2019

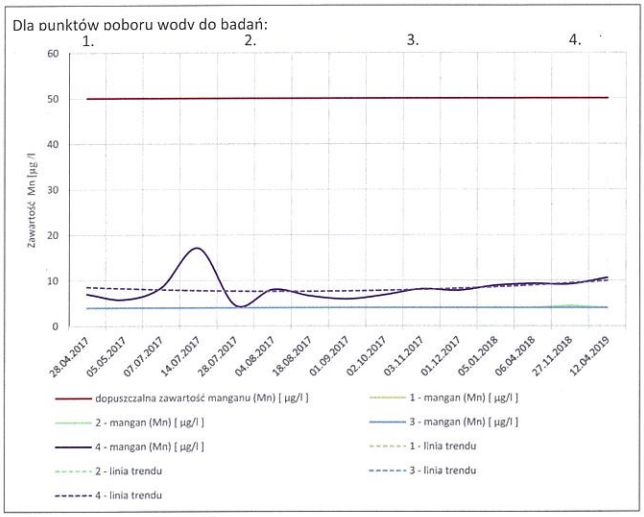
Mangan

Na rys. 3 przedstawiono wykres zmian zawartości manganu (µg Mn/dm^3) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.

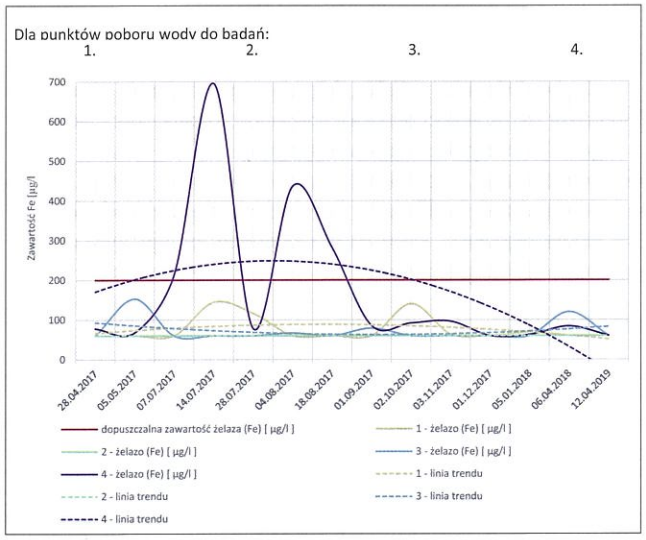
Zgodnie ze schematem przebiegu procesu w wyniku dozowania powinniśmy obserwować spadek zawartości manganu do końca etapu III. Tak dzieje się w minimalnym zakresie w punktach 1, 2 i 3 (rys. 3). Natomiast dla punktu 4 obserwujemy nieznaczny wzrost, co ma związek z lokalizacją punktu – jest to końcówka sieci. Podwyższony poziom zawartości manganu w całym przebiegu badanego czasu świadczy o tym, że proces trwa i w punkcie 4 mamy zdeponowane osady manganowe.

Żelazo

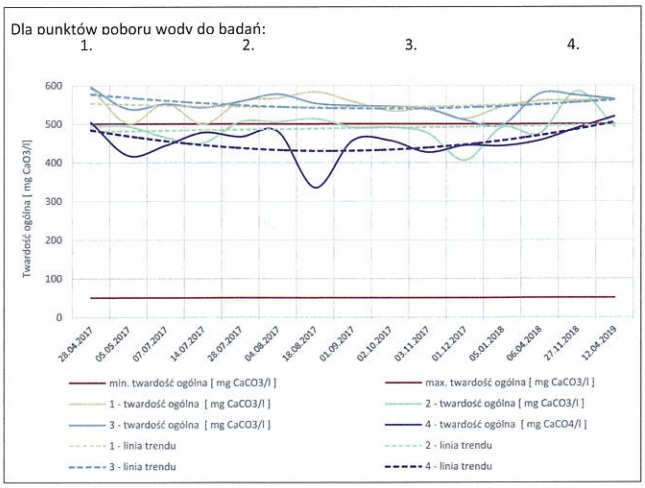
Na rys. 4 przedstawiono wykres zmian zawartości żelaza (µm Fe/dm^3) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.



Rys. 3.
Wykres zmian zawartości manganu w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig.3. Graph of changes in manganese content during the use of the preparation: 2017-2019



Rys. 4.
Wykres zmian zawartości żelaza w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 4. Graph of changes in iron content during the use of the preparation: 2017-2019



Rys. 5.
Wykres zmian twardości w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 5. Graph of hardness changes during the application period: 2017-2019

Z wykresu (rys. 4) wynika, że wartość wejściowa (przed zastosowaniem preparatu) żelaza zbliżona jest do tej, którą osiąga się na końcu fazy trzeciej i w fazie pielęgnacji sieci.

Przebiegi dla punktów 1, 2 i 3 są do siebie zbliżone, mają tendencję spadkową (rys. 4). To, że ich wykresy nie są liniami prostymi świadczy o zmianach jakościowych wody pobieranej (na ujęciach). Jak również o tym, że o intensywności procesu świadczy stan techniczny sieci (ilość złogów), rodzaj materiału i długość oczyszczanych odcinków. W punkcie 4 mamy do czynienia z wyraźnym wzrostem zawartości żelaza, podobnie jak manganu w tym samym przedziale czasowym, co wiąże się z lokalizacją punktu 4 (końcówka sieci).

Twardość

Na rys. 5 przedstawiono wykres zmian twardości ogólnej (mg $CaCO_3/dm^3$) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.

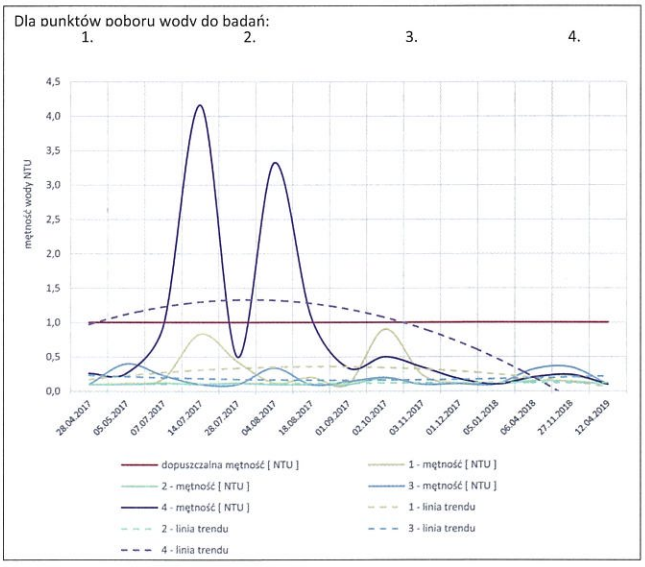
Wartość twardości wody jest potrzebna do określenia dawki wprowadzanego preparatu. Przebieg zmian twardości na wykresie zależny jest tylko od parametru wejściowego (rys. 5).

Jony wapnia i magnezu, które w procesie termicznego rozkładu przeszłyby od postaci wodorowęglanów do formy nierozpuszczalnych osadów (kamień kotłowy) wiązane są z fosforanami, tworząc trwałe związki kompleksowe. Zawartość ich w wodzie nie zmienia się.

Mętność

Na rys. 6 przedstawiono wykres zmian mętności wody (NTU) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.

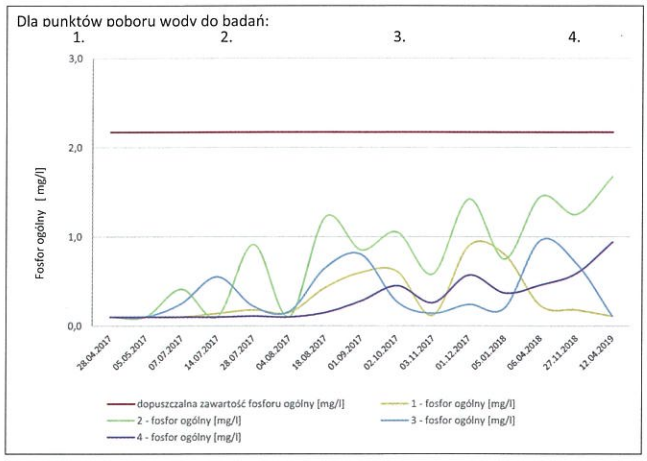
Można zauważyć na wykresie (rys. 6) wyraźny wzrost mętności dla punktu 4. Wzrost mętność jest spowodowany gromadzeniem się oderwanych osadów ze ścian przewodów wodociągowych, co następuje podczas nagłej zmiany warunków przepływu, wywołanej rozmaitymi czynnikami zewnętrznymi – w badanym przypadku po zastosowaniu preparatu (fragmentacja biofilmu oraz odrywanie się złogów). Okresowe płukania sieci wspomagają proces obniżania mętność wody.



Rys. 6.
Wykres zmian mętności w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 6. Graph of turbidity changes during the use of the preparation: 2017-2019

Fosfor ogólny

Na rys. 7 przedstawiono wykres zmian zawartości fosforu



Rys. 7.
Wykres zmian zawartości fosforu ogólnego w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 7. Graph of changes in the content of total phosphorus during the usage period: 2017-2019

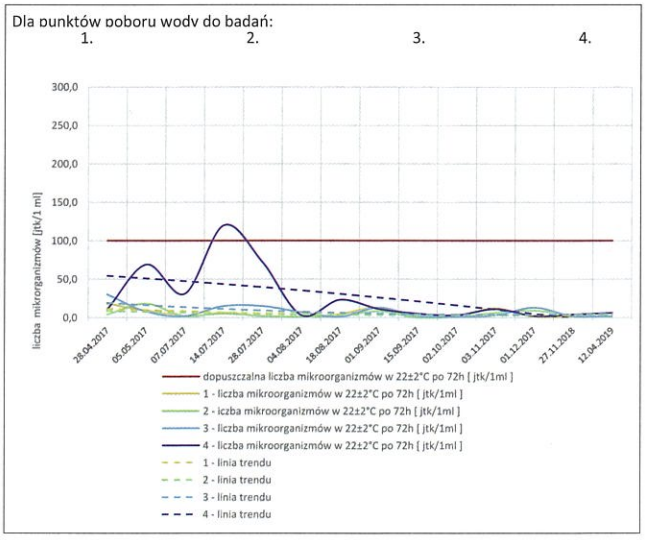
ogólnego (mg P /dm^3) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.

Przebieg funkcji dla zawartości fosforu jakkolwiek zmieniający się w czasie, wykorzystywany jest tylko i wyłącznie do kontroli procesu (rys. 7). Jest wskaźnikiem prawidłowego rozprzestrzeniania się preparatu w sieci pierścieniowej (sprawdzane jest czy dociera do punktów kontrolnych). Natomiast zmiany zawartości na wykresie zależą od wielkości zmiennej dawki dla natężenia przepływu wody w sieci. Spadki na wykresie w końcowym etapie dla punktów 1 i 3 oznaczają awarię instalacji dozowania preparatu.

Ogólna liczba mikroorganizmów w 22±2°C po 72h

Na rys. 8 przedstawiono wykres zmian ogólnej liczby mikroorganizmów (jtk/ 1cm^3) w okresie stosowania preparatu w latach 2017-2019 w poszczególnych punktach badawczych.

Liczba mikroorganizmów bezpośrednio związana jest ze stanem technicznym sieci wodociągowej oraz stagnacją wody w jej przewodach (rys. 8). Przekłada się to na ilość powstającego w sieci biofilmu, który jest środowiskiem przyjaznym dla rozwoju mikroorganizmów. Na wykresie (rys. 8) widzimy, że



Rys. 8.
Wykres zmian liczby mikroorganizmów w 22±2°C w okresie stosowania preparatu: 2017-2019
Fig. 8. Graph of changes in the number of microorganisms at 22 ± 2°C during the usage period: 2017-2019

przebieg procesu dozowania preparatu dla wszystkich badanych punktów przebiega prawidłowo. Objawia się spadkiem liczby mikroorganizmów. Jest to związane z usuwaniem warstwy biofilmu w trakcie trwania procesu. Porowata powierzchnia złogów wygładza się do osiągnięcia powierzchni pozbawionego złogów przewodu, co przekłada się również na skuteczniejszą dezynfekcję wody.

Podsumowanie

1. Na podstawie wyników badań oraz obserwacji przebiegu wykonywanych płukań można stwierdzić, że proces przebiega poprawnie. Na wykresach (rys. 2-8) widać zmiany – poprawę wartości dla badanych parametrów.
2. Dla odbiorcy wody zauważalnym efektem jest usunięcie jej zabarwienia (rdzawo brunatne wody wywołane obecnością żelaza i manganu) oraz osadów powstających w bateriach, w czajnikach, itp. Spółka w trakcie stosowania preparatu odnotowuje spadek liczby zgłoszeń konsumentów związanych ze złą jakością dostarczanej wody.
3. Woda jest bezpieczna, na co wskazuje brak przekroczeń wskaźników mikrobiologicznych w badaniach prowadzonych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia.
4. Czasy prowadzenia kontrolnych płukań sieci wodociągowej uległy skróceniu o 27%. Tym samym, zmianom podlegają czasy okresowego eksploatacyjnego płukania sieci wodociągowej oraz płukań interwencyjnych.
5. Prowadzony proces dozowania preparatu hamuje proces powstawania biofilmu na wewnętrznych powierzchniach rur wodociągowych, które są środowiskiem przyjaznym do rozwoju mikroorganizmów.

LITERATURA

[1] Kowal A.L, Świderska- Bróż M: Oczyszczanie wody, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław 2000.
[2] Macioszczyk A: Hydrogeochemia. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1987.
[3] Strona internetowa Głównego Inspektora Sanitarnego: gis.gov.pl/zywnosc-i- woda/twardosc- wody/ (dostęp 25.06.2019).
[4] Maziarka D, Krogulska B: Mętność wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego, Warszawa 2018.
[5] Maziarka D, Krogulska B: Ogólna liczba mikroorganizmów w 22°C w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Opracowanie na zlecenie Głównego Inspektoratu Sanitarnego, Warszawa 2018.
[6] Strona internetowa: www.prote.pl/ (dostęp 19.08.2019).
[7] Jaskulski J. Poprawa jakości wody przeznaczonej do spożycia z wykorzystaniem fosforanów na przykładzie SWiK Sp. z o.o. Praca końcowa SPD, Gliwice 2019.

Wyjaśnienia

Mówiąc w poniższym artykule o działaniu fosforanów w sieci, autor ma na myśli wyłącznie preparat SeaQuest. Dystrybutor preparatu tj. PROTE Technologie dla Środowiska Sp. z o.o., będący liderem rynkowym w dziedzinie kompleksowego rozwiązywania problemów wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej, nie poprzestaje jedynie na poprawie organoleptycznych parametrów wody, ale doprowadza do sytuacji, w której jakość wody na końcówkach sieci jest porównywalna do wody uzdatnionej bez konieczności budowania uciążliwych, wieloletnich planów inwestycyjnych.

■

PROTE

Zapobieganie wytrącaniu się osadu węglanu wapnia (kamienia kotłowego)

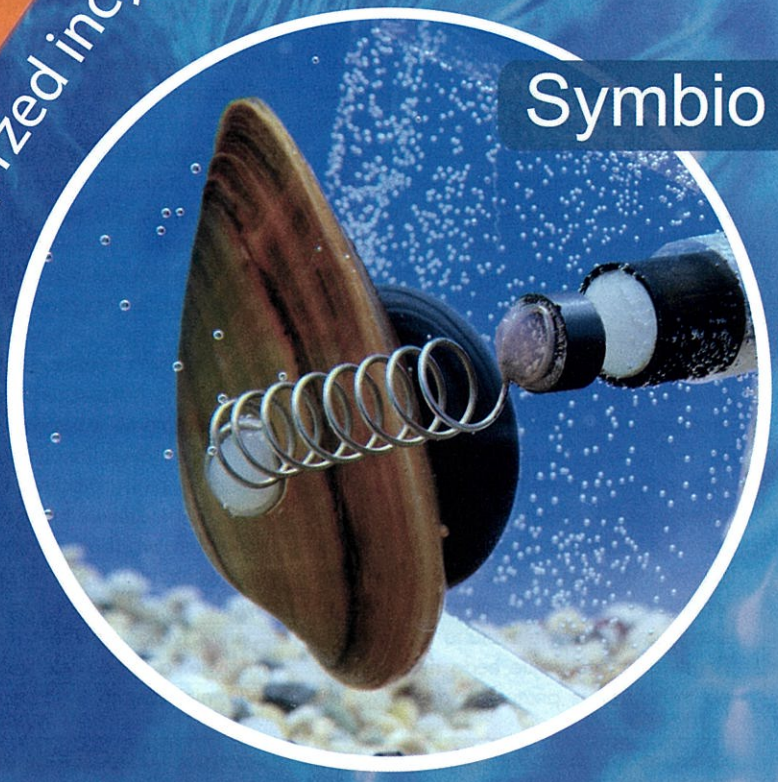
Zapobieganie wtórnemu zanieczyszczeniu wody w sieci

SeaQuest

Usługa zapobiegania wtórnemu zanieczyszczeniu dystrybuowanej wody

System wczesnego ostrzegania przed incydentalnym zanieczyszczeniem ujęć wody

Symbio



System Biomonitoringu SYMBIO

System Biomonitoringu SYMBIO w praktyce

prote.pl