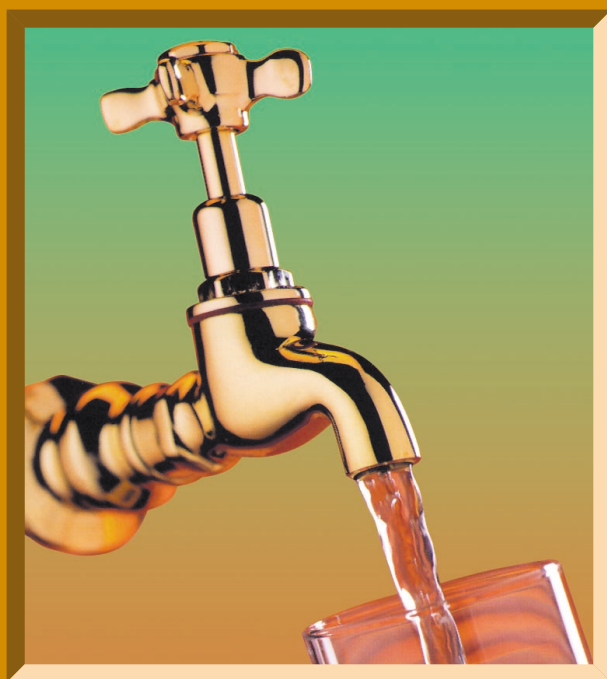


WPŁYW INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH Z M I E D Z I NA JAKOŚĆ WODY

Bożenna Toczyłowska



BIBLIOTEKA
POLSKIEGO
CENTRUM
PROMOCJI
M I E D Z I

Bożenna Toczyłowska

**WPLYW INSTALACJI
WODOCIĄGOWYCH Z MIEDZI
NA JAKOŚĆ WODY**

Polskie Centrum Promocji Miedzi
Wrocław 2004

Spis treści

Przedmowa	5
1. Wprowadzenie	7
2. Wtórne zanieczyszczenie wody w instalacjach wodociągowych	8
3. Wpływ materiału instalacyjnego na pogorszenie jakości wody wodociągowej	10
3.1 . Instalacje ze stali ocynkowanej	10
3.2 . Instalacje z miedzi	11
3.3 . Instalacje ze stali odpornych na korozję	12
3.4 . Instalacje z tworzyw sztucznych	12
3.5 . Kryteria korozyjności wody	13
3.6 . Skażenie mikrobiologiczne wody w instalacjach wodociągowych	14
4. Przepisy prawa określające odpowiedzialność za zapewnienie odpowiedniej jakości wody wodociągowej	17
5. Wpływ instalacji wodociągowych z miedzi na własności zdrowotne wody	20
5.1 . Wpływ jonów miedzi na własności zdrowotne wody do picia	20
5.2 . Bezpieczeństwo mikrobiologiczne wody z instalacji ciepłej wody	25
6. Doświadczenia z eksploatacji instalacji wodociągowych z miedzi w Polsce	26
6.1 . Trwałość instalacji	26
6.2 . Zawartość jonów miedzi w wodzie	28
6.3 . Bakterie z rodzaju <i>Legionella</i> w ciepłej wodzie	30
7. Podsumowanie	32
Bibliografia	35

Przedmowa

Inwestor lub właściciel (zarządca) budynku planując budowę lub modernizację instalacji wodociagowych musi podjąć decyzję, z jakiego materiału instalacje te będą wykonane: ze stali ocynkowanej, miedzi, stali odpornej na korozję lub z tworzywa sztucznego.

W chwili obecnej podstawowym kryterium wyboru materiału instalacyjnego jest jego cena, przy czym brany pod uwagę jest zazwyczaj tylko koszt zakupu rur, a nie całkowity koszt wykonania instalacji. Takie ograniczone podejście do problemu wyboru materiału instalacyjnego nie gwarantuje osiągnięcia dwóch podstawowych celów: zapewnienia bezawaryjnego działania instalacji w wymaganym okresie 50 lat eksploatacji oraz zapewnienia odpowiedniej jakości wody pobieranej przez ludzi.

Realizacja tych celów wymaga właściwego postępowania zarówno na etapie projektowania i wykonywania instalacji, jak i w trakcie użytkowania.

W centrum uwagi wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego oraz użytkowników instalacji powinno być zapobieganie procesom, w wyniku których następuje wtórne zanieczyszczenie wody. Zmiana składu fizykochemicznego oraz skażenie mikrobiologiczne wody w instalacjach wodociagowych może przyczynić się do stworzenia zagrożenia dla zdrowia, a nawet życia ludzi.

Decydujące znaczenie dla jakości wody w instalacjach wodociagowych ma rodzaj zastosowanego materiału instalacyjnego. Od tego, z jakiego materiału wykonane są instalacje, zależy charakter i intensywność zmian jakości wody, a także zależy jakie metody przeciwdziałania wtórnemu zanieczyszczaniu wody powinny lub mogą być podejmowane. Odpowiednie informacje na ten temat powinni posiadać wszyscy biorący udział w procesie inwestycyjnym (inwestor, projektant i wykonawca instalacji), a także właściciel (zarządca) budynku, a nawet użytkownik wody.

Wiedza o istniejących zagrożeniach i odpowiedzialności za jakośc wody nie jest dostatecznie upowszechniona, co więcej fachową wiedzę zastępują obiegowe opinie, bardzo często nieobiektywne lub po prostu nieprawdziwe.

Należy również podkreślić, że nauka dostarcza coraz to nowych danych o wtórnym zanieczyszczaniu wody w sieciach i instalacjach wodociagowych i o wpływie tego zanieczyszczenia na zdrowie ludzi. Prowadzone przez ostatnich kilkanaście lat badania naukowe pozwoliły wyjaśnić szereg wątpliwości związanych ze stosowaniem poszczególnych materiałów instalacyjnych, ale także ukazały nowe, bardzo poważne zagrożenia. Wyniki tych

badan sklonily np. do calkowitego zakazu stosowania rur olowianych do przesyly wody do picia, a takze pozwolily okreslic zagrozenie, zwiazane ze skazeniem mikrobiologicznym instalacji, m.in. spowodowanym rozwojem bakterii z rodzaju Legionella.

Udostepniona Panstwu ksiazka jest kierowana do inwestorow i wlascicieli budynkow, ktorzy planuja budowe lub wymiane instalacji wodociagowych i musza podjac trudna decyzje, jaki wybrac najlepszy material instalacyjny, unikajac zbędnych kosztow.

Zawarte tu informacje powinni rowniez wykorzystac w swojej pracy projektanci i wykonawcy instalacji wodociagowych oraz zarzadzajacy tymi instalacjami, ktorzy odpowiadaja za zapewnienie trwałości instalacji i dostarczenie odbiorcom wody odpowiedniej jakosci .

Szczegolnie duzo uwagi poswiecono problemowi jakosci wody z instalacji wodociagowych wykonanych z miedzi. Omowiono korzysci jakie wynikaja z uzytkowania instalacji z miedzi, ale takze zagrozenia dla jakosci wody i trwałości instalacji, jakie moga byc spowodowane bladami w projektowaniu, wykonywaniu i uzytkowaniu instalacji.

Przedstawiono doswiadczenia z 30-tu lat eksploatacji instalacji wodociagowych z miedzi w Polsce oraz wyniki badan nad jakoscia wody z tych instalacji.

1. Wprowadzenie - czyli co powinniśmy wiedzieć, zanim wybierzemy materiał instalacyjny

W instalacjach wodociągowych na powierzchni styku między materiałem instalacyjnym i wodą zachodzą procesy, które mogą być przyczyną wtórnego zanieczyszczenia wody pobieranej z punktów czerpalnych.

Zmiany jakości wody mogą być spowodowane uwalnianiem substancji z materiału instalacyjnego do wody (np. jonów żelaza, cynku, miedzi, monomerów) lub odrywaniem cząstek z warstw osadów zgromadzonych na powierzchniach wewnętrznych przewodów lub urządzeń, kontaktujących się z wodą (np. produkty korozji, cząstki biofilmu).

Procesy wtórnego zanieczyszczenia wody w instalacjach zachodzą we wszystkich instalacjach, bez względu na rodzaj zastosowanego materiału. Jednak charakter zachodzących zmian i ich intensywność zależą przede wszystkim od rodzaju zastosowanego materiału czy materiałów instalacyjnych oraz od wielu innych czynników, związanych ze sposobem zaprojektowania instalacji oraz warunkami ich wykonania i użytkowania.

Pogorszenie jakości wody może objawiać się zmianą wskaźników fizycznych (zwiększenie barwy, mętności) i organoleptycznych (pogorszenie smaku, pojawienie się posmaku czy zapachu), a także parametrów chemicznych (np. zwiększenia zawartości żelaza, miedzi, cynku) i parametrów mikrobiologicznych (np. namnożenie się bakterii z rodzaju *Legionella*).

Skutkiem wtórnego zanieczyszczenia wody może być niezadowolenie odbiorców z uwagi na pogorszenie własności estetycznych wody, spowodowane zbyt wysoką barwą i mętnością czy trudnym do zaakceptowania smakiem czy zapachem. Problemem może być pogorszenie własności użytkowych wody, np. płamienie prania czy urządzeń sanitarnych. Odbiorcy wody te niekorzystne zmiany mogą stwierdzić bez konieczności przeprowadzania specjalnych badań i w pewnym zakresie sami im przeciwdziałać (np. płuczac instalację). Ważniejsze jest jednak to, że procesy zachodzące w instalacjach wodociągowych, które mogą stwarzać zagrożenia dla zdrowia ludzi, mogą nie powodować widocznej zmiany barwy czy mętności i pozostawać niezidentyfikowane bez przeprowadzenia specjalistycznych badań. Do substancji, mających negatywny wpływ na zdrowie ludzi zalicza się np. metale ciężkie i monomery oraz mikroorganizmy chorobotwórcze i pasożyty.

Instalacje wodociągowe powinny być tak zaprojektowane, wykonywane i użytkowane, aby wyeliminować wszystkie możliwe zagrożenia dla jakości wody w całym okresie użytkowania instalacji.

Należy również pamiętać, że woda jest towarem, za który odbiorca płaci i ma prawo oczekiwać, że będzie on dobrej jakości. Co więcej, prawo chroni konsumenta, zarówno wtedy, gdy zagrożone jest jego zdrowie, jak również wtedy gdy towar (woda) nie spełnia deklarowanych własności użytkowych.

2. Wtórne zanieczyszczenie wody w instalacjach wodociągowych - czyli co szkodzi wodzie?

Wszelkim negatywnym zjawiskom w instalacjach wodociągowych można skutecznie zapobiegać tylko wtedy, gdy wiadomo co może być przyczyną wtórnego zanieczyszczenia wody.

Należy pamiętać, że skutki wielu zaniedbań ujawnić się mogą dopiero po wielu latach eksploatacji instalacji.

Na wtórne zanieczyszczenie wody w instalacjach wodociągowych wpływ mają czynniki bezpośrednio związane z jakością wody z sieci zewnętrznej oraz warunkami eksploatacji sieci oraz czynniki związane z procesami zachodzącymi w wewnętrznych instalacjach wodociągowych.

Projektant czy wykonawca instalacji nie mają wpływu na jakość wody z sieci wodociągowej, ale jeżeli rozumieją związek między jakością tej wody i trwałością instalacji wewnętrznych oraz znają konsekwencje, jakie z tego mogą wynikać dla zdrowia ludzi, będą umieli zapobiegać negatywnym skutkom .

Zarówno projektant jak wykonawca instalacji powinni wiedzieć, że wtórnemu zanieczyszczeniu wody w instalacjach wodociągowych sprzyja:

- migracja substancji z materiału instalacyjnego do wody (np. w wyniku korozji materiałów metalowych czy starzenia się tworzyw sztucznych),
- tworzenie się warstw osadów na powierzchniach kontaktujących się z wodą, nanoszonych z sieci wodociągowej do instalacji, pochodzących z procesów korozji samego materiału instalacyjnego lub wytrącanie się osadów z wody,
- tworzenie się biofilmu,
- odrywania się cząstek osadów/biofilmu z powierzchni przewodów/urządzeń do wody.

Wtórne zanieczyszczenie wody nastąpi, jeśli na etapie projektowania i wykonywania instalacji popełnione zostaną błędy, skutkiem czego zachodzić będą wymienione powyżej niekorzystne zjawiska. Do błędów tych zalicza się:

- wybranie materiału instalacyjnego nieodpornego na agresywne oddziaływanie wody wodociągowej,
- zastosowanie wyrobów niespełniających określonych dla nich wymagań (np. zakupienie tańszego wyrobu, ale niskiej jakości),
- nieodpowiednie połączenie różnych materiałów (np. miedzi i stali ocynkowanej) w jednej instalacji,
- brak zabezpieczenia przed naniesieniem zanieczyszczeń, np. produktów korozji, z sieci wodociągowej do instalacji (np. brak filtra na zasilaniu instalacji wodą z sieci od pierwszego napełnienia instalacji wodą),
- zanieczyszczenie instalacji w trakcie wykonywania / remontu,
- nieodpowiednie warunki uruchamiania instalacji (np. niedostateczne wypłukanie, pozostawienie opróżnionej z wody instalacji na dłuższy czas po próbie ciśnieniowej, co drastycznie przyspiesza procesy korozyjne),
- nieodpowiednie wyposażenie instalacji (np. urządzeń regulujących ciśnienie itp.),
- nieodpowiednie warunki użytkowania (nieodpowiednia temperatura, wahania temperatury oraz skrajne przepływy – stagnacja, przyptyw burzliwy),
- brak nadzoru nad instalacją w trakcie użytkowania.

Skutki nieprawidłowego zaprojektowania, wykonania i użytkowania instalacji zależą od rodzaju zastosowanego materiału instalacyjnego.

3. Wpływ materiałów instalacyjnych na pogorszenie jakości wody wodociągowej - czyli jakich problemów z wodą możemy się spodziewać w zależności od tego, jaki materiał instalacyjny wybraliśmy?

Zmiana składu fizykochemicznego wody w wyniku wtórnego jej zanieczyszczenia w instalacjach zależy od rodzaju zastosowanego materiału instalacyjnego.

Intensywność zmian zależy w dużym stopniu również od stanu technicznego przewodów i urządzeń, a także od warunków eksploatacji.

3.1. Instalacje ze stali ocynkowanej

Stal ocynkowana jest powszechnie stosowanym materiałem instalacyjnym z uwagi na niski koszt i dużą trwałość.

Podstawowym warunkiem zapewnienia odpowiedniej trwałości instalacji jest zasilanie jej wodą niekorozyjną w stosunku do tego materiału. W wyniku korozji powierzchni wewnętrznych przewodów woda może być zanieczyszczona związkami cynku, a w silnie skorodowanych instalacjach również związkami żelaza. Znaczenie dla jakości wody ma przede wszystkim obecność produktów korozji stali, powodujących wzrost barwy i mętności wody oraz pogorszenie jej smaku.

Wpływ na wtórne zanieczyszczenie wody ma prędkość przepływu wody przez przewody i czas przebywania wody w instalacji.

Dla własności zdrowotnych wody największe znaczenie ma długie zaleganie wody w instalacjach ciepłej wody. W takich warunkach woda narażona jest nie tylko na zanieczyszczenie produktami korozji, ale również oraz pogorszenie własności zdrowotnych spowodowane pojawieniem się azotynów w wyniku redukcji azotanów.

Produkty korozji odkładają się na powierzchniach wewnętrznych przewodów o najmniejszej średnicy (przewody cyrkulacyjne) lub w miejscach gdzie są warunki sprzyjające gromadzeniu osadów (przewody poziome, zasobniki ciepła). W warstwach osadów gromadzących się na powierzchniach wewnętrznych przewodów ze stali ocynkowanej panują szczególnie dobre warunki do namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella*.

3.2. Instalacje z miedzi

W instalacjach wykonanych z miedzi wtórne zanieczyszczenie wody spowodowane jest przechodzeniem jonów miedzi z powierzchni wewnętrznych przewodów do kontaktującej się z nimi wody. Nadmierny wzrost zawartości jonów miedzi w wodzie może spowodować zmianę jej smaku, który określa się jako metaliczny, surowy, gorzki. Wyraźne pogorszenie smaku wody stwierdza się przy stężeniu miedzi ok. 5 mg/l, przy czym obniżanie progu smakowego następuje wraz ze zmniejszaniem zasolenia wody. Drugim rodzajem negatywnego oddziaływania jonów miedzi w wodzie może być plamienie urządzeń sanitarnych i prania. Zjawisko takie może mieć miejsce zwłaszcza w początkowym okresie eksploatacji instalacji, w wodach o niskiej zasadowości i wysokiej zawartości siarczanów.

Badania przeprowadzone w Polsce wykazały, że problem barwienia urządzeń sanitarnych występuje bardzo rzadko, jedynie w instalacjach w których w punkcie zasilania zastosowano filtr z węglem aktywnym lub niewłaściwie przeprowadzono uruchamianie instalacji, co spowodowało zakłócenia w tworzeniu się warstw ochronnych na powierzchni wewnętrznej przewodów.

Wzrost stężenia jonów miedzi następuje po długim zaleganiu wody w instalacji. Płukanie instalacji po przerwie nocnej przez 5 – 10 minut umożliwia zmniejszenie stężenia jonów miedzi w wodzie od 5 do 10 razy.

Znaczenie jonów miedzi w wodzie do picia dla zdrowia konsumentów tej wody oraz wpływ zawartości jonów miedzi w wodzie na namnażanie się bakterii w instalacjach wodociągowych i urządzeniach będzie omówione szerzej w p. 5.

Ilość jonów miedzi przechodzących do wody, a więc również jej własności smakowe, użytkowe i zdrowotne zależą przede wszystkim od poprawności wykonania i eksploatacji instalacji, zwłaszcza w momencie oddania do użytku. Warunkiem podstawowym ograniczenia ilości jonów miedzi w wodzie jest wytworzenie w początkowym okresie pracy instalacji szczelnej powłoki ochronnej na powierzchniach wewnętrznych przewodów miedzianych. Czynnikiem zakłócającym proces tworzenia takiej powłoki są m.in. zanieczyszczenia nanoszone z sieci zewnętrznej. Skład wody (odczyn < 7,0 oraz zasadowość mniejsza niż 1 mmol/l) może być czynnikiem stymulującym procesy korozji równomiernej. Jednak zawartość jonów miedzi w wodzie będzie się zwiększać tylko wtedy, gdy popełnione zostaną błędy przy projektowaniu, wykonywaniu i uruchamianiu instalacji miedzianych, wskutek czego nie zostaną wytworzone warstwy ochronne na powierzchniach wewnętrznych przewodów.

3.3. Stale odporne na korozję

Stale odporne na korozję nie ulegają procesom, w wyniku których z ich powierzchni uwalniają się składniki, które mają wpływ na jakość wody. Wyjątek stanowią jony niklu, które przechodzą do wody bezpośrednio po uruchomieniu instalacji. Nie stanowi to jednak zagrożenia dla jakości wody w trakcie eksploatacji, gdyż wystarczy, że instalacja zostanie dokładnie wypłukana po uruchomieniu.

Instalacje wodociągowe ze stali odpornych na korozję są jednak narażone, tak jak instalacje ze wszystkich innych materiałów, na zanieczyszczenie osadami nanoszonymi z sieci wodociągowej. Warstwy osadów są miejscem sprzyjającym rozwojowi mikroorganizmów chorobotwórczych.

3.4. Tworzywa sztuczne

Tworzywa sztuczne są odporne na korozyjne oddziaływanie wody, w takim znaczeniu jak ma to miejsce w przypadku stali ocynkowanej i miedzi. Jeśli jednak korozję rozumie się jako niszczenie materiału pod wpływem oddziaływania otoczenia, to należy uznać, że również tworzywa sztuczne ulegają degradacji, w wyniku której nastąpić może pogorszenie jakości wody.

Z tworzyw sztucznych w instalacjach wodociągowych wykonywane są rury, zbiorniki, powłoki wewnętrzne zbiorników i rur, uszczelki i materiały uszczelniające. Ulegają one starzeniu, któremu sprzyja działanie różnego rodzaju energii (cieplnej, mechanicznej, świetlnej), w wyniku czego do wody mogą przenikać pewne substancje, przede wszystkim takie, które stosowane są jako domieszki np. stabilizatory lub uplastycznicze, a także uwalniające się monomery. Ilość i rodzaj substancji przenikających do wody wodociągowej i powodujących pogorszenie jej jakości zależy od rodzaju materiału (przede wszystkim od zastosowanych dodatków) oraz sposobu produkcji lub wykonania (np. w przypadku powłok wymagane jest zapewnienie odpowiedniego czasu na zakończenie procesu polimeryzacji). Większość tych substancji może zostać usunięta w procesie płukania, dlatego zasadnicze znaczenie dla jakości wody ma dokładne wypłukanie instalacji przed oddaniem do eksploatacji. W trakcie eksploatacji instalacji decydujący wpływ na pogarszanie się jakości

wody mają przede wszystkim warunki użytkowania, takie jak czas zatrzymania wody w przewodach i urządzeniach, temperatura wody, prędkość przepływu.

Pośrednim skutkiem przenikania z tworzyw sztucznych rozpuszczalników lub niezwiązanych składników organicznych jest namnażanie się bakterii na tych materiałach i powstawanie biofilmu. Warunki korzystne dla tworzenia biofilmu powstają zwłaszcza w wodzie zawierającej substancje organiczne ulegające biodegradacji oraz produkty korozji nanoszone z sieci wodociągowej, a także piasek i inne zanieczyszczenia tworzące osady gromadzące się na powierzchniach wewnętrznych przewodów, w których prędkość przepływu wody jest niska. Powstające osady charakteryzują się luźną strukturą i mogą łatwo uwalniać się do wody, powodując jej wtórne zanieczyszczenie.

Źródłem pogorszenia się jakości wody w instalacjach wodociagowych wykonanych z tworzyw sztucznych może być również zastosowanie niewłaściwej farby do pomalowania powierzchni zewnętrznych przewodów.

3.5. Kryteria korozyjności wody wobec materiałów instalacyjnych

Instalacje wodociagowe powinny być wykonywane z materiałów odpornych na korozyjne oddziaływanie wody, tak aby procesy korozji nie powodowały wtórnego zanieczyszczenia wody. Informacje o agresywności korozyjnej wody wodociągowej w stosunku do poszczególnych materiałów instalacyjnych projektant powinien uzyskać od dostawcy wody (przedsiębiorstwa wodociagowego) albo określić ją sam na podstawie składu fizykochemicznego wody, w oparciu o kryteria korozyjności.

Aktualnie brak jest formalnych kryteriów korozyjności wody w stosunku do metalowych materiałów instalacyjnych. Do czasu ustalenia takich kryteriów, należy stosować kryteria ustalone przez Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy INSTAL, dostępne w wydawnictwach Ośrodka [1,2]. Informacje uzyskać można także zwracając się bezpośrednio do COBRTI INSTAL lub do Centrum Informacji o Wyrobach z Miedzi.

3.6. Skażenie mikrobiologiczne wody w instalacjach wodociagowych

Instalacje wodociagowe mogą być miejscem namnażania się bakterii chorobotwórczych i pasożytów. Szczególną uwagę w ostatnich latach poświęca się zagrożeniu związanemu z eksploatacją instalacji ciepłej wody, w których istnieją warunki sprzyjające rozwojowi bakterii z rodzaju *Legionella*.

Bakterie te występują powszechnie w środowisku naturalnym. Wywołują chorobę zwaną legionelozą, objawiającą się zapaleniem płuc lub chorobami grypopodobnymi. Zachorowanie nastąpi wtedy, gdy do układu oddechowego człowieka przedostanie się aerozol wodny skażony bakteriami *Legionella*. Namnażaniu się bakterii w instalacjach sprzyja temperatura w zakresie 35 – 46⁰C, długi czas stagnacji wody oraz obecność biofilmu i osadów na powierzchniach kontaktujących się z wodą. Ze względu na inhalacyjny charakter zakażeń bakteriami *Legionella* niebezpieczne jest zasiedlanie przez te mikroorganizmy urządzeń wytwarzających aerozol wodno-powietrzny, m.in. takich jak prysznice, baseny perełkowe typu whirlpool i jacuzzi oraz wanny wirowe [3].

Z zagrożeniem legionelozą należy liczyć się powszechnie.

Namnażanie się bakterii może mieć miejsce, jeśli nastąpi niekorzystny ciąg zdarzeń spowodowanych błędami na etapie projektowania i wykonania instalacji, a także zaniechaniem niezbędnych działań w trakcie ich użytkowania.

Zapobieganie namnażaniu się bakterii *Legionella*, a zwłaszcza ich zwalczanie, wymaga podejmowania przez służby techniczne eksploatujące instalacje często uciążliwych działań związanych z czyszczeniem i dezynfekcją. Należy się również liczyć z koniecznością przeprowadzenia kosztownych prac modernizacyjnych. Dlatego w przypadku starych instalacji decyzje o rodzaju i zakresie niezbędnych działań powinny być podejmowane na podstawie oceny rzeczywistego ryzyka, po przeprowadzeniu analizy stanu instalacji i możliwości zastosowania odpowiednich metod technicznych.

Argumentem zasadniczym za przeprowadzeniem dezynfekcji jest stwierdzenie obecności bakterii z rodzaju *Legionella* w wodzie pobranej z instalacji na podstawie badań mikrobiologicznych. Badania takie wykonywane są w Zakładzie Higieny Komunalnej PZH.

Ocena ryzyka zachorowania zależy m.in. od liczby wykrywanych pałeczek bakterii *Legionella* w objętości wody. Zgodnie z zaleceniami PZH, zagrożenie dla zdrowia ludzi występuje przy liczbie komórek *Legionella* większej niż 10⁶ w litrze wody (cfu/l), ale już po

stwierdzeniu obecności bakterii w liczbie 10^4 - 10^5 w litrze wody (cfu/l) należy przeprowadzić czyszczenie i dezynfekcję instalacji [3].

Namnażanie się bakterii w instalacjach wody ciepłej zależy od wielu czynników.

Do najważniejszych należą takie jak: wiek instalacji, warunki eksploatacji (temperatura, prędkość przepływu, czas przebywania wody w przewodach i urządzeniach), rodzaj zastosowanych materiałów (przewody, membrany, uszczelki, powłoki ochronne), wyposażenie instalacji (zasobniki ciepłej wody, rodzaj urządzeń do przygotowania ciepłej wody), stan techniczny instalacji, jakość wody zasilającej (skłonność do wytrącania osadów, wtórne zanieczyszczenie wody w sieciach wodociagowych), stężenie i rodzaj stosowanych środków dezynfekcyjnych.

Ponadto liczba obecnych w wodzie pałeczek *Legionella* zależy może dodatkowo od takich czynników jak warunki użytkowania poszczególnych punktów poboru wody (częstotliwość poboru, temperatura wody, utrzymanie w czystości elementów armatury), a nawet pora roku czy strefa klimatyczna.

Uważa się, że istotne znaczenie dla namnażania się bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach może mieć rodzaj zastosowanego materiału instalacyjnego.

W piśmiennictwie znaleźć można doniesienia o namnażaniu się bakterii zwłaszcza na tworzywach sztucznych w wyniku przenikania z wyrobów do wody substancji niezwiązanych, stanowiących pożywkę dla bakterii. Badania przeprowadzone przez Schoenena, Colbourne'a i Roberts jednoznacznie potwierdziły, że na materiałach takich jak lateksy, gumy chlorokauczukowe, masy bitumiczne, zmiękczonej PVC, poliamidy, żywice poliestrowe i epoksydowe, cementy z dodatkiem substancji organicznych, z których wykonuje się uszczelki, membrany i powłoki, bakterie namnażają się intensywnie. Mniej jednoznaczne wyniki uzyskano w przypadku materiałów, z których wykonywane są rury. Schoenen nie stwierdził namnażania się bakterii na rurach z PVC, cPVC, PE, PP, PB, z wyjątkiem rur klejonych, gdzie na pozostałościach kleju na złączach powstawał biofilm. Inne wyniki uzyskała Roberts ze współpracownikami w badaniach, w których porównywała szybkość namnażania się bakterii *Legionella* i bakterii heterotroficznych na miedzi, cPVC, PE i PB. Przeprowadzono 21 serii prób i we wszystkich próbach maksymalna liczba bakterii *Legionella* oraz ogólna liczba bakterii zarówno w fazie wodnej jak w biofilmie była mniejsza w próbkach z elementami z miedzi, niż z tworzyw. Wyniki badań nie wskazywały jednak, aby któreś z zastosowanych tworzyw w większym stopniu niż inne sprzyjało namnażaniu się bakterii. Ponadto nie stwierdzono, aby z badanych tworzyw do wody przenikały znaczące

ilości związków organicznych (mierzonych jako wskaźnik OWO). Wg Roberts to nie większa dostępność substancji pokarmowych zadecydowała o większej szybkości tworzenia biofilmu i namnażaniu się bakterii na próbkach z tworzywami niż z miedzią, ale być może decydującym czynnikiem były mikroskopijne wgłębienia na powierzchni tworzyw sztucznych, gdzie rozpoczynał się proces tworzenia biofilmu. Można przypuszczać, że istotny wpływ na szybkość namnażania się bakterii miało również biostatyczne działanie jonów miedzi.

Wiadomo jednak, że biofilm powstać może praktycznie na każdej powierzchni mającej kontakt z wodą i bez względu na rodzaj materiału, również na powierzchni rur miedzianych. Z danych eksploatacyjnych wiadomo również, że szczególnie intensywna może być kolonizacja warstw osadów zalegających na skorodowanych powierzchniach rur stalowych .

Rodzaj materiału instalacyjnego ma wpływ nie tylko na szybkość tworzenia biofilmu, ale również decyduje o skuteczności procesu dezynfekcji, a także o możliwości zastosowania dezynfekcji termicznej (w zależności od odporności materiału na wysoką temperaturę).

4. Przepisy prawa określające odpowiedzialność za zapewnienie odpowiedniej jakości wody wodociągowej – czyli kto odpowiada za zapobieganie wtórnemu zanieczyszczeniu wody ?

Zanim woda wodociągowa zostanie wykorzystana przez odbiorcę, musi zostać przetransportowana od stacji uzdatniania do indywidualnego punktu poboru. Na drodze tej, w sieciach lub instalacjach wodociągowych, a nawet w samym punkcie poboru, woda może ulec wtórnemu zanieczyszczeniu. Przepisy prawa określają, kto i w jakim zakresie odpowiada za utrzymanie jakości wody wodociągowej.

Zasadniczy podział odpowiedzialności za jakość wody określa **ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków** [6].

W ustawie tej (art. 5.1) stwierdzono, że wymagania jakości określone przez ministra właściwego do spraw zdrowia odnoszą się do wody spożywanej przez ludzi, a więc pobieranej w indywidualnych punktach poboru.

Zgodnie z art. 5.2 ustawy za zapewnienie odpowiedniej jakości wody odpowiada dostawca wody (przedsiębiorstwo wodociągowe), natomiast za zapewnienie niezawodnego działania instalacji i przyłączy wodociągowych odpowiada odbiorca usług wodociągowych (właściciel, zarządca, dzierżawca budynku).

Ponadto o odpowiedzialności właściciela (zarządcy) budynku za bezpieczeństwo użytkowania wody z instalacji wodociągowych mówi **ustawa chorobach zakaźnych i zakażeniach** [7]. Z zapisów tej ustawy wynikają dla użytkowników nieruchomości (właścicieli, zarządców) obowiązki zapisane w Art. 13 pkt.1.: „Użytkownicy nieruchomości obowiązani są utrzymywać je w stanie sanitarnym nienaruszającym wymagań higienicznych i zdrowotnych, w tym w szczególności niestwarzającym zagrożenia przeniesienia chorób zakaźnych i zakażeń”. Z powyższego bezpośrednio wynika obowiązek zapobiegania rozwojowi mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów oraz zwalczania zakażeń w instalacjach wodociągowych. Wykazem chorób zakaźnych i zakażeń objęto chorobę zwaną legionelozą, natomiast bakterie rodzaju *Legionella pneumophila* objęte zostały wykazem biologicznych czynników chorobotwórczych. Wiadomo, że te mikroorganizmy chorobotwórcze rozwijają się m.in. w instalacjach wodociągowych, przede wszystkim wody ciepłej.

Warunkiem, aby woda nie była wtórnie zanieczyszczana w sieciach i instalacjach wodociągowych jest prawidłowe zaprojektowanie, wykonanie i użytkowanie całego systemu dystrybucji. Obowiązki w tym zakresie precyzuje **ustawa - Prawo budowlane** [8].

W art. 5.1. ustawy nakazano, aby (...) obiekt budowlany projektować, budować, użytkować i utrzymywać zgodnie z przepisami, w tym techniczno-budowlanymi, obowiązującymi Polskimi Normami oraz zasadami wiedzy technicznej, w sposób zapewniający spełnienie wymagań podstawowych dotyczących m.in. odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska (...).

Zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, warunkiem bezpiecznego korzystania przez ludzi z instalacji wodociągowych jest zapobieganie wtórnemu zanieczyszczeniu wody w tych instalacjach. Ustawa - Prawo budowlane nie wskazuje ani na konkretne problemy, ani sposoby ich rozwiązania. Deleguje natomiast do przepisów techniczno- budowlanych, do których zalicza się:

- warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie,
- warunki techniczne użytkowania budynków mieszkalnych.

W Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9] (Dział IV „Wyposażenie techniczne budynków”, rozdział 1 „Instalacje wodociągowe zimnej i ciepłej wody”) zawarte są postanowienia, zamieszczone w celu zapewnienia, że w instalacjach nie powstaną warunki sprzyjające wtórnemu zanieczyszczeniu wody. Obejmują one zalecenia dotyczące stosowania odpowiednich materiałów instalacyjnych, stosowania urządzeń zabezpieczających przed przepływem zwrotnym, zapewnienia cyrkulacji wody oraz zalecenia mające na celu zapewnienie odpowiedniej temperatury wody zimnej i ciepłej. Wymagania dotyczące cyrkulacji i temperatury wody wynikają z konieczności zapobiegania rozwojowi bakterii z rodzaju *Legionella*.

Drugim rozporządzeniem wykonawczym do ustawy – Prawo budowlane jest **Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych** [10]. Obowiązek przeciwdziałania wtórnemu zanieczyszczeniu wody w instalacjach wodociągowych w budynku wynika przede wszystkim z nakazu zawartego w powyższym rozporządzeniu, aby warunki i sposób użytkowania urządzeń technicznych i instalacji (w tym wodociągowych) nie powodowały pogorszenia właściwości użytkowych czynnika (wody wodociągowej) dostarczanego za pomocą tych urządzeń i instalacji. Ponadto w rozporządzeniu zaleca się, aby jakość

dostarczanej wody do lokali była zgodna z wartościami parametrów określonymi w stosownych przepisach i w projekcie instalacji wodociagowych.

W części dotyczącej użytkowania instalacji ciepłej wody użytkowej przepisy stanowią, że instalacja ciepłej wody użytkowej powinna, w okresie jej użytkowania, zapewniać możliwość dostarczania wody, o temperaturze określonej odrębnymi przepisami, do punktów czerpalnych, zgodnie z warunkami jej użytkowania założonymi w projekcie.

W powyższy rozporządzeniu nie wskazano na sposoby techniczne, jakie należy stosować w trakcie użytkowania instalacji, aby osiągnąć pożądaný skutek.

Przepisem, w którym sprecyzowano warunki, jakim powinna odpowiadać woda wodociagowa jest **Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi** [11].

Rozporządzenie jest wykonaniem upoważnienia ustawowego zawartego w art.13 ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków.

Rozporządzenie zawiera następujące zapisy istotne ze względu na zapobieganie wtórnemu zanieczyszczeniu wody (§ 2. 1):

- Woda powinna być bezpieczna dla zdrowia, nie powinna zawierać mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów w liczbie stanowiącej zagrożenie zdrowia.
- Woda nie powinna mieć agresywnych właściwości korozyjnych.

Ponadto w rozporządzeniu określono maksymalne dopuszczalne stężenia substancji, których obecność w wodzie związana jest z procesami wtórnego jej zanieczyszczenia w sieciach lub instalacjach wodociagowych, takie jak żelazo, cynk, miedź, metale ciężkie. Spełnienie tych wymagań będzie możliwe tylko wtedy, gdy nie wystąpią procesy powodujące wtórne zanieczyszczenie wody w instalacjach.

Zalecony powyższym rozporządzeniem monitoring kontrolny, sprawowany przez organa inspekcji sanitarnej, obejmuje zarówno badanie wody w sieci wodociagowej, jak i wody u odbiorców (75 % próbek wody pobieranej z indywidualnych punktów poboru).

Z przytoczonych przepisów jednoznacznie wynika obowiązek takiego zaprojektowania, wykonania oraz użytkowania instalacji, aby nie następowało wtórne zanieczyszczenie wody.

Brak jest aktualnych przepisów (norm, wytycznych), które by zawierały zalecenia dotyczące szczegółowych metod technicznych, gwarantujących osiągnięcie zamierzonego celu.

Ogólne wytyczne projektowania w zakresie ochrony przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych podane są w normie **PN-92/B – 01706, Instalacje wodociągowe – Wymagania w projektowaniu**. Zawarte w normie zalecenia dotyczą m.in. łączenia różnych materiałów oraz zabezpieczenia przed przepływem zwrotnym. W normie nie podano szeregu wymagań istotnych z punktu widzenia zapobiegania wtórnemu zanieczyszczeniu wody w instalacjach wodociągowych, w tym kryteriów doboru materiału instalacyjnego.

Instalacje wodociągowe powinny być projektowane, wykonywane, uruchamiane i użytkowane zgodnie z wytycznymi zapobiegania wtórnemu zanieczyszczeniu wody w instalacjach wodociągowych, opracowanymi przez Centralny Ośrodek Badawczo – Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL (w przygotowaniu do wydania w 2003 r.) [12].

5. Wpływ instalacji wodociągowych z miedzi na własności zdrowotne wody do picia

5.1. Wpływ jonów miedzi na własności zdrowotne wody do picia

W czasie przepływu wody przez wewnętrzne instalacje wodociągowe wykonane z miedzi, ma miejsce proces przechodzenia jonów miedzi z powierzchni rur do kontaktującej się z nimi wody. Zawartość jonów miedzi w wodzie do picia w instalacjach miedzianych może wahać się od setnych części mg /l do kilku mg /l Cu.

Podstawowe znaczenie dla ludzi ma wpływ jonów miedzi w wodzie do picia dla jej **własności zdrowotnych**. Zagadnienie to było przedmiotem wieloletnich badań prowadzonych pod nadzorem WHO [13,14].

Miedź jest niezbędnym do życia pierwiastkiem śladowym, dostarczany człowiekowi codziennie z pokarmem. Zapotrzebowanie dla dorosłego człowieka wynosi dziennie 2-4 mg. Spożycie jej z żywnością, w normalnych warunkach, wynosi 1-3 mg /dn. Wszystkie artykuły spożywcze zawierają pewne ilości tego pierwiastka, np. płatki owsiane 2,3÷7,4 mg Cu /kg, makarony 0,2÷4,6 mg Cu /kg, ziemniaki gotowane 1,1÷1,5 mg Cu /kg . Również w napojach, których spożywa się porównywalne ilości jak wody do picia, obecna jest miedź. W tabeli 1 podano zawartość miedzi w niektórych napojach.

Zawartość miedzi w produktach żywnościowych

	Zawartość miedzi w mg Cu /1000 ml (wartość średnia lub przeciętny zakres)
<u>Mleko matki</u>	
pierwszych 5 dni	1,34
dzień 6 ÷ 10	1,04
od 15 dnia do 15 miesiąca	0,51
<u>Mleko od krowy</u>	0,1
<u>Soki owocowe</u>	
sok jabłkowy	0,23 - 1,05
sok pomarańczowy	0,16 - 0,95
sok grejpfrutowy	0,09 - 1,00
<u>Napoje</u>	
woda mineralna	- 1,00
cola	0,3
<u>Wina</u>	
czerwone	0,1 - 0,8
białe	0,4 - 1,0
<u>Piwo</u>	0,1 - 0,3

Dla zachowania zdrowia człowieka równie istotny jest nadmiar tego pierwiastka jak i jego niedobór.

Symptomy **niedoboru miedzi** wynikają z faktu, że jest to składnik wielu ważnych enzymów. Jednym z objawów niedoboru miedzi jest choroba Menkesa, która jest rzadko dziedzicznym zaburzeniem, charakteryzującym się opóźnieniem rozwoju umysłowego, degeneracją tkanki łącznej i nieprawidłowym rozwojem kości i włosów. Niedobory miedzi są również przyczyną różnych chorób krwi (anemia), a także zmian kostnych.

Pojawiają się ostatnio przypuszczenia, że również arterioskleroza wieńcowa i choroby naczyniowe serca mogą być związane z niedoborem miedzi w diecie. Pewne dane wskazują, że zwiększone ryzyko wystąpienia chorób naczyniowych serca występuje zarówno przy bardzo wysokim jak i bardzo niskim poziomie miedzi w surowicy krwi i w pożywieniu. Jest oczywiste, że podobnie jak w przypadku innych niezbędnych do życia składników pokarmowych, tak i w przypadku miedzi jej **nadmiar** może być szkodliwy.

W literaturze swiatowej nie ma zadnych danych swiadczyacych o kancerogennoSci miedzi, jak rowniez uważa się, że miedź nie działa teratogennie, nie ma wpływu toksycznego na embriony, jak rowniez nie ma niekorzystnego wpływu na rozrodczość .

Wiadomo natomiast, że miedź w bardzo duzych dawkach jest toksyczna. Obserwowano np. występowanie ostrej anemii hemolitycznej u pacjentów dializowanych, do leczenia których użyto płynu do dializ z wysoką zawartością miedzi.

Miały miejsce rowniez ostre zatrucia po spożyciu przypadkowo lub przy próbie samobójczej duzych dawek soli miedzi .

Spożycie wysokiej dawki miedzi, znacznie wyzszej niż spotykane w wodzie do picia, może spowodować choroby przewodu pokarmowego. Objawy ostrego zatrucia miedzią, które pojawiają się gwałtownie w ciągu 5-10 minut po spożyciu, są następujące: metaliczny cierpki smak, bóle i zawroty głowy, bóle brzucha z nudnościami, wymiotami i biegunką.

W literaturze fachowej przytaczane są przykłady ostrych zatruc po spożyciu napojów z nadmierną zawartością miedzi. W tych doniesieniach wymienia się przypadki, w których stwierdzono następujące stężenia miedzi:

- 35-100 mg /l Cu - w napojach z automatów,
- 30-44 mg /l Cu - w herbacie,
- 120-135 mg /l Cu - w kwaśnych koktajlach z alkoholem,
- 30 mg /l Cu - w napoju spożytym przez dzieci przetrzymanym przez całą noc w naczyniu mosiężnym.

Jedno z pierwszych doniesień o zatruciu miedzią (z 1957 roku) dotyczyło ostrych objawów zatrucia pokarmowego, jakie wystąpiło u kilku pielęgniarek po spożyciu koktajlu z whisky zawierającego miedź, pochodzącą z naczynia do przyrządzania koktajli. Rekonstrukcja zdarzeń wskazywała, że w spożytej porcji napoju było 5,3 mg Cu. Ten przypadek jest o tyle ważny, że stał się on podstawą określenia dopuszczalnej zawartości miedzi w wodzie do picia, obowiązującej do tej pory w USA. Należy jednak podkreślić, że spożyta dawka miedzi w opisywanym przypadku była równoważna zawartości miedzi w wodzie do picia rzędu 200 mg /l.

Wszystkie opisane powyżej przypadki zatrucia miedzią nie mają nic wspólnego z wodą do picia z instalacji miedzianych.

W ostatnich latach szczególnie dużo uwagi poświęca się chorobom, których występowaniu towarzyszy wysoki poziom miedzi gromadzonej w wątrobie. Do chorób tych zalicza się chorobę Wilsona, na którą cierpią ludzie dorośli, u których zaburzony jest mechanizm regulujący metabolizm miedzi.

Choroba ta nie ma związku z ilościami miedzi dostarczanej w pożywieniu i nie można jej przeciwdziałać poprzez ograniczenie dziennej dawki tego mikroelementu, gdyż jest ona autosomatycznym recesyjnym zaburzeniem, które jest związane z chromosomem 13.

W 1984 roku pojawiły się wątpliwości odnośnie wpływu miedzi zawartej w wodzie do picia na choroby występujące u małych dzieci, takie jak wczesnodziecięca marskość wątroby występująca u dzieci hinduskich (Indian childhood cirrhosis), samoistna toksykoza miedziowa (idiopathic copper toxicosis) oraz wczesnodziecięca marskość wątroby występująca u dzieci niemieckich (German childhood cirrhosis). Powstały podejrzenia, że występowanie tych chorób związane jest z metabolizmem miedzi u niemowląt, który w przeciwieństwie do dorosłych, nie jest dobrze rozwinięty.

Zainteresowanie tymi chorobami było związane z kilkoma przypadkami jej występowania w Niemczech. Pierwszy taki przypadek stwierdzono w 1987 roku. Chorobę tę łączono z karmieniem dzieci z butelki mlekiem przygotowywanym na wodzie z kranu. Rodziny chorych dzieci najczęściej mieszkały na terenach rolniczych, zaopatrywały się w wodę z ujęć indywidualnych, przy czym woda charakteryzowała się bardzo niską wartością odczynu znacznie poniżej minimalnej wartości dopuszczalnej 6,5 pH. Zawartość miedzi w wodzie stwierdzana już w trakcie choroby wahała się od 0,4 do 15,5 mg /l Cu.

W tabelicy 2 zestawiono dane pochodzące z różnych krajów, które dotyczą przypadków występowania marskości wątroby u dzieci i zawartości miedzi w wodzie do picia. Stwierdzono, że wiele przypadków choroby opisywanych w ostatnich latach nie można powiązać z dostarczaniem dzieciom znacznych ilości miedzi w pożywieniu, co wskazuje na predyspozycje genetyczne. Potwierdza to fakt, że w kilku przypadkach choroby stwierdzonych w Niemczech zawartość miedzi w wodzie wynosiła ok. 0,4 mg /l, co odpowiada poziomowi miedzi w mleku matki (0,4-0,6 mg /l).

Na przełomie lat 80-tych i 90-tych prowadzone były zakrojone na szeroką skalę badania w Wielkiej Brytanii, USA i Niemczech, mające na celu wyjaśnienie związku między dziecięcą marskością wątroby, a zawartością miedzi w wodzie do picia.

Szczególnie ważne są wyniki badań prowadzonych w Niemczech, z uwagi na częstość występowania śmierci dzieci wiązanych z podwyższoną zawartością miedzi w wodzie do picia. Ostatecznie stwierdzono, że w powstawaniu choroby Wilsona i Menkesa i wczesnodziecięcej marskości wątroby podstawową rolę odgrywa czynnik genetyczny. Przypuszcza się, że za w/w choroby mogą być odpowiedzialne różne mutacje tego samego genu.

Występowanie dziecięcej marskości wątroby
i zawartość miedzi w wodzie do picia

Kraj	Karmienie butelką	Zawartość miedzi w tkance wątroby ($\mu\text{g/g}$ suchej masy)	Zawartość miedzi w wodzie do picia (mg/l)
USA	tak	1500	1,3
Irlandia	tak	1245	8,0 (pierwsze płukanie)
Irlandia	tak	1800	5,28 (woda gorąca, pierwsze płukanie)
Niemcy	tak	1484	0,43
Niemcy	tak	2154	2,2 ÷ 3,4
Niemcy	tak	2094	2,2 ÷ 3,4
Australia	tak	3300	6,75 (pierwsze płukanie - 0,3mg/l po 5 minutach)
Niemcy	tak	1569	26,4 (woda gorąca)
Niemcy	tak	?	12,0 (pierwsze płukanie)
Niemcy	tak	?	0,1 ÷ 0,2
Anglia	tak	1100	< 0,1
Szkocja	tak	634	0,05
Singapur	tak	?	0,05
Singapur	tak	?	0,05
Singapur	tak	?	0,05
Singapur	tak	1200	0,05
Kuwejt	nie	425	brak danych

Reasumując doniesienia o wynikach badań nad wpływem miedzi na zdrowie człowieka można stwierdzić, że:

1. Miedź jest niezbędnym do życia pierwiastkiem śladowym. Dla zachowania zdrowia człowieka równie istotny jest niedobór jak i nadmiar tego pierwiastka.
2. Niedobór miedzi w diecie może być przyczyną wielu chorób, co wynika z faktu, że miedź jest składnikiem wielu ważnych enzymów.
3. Spożycie bardzo wysokiej dawki miedzi może spowodować zaburzenia przewodu pokarmowego. Stężenie miedzi, przy którym mogą wystąpić jakiegokolwiek

dolegliwości, jest wiele razy większe niż stężenia spotykane w prawidłowo eksploatowanych instalacjach wodociągowych wykonanych z miedzi.

4. Istnieją choroby, którym towarzyszy wysoki poziom miedzi gromadzonej w wątrobie i dlatego kojarzone były z piciem wody z instalacji miedzianych. W przypadku ludzi dorosłych zależność ta została całkowicie wykluczona (choroba Wilsona). Szczególną uwagę zwrócono na choroby występujące u dzieci, takie jak wczesnodziecięca marskość wątroby, na którą najczęściej chorują dzieci niemieckie. Stwierdzono, że brak jest epidemiologicznych dowodów łączących występowanie wysokiego stężenia miedzi w wodzie z zapadalnością na w/w choroby. Przypuszcza się, że znaczącą rolę w powstawaniu tych chorób odgrywa czynnik genetyczny.
5. Na podstawie wyników długoletnich badań prowadzonych pod egidą WHO nad wpływem jonów miedzi w wodzie do picia na zdrowie ludzi w państwach Unii Europejskiej została ustalona dopuszczalna zawartość jonów miedzi w wodzie z instalacji wodociągowych z miedzi w wysokości 2 mg/l. Zgodnie z Dyrektywą 98/83/EC dotyczącą jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi wartość ta odnosi się do dawki miedzi spożytej z wodą do picia w ciągu tygodnia [15].
6. Zgodnie z obowiązującym w Polsce Rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, woda do picia z instalacji miedzianych (za taką uważa się wodę zimną) nie powinna zawierać więcej niż 2 mg/l jonów miedzi [11].

5.2. Bezpieczeństwo mikrobiologiczne wody z instalacji ciepłej wody

Bezpieczne korzystanie z wody wodociągowej zależy nie tylko od tego, czy ma odpowiedni skład chemiczny, ale również czy nie zawiera mikroorganizmów chorobotwórczych lub pasożytów. Wiadomo, że woda z instalacji wodociągowych, mimo że została poddana dezynfekcji oraz spełnia pod względem bakteriologicznym wymagania dotyczące jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, może stanowić zagrożenie dla ludzi z niej korzystających.

Najbardziej spektakularnym tego przykładem jest namnażanie się w instalacjach wody ciepłej bakterii z rodzaju *Legionella* [3]. Czynnikiem skutecznie hamującym rozwój tych bakterii są jony miedzi. Biostatyczne działanie miedzi jest dobrze znane i wykorzystywane

do dezynfekowania wody. Np. sole miedzi są dodawane do wody basenowej w celu zwalczania glonów oraz są stosowane do ochrony instalacji chłodniczych przed obrostami biologicznymi.

Do dezynfekcji wody w instalacjach wodociagowych stosuje się tzw. metodę elektrolityczną, polegającą na dodawaniu do wody jonów miedzi pochodzących z rozpuszczonej elektrody miedzianej. Dla zwiększenia skuteczności dezynfekcji najczęściej jony miedzi dodaje się łącznie z jonami srebra.

Jony miedzi działają biostatycznie również wtedy, gdy pochodzą z materiału instalacyjnego. W warunkach eksploatacyjnych działanie to może być ograniczone, jeśli na powierzchni kontaktującej się z wodą (przewodu, zbiornika, sitka w prysznicu itp.) utworzą się warstwy osadów, składające się np. z produktów korozji naniesionych z sieci wodociagowej czy związków wytrącających się z wody. W warstwach osadów panują warunki sprzyjające namnażaniu się bakterii. Ponadto bakterie obecne w osadach znacznie trudniej poddają się działaniu środków dezynfekcyjnych (także chloru).

Wybierając miedź na instalacje wodociagowe można zmniejszyć zagrożenie skażeniem mikrobiologicznym instalacji i wody, pod warunkiem prawidłowego zaprojektowania, wykonania uruchomienia i użytkowania instalacji.

6. Doświadczenia z eksploatacji instalacji wodociagowych z miedzi w Polsce

6.1. Trwałość instalacji

W 1997 roku Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej "INSTAL", działając na zlecenie Polskiego Centrum Promocji Miedzi, przeprowadził badania, w których oceniono stan instalacji ciepłej i zimnej wody wykonanych z miedzi oraz jakość wody pobieranej z tych instalacji [16].

Badaniami objęto 24 obiekty w 10 miastach, w których eksploatowano instalacje z miedzi wybudowane przed 1992 rokiem. Zgromadzono podstawowe dane techniczne o 44 instalacjach, warunkach eksploatacji oraz o ich awaryjności w całym dotychczasowym okresie eksploatacji.

Oceniane instalacje eksploatowane były od 7 do 23 lat. Stwierdzono:

1. Na 23 oceniane instalacje ciepłej wody użytkowej awarie stwierdzono w 8 obiektach, przy czym w dwóch były to nieliczne uszkodzenia mechaniczne, objawiające się w postaci rozszczelnienia połączeń lutowanych. W pozostałych sześciu instalacjach : w dwóch w Warszawie, i po jednej w Gdańsku, Gdyni, Krakowie i Mrągowie, stwierdzono awarie powstałe w wyniku perforacji rur.
2. W ocenianych instalacjach zimnej wody stwierdzono nieliczne uszkodzenia korozyjne w dwóch obiektach , w przewodach poziomych zasilających piony.
3. Wszystkie faktycznie stwierdzone przypadki uszkodzeń instalacji wodociagowych wykonanych z miedzi wystąpiły w obiektach zasilanych wodą spełniającą warunki, przy których prawdopodobieństwo wystąpienia korozji związanej z oddziaływaniem wody jest małe.
4. Nie odnotowano przypadków awarii w instalacjach zasilanych wodą o składzie, który określa się jako sprzyjający procesom korozyjnym (we Wrocławiu, czy w instalacjach zasilanych wodą ze studni głębinowych).
5. W oparciu o analizę warunków eksploatacji instalacji, w których odnotowano perforacje przewodów, można przypuszczać, że jedną z głównych przyczyn powstałych uszkodzeń była obecność w wodzie doprowadzanej z sieci miejskiej dużych ilości zanieczyszczeń np. produktów korozji (np. w Warszawie i Krakowie).

Stopień zagrożenia korozją wżerową eksploatowanych instalacji oceniano na podstawie stanu powierzchni wewnętrznych przewodów, określając ilość i rodzaj osadów oraz rodzaj i wielkość wżerów, które ujawniają się po usunięciu kwasem solnym osadów pokrywających powierzchnię wewnętrzną rury.

Z wytypowanych instalacji pozyskano wycinki rur w celu dokonania oceny wyglądu powierzchni wewnętrznych przewodów. Analizą objęto dodatkowo wycinki z instalacji wymienianych po 70-100 latach eksploatacji we Wrocławiu.

Łącznie oceniono 11 wycinków z instalacji ciepłej wody użytkowej i 12 wycinków z instalacji wody zimnej. Wiek instalacji wynosił od 7 do 100 lat.

Badane wycinki pochodziły zarówno z instalacji, w których odnotowano uszkodzenia korozyjne lub mechaniczne, jak również takie, w których od początku eksploatacji nie stwierdzono żadnych awarii. Stwierdzono, że powierzchnie wewnętrzne wszystkich wycinków pokryte były cienką, gładką warstwą osadów składających się głównie z tlenków miedzi.

Po usunięciu osadów przez zanurzenie w 5% HCl stwierdzono, że stan powierzchni wszystkich badanych wycinków oglądany nieuzbrojonym okiem i pod powiększeniem x 20 był bardzo dobry i nie wskazywał, aby w ocenianych instalacjach zachodziły procesy korozyjne, z wyjątkiem jednej próbki (z instalacji zimnej wody w Warszawie), której powierzchnia pokryta była licznymi, ale małymi i płytkimi wżerami.

Wybrane próbki poddane były dodatkowo analizie metaloznawczej, wykonanej w Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach, której wyniki potwierdziły, że we wszystkich przypadkach, niezależnie od czasu eksploatacji rur i rodzaju korozji, głębokość korozyjnego oddziaływania była niewielka, nie zagrażająca trwałości instalacji [17].

6.2. Zawartość jonów miedzi w wodzie

W Zakładzie Inżynierii Materiałowej i Technologii Wody Centralnego Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Techniki Instalacyjnej "INSTAL", na zlecenie Polskiego Centrum Promocji Miedzi, w latach 1997/98 przeprowadzono na terenie Polski badania jakości wody z wewnętrznych instalacji wodociagowych wykonanych z miedzi [18].

Oceną objęto 21 obiektów: w Warszawie, we Wrocławiu, Jeleniej Górze i w miejscowościach podwarszawskich.

Badaniami objęto budynki mieszkalne wielorodzinne oraz budynki użyteczności publicznej (banki, hotele, biurowce, szpitale, przychodnie zdrowia). W jednym przypadku ocena dotyczyła prywatnej rozległej rezydencji. Wiek badanych instalacji wynosił od 1 m-ca do 24 lat.

Łącznie przebadano wodę z 21 instalacji c.w.u. i 21 instalacji z.w. Ocenę przeprowadzono na podstawie wyników analiz 955 próbek wody.

Sposób pobierania próbek wody był taki, aby oznaczone wartości średnie odzwierciedlały możliwie dokładnie rzeczywisty poziom wartości średnich dobowych stężeń miedzi, dostarczanej z wodą do organizmu konsumenta.

Stwierdzono:

1. Zawartość miedzi w poszczególnych badanych próbkach wody wahała się w szerokich granicach od wartości minimalnej 0,00 mg Cu/l do maksymalnej 4,9 mg Cu/l. Jednak wartości ekstremalne powyżej 2,0 mg /l oraz mniejsze niż 0,1 mg /l występowały stosunkowo rzadko (stanowiły nie więcej niż 5% próbek).

Stężenie miedzi w wodzie zależało przede wszystkim od warunków, w jakich pobierana była próbka, tzn. od miejsca poboru, godziny, wstępnego płukania instalacji itp.

2. Oznaczone średnie stężenia dobowe miedzi w badanych wodach wyniosły:

- Warszawa : - instalacje c.w.u. - 1,0 mg Cu/l, - instalacje z.w. - 0,7 mg Cu/l .
- Wrocław : - instalacje c.w.u. - 0,68 mg Cu/l , - instalacje z.w. - 0,68 mg Cu/l .
- W wodach z instalacji zasilanych wodami ze studni głębinowych: - szpital - 0,17 mg Cu/l - hotel - 0,74 mg Cu/l, - rezydencja - 2,1 mg Cu/l
- Jelenia Góra : - instalacja c.w.u. - 2,26 mg Cu/l, instalacja z.w. - 2.06 mg Cu/l.

Stwierdzono, że najmniejsze stężenia jonów miedzi wystąpiły w wodach w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i szpitalach, a największe - w budynkach gdzie zużycie wody jest małe (banki, biurowce, rozległy budynek jednorodzinny, przychodnia zdrowia).

Na podstawie przeprowadzonych badań jakości wody z instalacji wodociagowych wykonanych z miedzi stwierdzono:

1. W wodach z prawidłowo wykonanych i eksploatowanych w Polsce miedzianych instalacji wodociagowych oraz zasilanych wodą spełniającą wymagania jakości wody do picia, jony miedzi występują w stężeniach (średnie dobowe < 1,0 mg Cu/l) zdecydowanie niższych niż określone jako dopuszczalne w przepisach, a więc wody z tych instalacji należy uznać za całkowicie bezpieczne dla konsumentów.
2. Nie stwierdzono bezpośredniego związku między składem wody wodociagowej zasilającej instalacje, a zawartością miedzi w wodzie instalacyjnej, jeśli tylko woda spełnia wymagania jakości wody do picia.
3. Nie ma bezpośredniego związku między wiekiem instalacji, a stężeniem miedzi w wodzie pobieranej z instalacji.
4. Najskuteczniejszą metodą prowadzącą do radykalnego ograniczenia ilości miedzi przechodzącej z powierzchni wewnętrznych przewodów do wody, jest stworzenie warunków sprzyjających wytworzeniu szczelnych warstw ochronnych w początkowym okresie eksploatacji instalacji. Warstwy ochronne mogą składać się przede wszystkim z tlenków miedzi, ale także np. z węglanu wapnia lub innych związków.
5. Podstawowym czynnikiem decydującym o trwałości instalacji i jakości wody z miedzianych instalacji wodociagowych jest przestrzeganie warunków uruchamiania i początkowej eksploatacji instalacji.

6. W instalacjach wykonanych z miedzi nie należy stosować filtrów węglowych na doprowadzeniu wody do budynku.

6.3. Bakterie z rodzaju *Legionella* w ciepłej wodzie

Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL we współpracy z PZH przeprowadził badania w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella* w próbkach wody pobranej z instalacji ciepłej wody użytkowej w wielopiętrowych budynkach mieszkalnych. Celem badania było stwierdzenie, czy badane instalacje są skażone bakteriami z rodzaju *Legionella* i czy w warunkach eksploatacyjnych zastosowany materiał instalacyjny ma istotny wpływ na liczbę wykrywanych pałeczek *Legionella* [19].

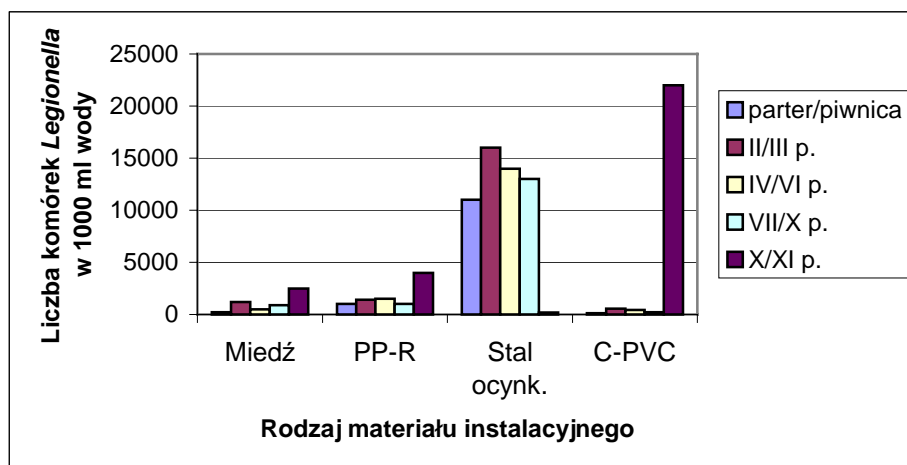
Do badań w kierunku wykrywania pałeczek *Legionella* pobrano 20 próbek wody pochodzącej z pryszniców w łazienkach mieszkańców (17) lub kranów w pralni (1) i w piwnicach (2) oraz 4 próbki wymazów z wewnętrznych powierzchni rur. Próbki zostały pobrane w czerwcu i sierpniu 2000 r. w czterech budynkach mieszkalnych. Wiek instalacji wynosił 5 – 8 lat, budynki zasilane były z tego samego przewodu magistralnego sieci wodociągowej, wysokość budynków wynosiła 9 – 11 pięter, instalacje nie były wyposażone w zasobniki ciepłej wody. Instalacje ciepłej wody wykonane były z rur miedzianych (poziomy z polipropylenu), z rur z polipropylenu PP-R, rur stalowych ocynkowanych oraz z rur z nieplastyfikowanego polichlorku winylu C-PVC, łączonych metodą klejenia.

Wyniki badań zobrazowano graficznie na rysunku 1. Poszczególne słupki przedstawiają oznaczoną w 1 litrze wody pobranej na różnych kondygnacjach budynków liczbę komórek *Legionella pneumophila*. Dla każdego materiału instalacyjnego umieszczono na rysunku po pięć wyników oznaczeń w kolejności od najniższej do najwyższej kondygnacji. Dla oceny stopnia skażenia instalacji należy wziąć pod uwagę dwie wartości: przeciętną liczbę wykrytych bakterii w próbkach wody pobranych z punktów poboru stale używanych oraz maksymalną liczbę bakterii wykrytych w pojedynczej próbce, jeśli znacznie odbiega od średniej. Pierwsza wartość określa stopień skażenia całej instalacji, a druga – pojedynczego punktu poboru.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono:

1. We wszystkich pobranych próbkach wody z instalacji c.w.u. były obecne bakterie *Legionella pneumophila* serogrupy 2-14.
2. Nie wykryto najbardziej niebezpiecznej pod względem zdrowotnym *Legionella pneumophila* serogrupy 1 (powoduje zapalenie płuc).
3. Liczba wykrywanych pałeczek *Legionella* w próbkach wody pobranych w lokalach mieszkalnych średnio wyniosła:
 - z instalacji z rur miedzianych (wiek 7 lat) – $7,0 \times 10^2$ cfu/l
 - z instalacji z rur PP-R (wiek 7 lat) – $1,8 \times 10^3$ cfu/l
 - z instalacji ze stali ocynkowanej (wiek 8 lat) – $1,1 \times 10^4$ cfu/l
 - z instalacji z C-PVC (wiek 5 lat) – $4,0 \times 10^2$ cfu/l (średnia dla instalacji) i $2,2 \times 10^4$ cfu/l (wartość maksymalna w pojedynczym punkcie poboru).
4. W wymazach pobranych z powierzchni wewnętrznych rur stwierdzono obecność bakterii *Legionella pneumophila* we wszystkich próbkach, z wyjątkiem próbki pobranej z instalacji wykonanej z miedzi. W próbkach wymazów liczba komórek *Legionella pneumophila* wahała się od 2 cfu (C-PVC) do $2,4 \times 10^2$ cfu (PP-R) w 1 litrze wody.

Rys.1 Porównanie liczby bakterii z rodzaju *Legionella pneumophila* występujących w próbkach wody z instalacji ciepłej wody



Wnioski:

- Badania w kierunku wykrywania bakterii z rodzaju *Legionella* w wodzie z instalacji c.w.u. w budynkach mieszkalnych wykazały obecnośc bakterii *Legionella pneumophila* serogrupy 2-14 we wszystkich pobranych próbkach wody.
- Największe skażenie całej instalacji (średnio $1,1 \times 10^4$ cfu/l) stwierdzono w skorodowanej instalacji wykonanej ze stali ocynkowanej. Taki stopień skażenia stanowi duże ryzyko zakażenia ludzi.
- Największe skażenie sporadyczne (pojedynczego punktu poboru – $2,2 \times 10^4$ cfu/l) stwierdzono w instalacji wykonanej z klejonych rur C-PVC, przy czy cała instalacja skażona było w stopniu nieznacznym (4×10^2 cfu/l).
- Stopień skażenia wody z instalacji wykonanych z miedzi i PP-R był zbliżony i należy uznać go za niski, nie stwarzający bezpośredniego zagrożenia dla osób korzystających z pryszniców. W przypadku utrzymywania się tego poziomu skażenia, należy przeprowadzić czyszczenie i dezynfekcję instalacji.

Stwierdzono, że występuje istotna korelacja między zanieczyszczeniem powierzchni przewodów osadami (ocenionym na podstawie liczby cząstek stałych $> 5 \mu\text{m}$ odrywanych z warstw osadów pokrywających powierzchnie kontaktujące się z wodą, takich jak strzępki biofilmu, produkty korozji itp.), a liczbą wykrywanych komórek *Legionella* w badanych próbkach wody.

7. Podsumowanie – czyli jak zapewnić dobrą jakośc wody z instalacji wodociagowej ?

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi w Polsce przepisami, instalacje wodociagowe powinny być tak zaprojektowane, wykonane i użytkowane, aby odbiorca miał zapewnioną wodę nie budzącą zastrzeżeń ze względu na wygląd, smak i zapach oraz nie zagrażającą zdrowiu.

Aby cel ten został osiągnięty, woda w instalacjach wodociagowych nie może zostać wtórnie zanieczyszczona. Pogorszenie jakości wody może być spowodowane zmianą jej składu fizykochemicznego lub skażeniem mikrobiologicznym. Woda pobierana z indywidualnych punktów czerpalnych musi spełniać wymagania określone przez Ministra Zdrowia, dotyczące

jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Ponadto istnieje ustawowy obowiązek zapobiegania skażeniu instalacji wody ciepłej bakteriami z rodzaju *Legionella*, mogącymi wywołać chorobę legionelozę (zapalenie płuc).

Woda w każdej instalacji wodociągowej narażona jest na wtórne zanieczyszczenie, niezależnie od tego, z jakiego materiału jest wykonana. Natomiast materiał instalacyjny ma wpływ na charakter zmian jakości wody wodociągowej oraz intensywność tych zmian.

Najbardziej widoczne dla odbiorców jest pogarszanie się jakości wody w instalacjach ze stali ocynkowanej, jeżeli woda jest agresywna w stosunku do tego materiału. W Polsce 2/3 wód wodociągowych ma takie własności. Wtórne zanieczyszczenie wody produktami korozji stali i cynku powoduje pogorszenie wyglądu wody i obniża jej cechy użytkowe, ale przede wszystkim zwiększa się prawdopodobieństwo namnażania w warstwach osadów bakterii z rodzaju *Legionella*. Mała jest też skuteczność dezynfekcji skorodowanych instalacji ze stali ocynkowanej.

W przypadku wody z instalacji wodociągowych z miedzi, zmiana jej jakości spowodowana jest przenikaniem jonów miedzi z powierzchni przewodów do wody. Jeśli stężenie jonów miedzi nie jest za wysokie (dopuszczalna zawartość 2 mg/l), to ich obecność w wodzie jest korzystna z uwagi na hamowanie rozwoju bakterii chorobotwórczych (w tym bakterii z rodzaju *Legionella*). Przekroczenie dopuszczalnego stężenia jonów miedzi może spowodować pogorszenie smaku wody i plamienie urządzeń sanitarnych, ale zasadniczo tylko wtedy, gdy podwyższona zawartość jonów miedzi utrzymuje się po wypłukaniu instalacji. Zjawisko takie może mieć miejsce, gdy jednocześnie wystąpią dwa czynniki: woda zasilająca instalacje charakteryzować się będzie niską wartością odczynu $< 7,0$ pH i niską zasadowością $< 1,0$ mmol/l oraz w momencie uruchomienia instalacji i w początkowym okresie eksploatacji popełnione będą błędy, skutkiem czego na powierzchniach wewnętrznych przewodów nie wytworzy się szczelna warstwa ochronna, ściśle związana z powierzchnią przewodu. W Polsce wód wodociągowych o składzie, który nie sprzyja powstawaniu warstw ochronnych na powierzchniach wewnętrznych rur miedzianych jest ok. 10 %.

Istotną zaletą instalacji wodociągowych z miedzi jest możliwość przeprowadzania dezynfekcji termicznej, w celu zwalczanie bakterii z rodzaju *Legionella*, bez żadnych negatywnych skutków dla trwałości instalacji.

W przypadku instalacji wykonanych z miedzi, czas działa na ich korzyść, tzn. w miarę upływu czasu ilość jonów miedzi uwalnianych do wody zmniejsza się, pod warunkiem właściwego zaprojektowania i eksploataowania instalacji.

W instalacjach z tworzyw sztucznych w pierwszych latach eksploatacji, o ile tylko zapewniono odpowiednie płukanie przewodów, pogarszanie się jakości wody nie powinno mieć miejsca. W miarę upływu czasu na powierzchniach wewnętrznych przewodów powstawać może biofilm, w którym panują korzystne warunki do namnażania się mikroorganizmów chorobotwórczych. Starzenie się materiału instalacyjnego sprzyjać może uwalnianiu się substancji, stanowiących pożywkę dla mikroorganizmów. Proces starzenia się tworzyw sztucznych może być przyspieszony, jeśli będzie stosowana dezynfekcja termiczna. W miarę upływu czasu eksploatacji, potencjalnie niekorzystny wpływ materiału instalacyjnego na jakość wody może się zwiększać.

W instalacjach ze stali odpornych na korozję materiał instalacyjny nie stymuluje procesów, które mogą pogarszać jakość wody. W przypadku powstania biofilmu na powierzchniach kontaktujących się z wodą, rozwój mikroorganizmów w biofilmie nie jest ani hamowany ani przyspieszany.

Reasumując należy stwierdzić, że decydujący wpływ na utrzymanie odpowiedniej jakości wody w instalacjach wodociągowych ma zastosowany materiał instalacyjny. Przy wyborze materiału na instalacje wodociągowe należy brać pod uwagę szereg czynników, ale przede wszystkim agresywność korozyjną wody zasilającej instalację, ocenę ryzyka dla ludzi w przypadku, gdyby nastąpiło skażenie mikrobiologiczne wody, a także wymagania dotyczące przeprowadzania dezynfekcji termicznej instalacji i urządzeń.

Problem zapobiegania rozwojowi mikroorganizmów chorobotwórczych w instalacjach wodociągowych oraz ich zwalczania jest w Polsce nadal niedoceniany, mimo że takie działania jest nakazane przez prawo. Badania przeprowadzone w Warszawie nad skażeniem instalacji ciepłej wody w budynkach mieszkalnych bakteriami z rodzaju *Legionella* potwierdziły, że z zagrożeniem związanym z namnażaniem się tego rodzaju bakterii należy liczyć się powszechnie.

Bez względu na rodzaj zastosowanego materiału instalacyjnego, jakość wody pobieranej przez ludzi, ich komfort życia, a także zdrowie zależą od tego, czy instalacja była właściwie zaprojektowana, wykonana, uruchomiona, a także użytkowana.

Bibliografia

1. Zalecenia dla projektantów instalacji zimnej i ciepłej wody wodociagowej oraz wodnych instalacji ogrzewczych w zakresie wyboru i łączenia materiałów, uwzględniające agresywność korozyjną wód wodociagowych w 52 miastach w Polsce. Wyd. Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie", Warszawa, 2001
2. Wewnętrzne instalacje wodociagowe, ogrzewcze i gazowe z rur miedzianych – wytyczne stosowania i projektowania. Wyd. Ośrodek Informacji "Technika instalacyjna w budownictwie", Warszawa, 1996
3. Krogulska B., Matuszewska R.: Bakterie z rodzaju *Legionella* w ciepłych wodach użytkowych – występowanie, zagrożenia zdrowotne, zwalczanie i zapobieganie. V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”, Poznań-Gdańsk, 26-28.06.2002
4. Rogers J., Dowsett A.B., Dennis P.J., Lee J.V., Keevil C.W.: Influence of Temperature and Plumbing Material Selection on Biofilm Formation and Growth of *Legionella pneumophila* in a Model Potable Water System Containing Complex Microbial Flora. *Applied And Environmental Microbiology*, 1994, 5, 1585-1592
5. Rogers J., Dowsett A.B., Dennis P.J., Lee J.V., Keevil C.W.: Influence of Plumbing Materials on Biofilm Formation and Growth of *Legionella pneumophila* in Potable Water Systems. *Applied And Environmental Microbiology*, 1994, 6, 1842-1851
6. Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (Dz. U. Nr 72, poz. 747)
7. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o chorobach zakaźnych i zakażeniach (Dz. U. Nr 126, poz. 1384)
8. Ustawa - Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 roku (Dz. U. Nr 89, poz. 414; jednolity tekst ustawy - Prawo budowlane z dnia 10 listopada 2000 roku Dz. U. Nr 106, poz. 1126 z późniejszymi zmianami)
9. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690)
10. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 sierpnia 1999 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania budynków mieszkalnych (Dz. U. Nr 74, poz. 836)

11. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 203, poz. 1718)
12. Toczyłowska B., Rutkiewicz A.: „Wytyczne zapobiegania wtórnemu zanieczyszczeniu wody w instalacjach wodociągowych w budynkach w świetle zaleceń dyrektyw Unii Europejskiej oraz zharmonizowanych z nimi norm i przepisów krajowych” proj. nr NMT/059/2002, COBRTI INSTAL, Warszawa, 2002 (praca niepublikowana)
13. Fewtrell L., Kay D.: Copper in Drinking Water: An Appraisal of Health Effects and Current Standards. Centre for Research into Environment and Health. University of Leeds, 1995
14. Report on WHO-IPCS Meeting. Environmental Health Criteria for Copper. 24-28.06.1996, Brisbane
15. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities L 330/32 of 5.12.98
16. Toczyłowska B., Górecki A., Rutkiewicz A., Czarnowska M., Fedorczyk Z.: Ocena stanu instalacji wodociągowych wykonanych z miedzi. Mat. konf. „Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowo – kanalizacyjnych” Ustroń, 24-25 lutego 2000 r.
17. Joszt K., Malec W., Jurasz P.: Miedziane instalacje wodne w budownictwie. Rynek Instalacyjny, 1998, nr 12, ss. 76-79
18. Toczyłowska B., Czarnowska M.: Badanie zawartości jonów miedzi w wodzie z wewnętrznych instalacji wodociągowych wykonanych z rur miedzianych. *Informacja INSTAL*, 1999, nr 2, ss. 48 – 50.
19. Toczyłowska, B., Rutkiewicz, A., Krogulska, B., Matuszewska R.: Występowanie bakterii z rodzaju *Legionella* w instalacjach ciepłej wody użytkowej i w wodzie basenowej – zapobieganie legionelozie. V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zaopatrzenie w wodę i jakość wód”, Poznań – Gdańsk, 26-28.06.2002

M I E D Ź
M A Ą D R Y
W Y B Ó R



Polskie Centrum Promocji Miedzi
50-136 Wrocław, Pl. 1 Maja 1-2
www.miedz.org.pl