

prof. dr hab. inż. **Sławczo Denczew**<sup>1</sup>  
mgr inż. **Grzegorz Serejko**<sup>2</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 16.05.2016;  
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 05.09.2016;  
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2016;

## Ocena jakości wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne w aspekcie jej oddziaływania na stan techniczny urządzeń<sup>3</sup>

### Evaluation of Water Quality which Supply Sprinkler Systems in Terms of its Impact on the Condition of Equipment

### Оценка качества воды, снабжающей автоматические стационарные установки водяного пожаротушения, относительно ее влияния на техническое состояние оборудования

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu było przedstawienie wyników badań porównawczych wody wodociągowej oraz wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne pobranej z wybranych obiektów budowlanych. Wyboru obiektów budowlanych dokonano na podstawie ich wzajemnej lokalizacji, przeznaczenia i pełnionych funkcji. Ponadto podjęto próbę określenia istotnych parametrów wody wpływających na jej korozyjny charakter wobec komponentów stałych urządzeń gaśniczych wodnych.

**Metody:** Do oceny parametrów wody wodociągowej zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne wbudowywane w wybrane wielkopowierzchniowe obiekty handlowe wykorzystano metodę stężeń charakterystycznych. Metoda ta polega na obliczaniu średniej arytmetycznej z najmniej korzystnych wyników badań w ciągu roku. Pomocniczo wykorzystano metodę bezpośrednią do oceny zmian stężeń wybranych parametrów w ciągu roku.

**Wyniki:** Uzyskane wyniki badań potwierdziły znaczną zmienność parametrów wody wodociągowej zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne. Nawet woda niewykazująca korozyjnego charakteru w sieci wodociągowej może powodować korozję w obrębie stałych urządzeń gaśniczych wodnych. W porównaniu do badań wody wodociągowej w wodzie pobranej z instalacji odnotowano znaczący spadek jej twardości – dla stężeń maksymalnych rzędu 35%, a dla minimalnych rzędu 7%. Z obserwowano także znaczący wzrost stężeń siarczynów odpowiednio 91% i 233% dla stężeń minimalnych i maksymalnych. Ponadto odnotowano zmianę wartości przewodności, wzrost o około 10% dla wartości maksymalnych i spadek o 2% dla minimalnych. Podobnie jak w przypadku parametru przewodności odnotowano zmiany odczynu wody oraz zaobserwowano nietypową i trudną do dalszej interpretacji sytuację dla stężeń chloru.

**Wnioski:** Na podstawie zaprezentowanych wyników stwierdzono znaczną zmianę parametrów wody zasilającej po wprowadzeniu jej do systemu instalacji tryskaczowej. Do dalszej analizy konieczne jest wyznaczenie indeksów korozyjności wody Langeliera (IL), Ryznara (IR) oraz Larsona-Skolda w celu określenia korozyjnego charakteru pobranej wody zasilającej instalację tryskaczową. Konieczne są dalsze badania nad poszukiwaniem parametrów lub parametru wody, który jednoznacznie mógłby wskazywać na jej korozyjny charakter. Uzyskane wyniki w toku przyszłych badań mogą być podstawą do opracowania metody eksploatacji stałych urządzeń gaśniczych wodnych, zapewniającej możliwie najwyższą skuteczność działania.

**Słowa kluczowe:** jakość wody, instalacje tryskaczowe, korozja

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of the article was to present test results of water supplying fixed water firefighting equipment installed in selected buildings. The buildings were selected based on their mutual location, purpose and performed functions. In addition, an attempt was made to determine the important water parameters which influence its corrosive nature which in turn affects components of the fixed water firefighting equipment.

**Methods:** To evaluate the parameters of water which supplies fixed water firefighting equipment installed in selected large-format commercial buildings a method of characteristic concentrations was used. This method involves calculating the arithmetic mean of the least favorable test results during one year. A direct method was used incidentally for assessing changes in concentrations of selected parameters within a year.

<sup>1</sup> Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of Fire Service, s.denczew@sgsp.edu.pl;

<sup>2</sup> Politechnika Warszawska / Warsaw University of Technology;

<sup>3</sup> Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

**Results:** The obtained results confirmed significant variability of water supplying fixed water firefighting equipment. The supply water changes its characteristics when influenced by many factors, and although the water supply is not of corrosive nature, within the pipes and equipment of fixed water firefighting equipment it may become corrosive. There has been a significant decrease in water hardness for peak concentrations of 35%, for a minimum of 7%, a significant increase of the concentration of sulfites respectively 91% and 233% for minimum and maximum concentrations. Moreover, the change of conductivity was observed, as well as an increase of approximately 10% for maximum values and a decrease of 2% for the minimum. Similarly to the conductivity parameter, changes in water pH were observed, as well as an unusual situation for concentrations of chlorine, which is difficult for further interpretation.

**Conclusions:** Significant changes in the parameters of feed water were observed when it was supplied to the sprinkler system pipes. For further analysis, it was necessary to designate indexes of corrosiveness of water like Langelier (IL), Ryznar (IR) and Larson-Skold in order to determine the corrosive nature of water which supplies the sprinkler system. Further research is needed in order to search the parameters or the parameter of water, which could clearly indicate the corrosive character of water. The results obtained in the course of future research can be the basis for the development of a method of operation of fixed water firefighting equipment, which will ensure the highest possible reliability.

**Key words:** water quality, sprinklers systems, corrosion

**Type of article:** original scientific article

## АННОТАЦИЯ

**Цель:** Цель данной статьи – представить результаты исследований воды, снабжающей автоматические стационарные установки водяного пожаротушения, встроенные в выбранные строительные объекты. Выбор зданий был проведен на основе их взаимного расположения, назначения и выполняемых ими функций. Кроме того, была предпринята попытка определить важнейшие параметры воды, влияющие на ее коррозионную способность относительно компонентов автоматических стационарных установок водяного пожаротушения.

**Методы:** Для оценки параметров воды, снабжающей автоматические стационарные установки водяного пожаротушения встроенные в выбранные многоэтажные торговые здания, был использован метод характеристических концентраций. Этот метод включает в себя вычисление среднего арифметического среди наименее благоприятных результатов испытаний в течение года. Дополнительно прямой метод был использован для оценки изменений в концентрации выбранных параметров в течение года.

**Результаты:** Полученные результаты подтвердили значительную изменчивость параметров воды, снабжающей стационарные установки водяного пожаротушения. Введенная в устройства вода меняет свои параметры под влиянием многих факторов, и, хотя в водопроводной сети не проявляет коррозионной способности, в пределах труб и оборудования стационарных автоматических установок пожаротушения может её проявить. Было зафиксировано значительное уменьшение жесткости воды при максимальной концентрации на уровне 35%, при минимальных – 7%. Также было обнаружено значительное увеличение концентрации сульфитов 91% и 233% соответственно для минимальной и максимальной концентрации. Кроме того, было замечено изменение проводимости, увеличение примерно на 10% для максимальных значений и снижение на 2% для минимальных. Аналогично проводимости было замечено изменение pH воды и необычная ситуация для концентраций хлора, трудной для дальнейшей интерпретации.

**Выводы:** На основе представленных результатов было установлено существенное изменение параметров воды после ее введения в систему проводов sprinklerной инсталляции. Для дальнейшего анализа необходимо определить индексы коррозионной активности воды Ланжелье (IL) Ризнера (IR) и Ларсона-Скольда для определения коррозионной способности воды в системе sprinklerной инсталляции. Необходимы дальнейшие исследования для поиска параметров или параметра воды, которые ясно свидетельствовали бы о коррозионной способности воды. Результаты, полученные в ходе будущих исследований могут стать основой для разработки метода эксплуатации стационарной автоматической установки водяного пожаротушения, обеспечивающей максимально возможную эффективность стационарных установок пожаротушения.

**Ключевые слова:** качество воды, sprinklerная система, коррозия

**Вид статьи:** оригинальная научная статья

## 1. Wprowadzenie

Lata dziewięćdziesiąte XX wieku to okres wielu reform społeczno-gospodarczych sprzyjających rozwojowi gospodarki rynkowej. Przemiany strukturalne najszybciej objęły strefę handlu. Ówczesne warunki gospodarcze pozwoliły zarówno na swobodne powstawanie, jak i wycofywanie się z rynku małych, średnich i dużych pod względem zatrudnienia, powierzchni i kapitału sklepów. W latach dziewięćdziesiątych polski rynek charakteryzował duży popyt konsumpcyjny. W aglomeracjach miejskich taka sytuacja spowodowała rozwój sklepów wielkopowierzchniowych [1]. Był on związany częściowo z korzystnymi przepisami podatkowymi, niskimi cenami zakupu lub dzierżawy nieruchomości, dostępnością wykwalifikowanej siły roboczej i dużym chłonnym rynkiem [1]. Liczba wielkopowierzchniowych obiektów handlowych w Polsce począwszy od 1990 roku stale rośnie. Podobna sytuacja dotyczy również całej Unii Europejskiej. Całkowita powierzchnia tego typu obiektów wzrosła o 3,3% w ciągu 12 miesięcy i pod koniec 2014 roku wynosiła blisko 153 mln m<sup>2</sup>. Aktywność deweloperów w zakresie wznoszenia wielkopowierzchniowych obiektów handlowych w Polsce i Europie jest podyktowana popytem konsumentów. Obiekty te, oprócz podstawowej funkcji handlowej, oferują konsumentowi coraz

więcej usług. Stają się swoistym centrum handlu, rozrywki i wypoczynku [2]. Wzrost liczby wielkopowierzchniowych obiektów handlowych w Polsce ma znaczny wpływ nie tylko na handel, ale również na rozwój budownictwa. Budowa obiektów wielkopowierzchniowych niesie ze sobą problem właściwej ochrony przeciwpożarowej osób i mienia. Nowoczesne obiekty handlowo-usługowe skupiają w swoim obszarze bardzo wielu użytkowników i funkcji. Muszą być zatem wznoszone ze szczególnym uwzględnieniem właściwej ochrony przeciwpożarowej. W wielu przypadkach projektowanie zabezpieczeń przeciwpożarowych tego rodzaju obiektów wymaga indywidualnego podejścia. Wynika to nie tylko z rozmiarów tych obiektów, ale także z problemu zaopatrzenia ich przez lokalny system dystrybucji wody w odpowiednią ilość wody przeznaczonej do gaszenia pożarów. Nowoczesne wielkopowierzchniowe obiekty handlowe są specyficznymi budynkami, nie tylko pod względem pełnionych przez nie funkcji, ale także ich powierzchni zabudowy, architektury, konstrukcji budynku, a nawet lokalizacji. Rozmiary obiektów powodują, że często są one zasilane w podstawowe media z więcej niż jednego źródła. Skomplikowana budowa architektoniczna, różnorodność funkcji obiektu, niekiedy zmienne obciążenie ogniowe budynku sprawiają, że poprawne zapro-

jektowanie stałego urządzenia gaśniczego wodnego jest niezwykle trudnym zadaniem. Ponadto stopień skomplikowania i rozmiary instalacji tryskaczowej generują różne problemy eksploatacyjne związane z zapewnieniem właściwego stanu technicznego urządzenia. W artykule podjęto próbę określenia czynników mających wpływ na utrzymanie właściwego stanu technicznego stałych urządzeń gaśniczych wodnych w aspekcie jakości wody zasilającej te urządzenia. Na podstawie badań stwierdzono, że woda wodociągowa zasilająca stałe urządzenia gaśnicze wodne może mieć wpływ na poziom bezpieczeństwa pożarowego wielkopowierzchniowych obiektów handlowych, nie tylko w aspekcie jej ilości czy dostawy, ale również w aspekcie utrzymania należytego stanu technicznego stałego urządzenia gaśniczego wodnego wbudowanego w budynek [3].

## 2. Metodologia

Do oceny parametrów wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne wbudowywane m.in. w wielkopowierzchniowe obiekty handlowe wykorzystano metodę stężeń charakterystycznych. Metoda ta polega na obliczaniu średniej arytmetycznej z najmniej korzystnych wyników badań w ciągu roku porównanych z obowiązującymi normami [4]. Pozwala ona określić średnią wartość stężenia ocenianego parametru w badanej wodzie. Metodę tę należy traktować jako uproszczoną metodę statystyczną [5]. Pomocniczo wykorzystano metodę bezpośrednią do oceny zmian stężeń wybranych parametrów w ciągu roku.

## 3. Wyniki

Określenie wszystkich parametrów, które mają wpływ na korodowanie instalacji tryskaczowej jest trudne i praktycznie na dzień dzisiejszy niemożliwe. Ponadto w literaturze krajowej i zagranicznej brakuje systematycznych badań wpływu jakości wody wodociągowej na stan techniczny urządzeń przeciwpożarowych zasilanych z systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę. W celu określenia istotnych parametrów mających wpływ na stan instalacji tryskaczowej zestawiono wyniki badań laboratoryjnych jakości wody wodociągowej produkowanej przez miejski zakład wodociągowy w Płocku z roku 2015. Wyniki uzyskano z comiesięcznych raportów o stanie jakości wody wodociągowej publikowanych na stronie internetowej miejskiego zakładu wodociągowego. Pozyskane wyniki uśredniono i zestawiono w tabeli 1 z uwzględnieniem wartości odchyłek mierzonych parametrów wody wodociągowej.

Aby ocenić jakość wody wodociągowej, spośród zaprezentowanych wyników badań opracowanych na podstawie raportów o stanie wody wodociągowej wybrano typowe parametry wpływające na jej korozyjny charakter oraz sprawdzono ich zmienność w czasie. Następnie porównano uzyskane średnie wyniki z wartościami parametrów wody pobranej z instalacji tryskaczowej.

Zmiany w czasie typowych parametrów wody wodociągowej ilustruje ryc. 1.

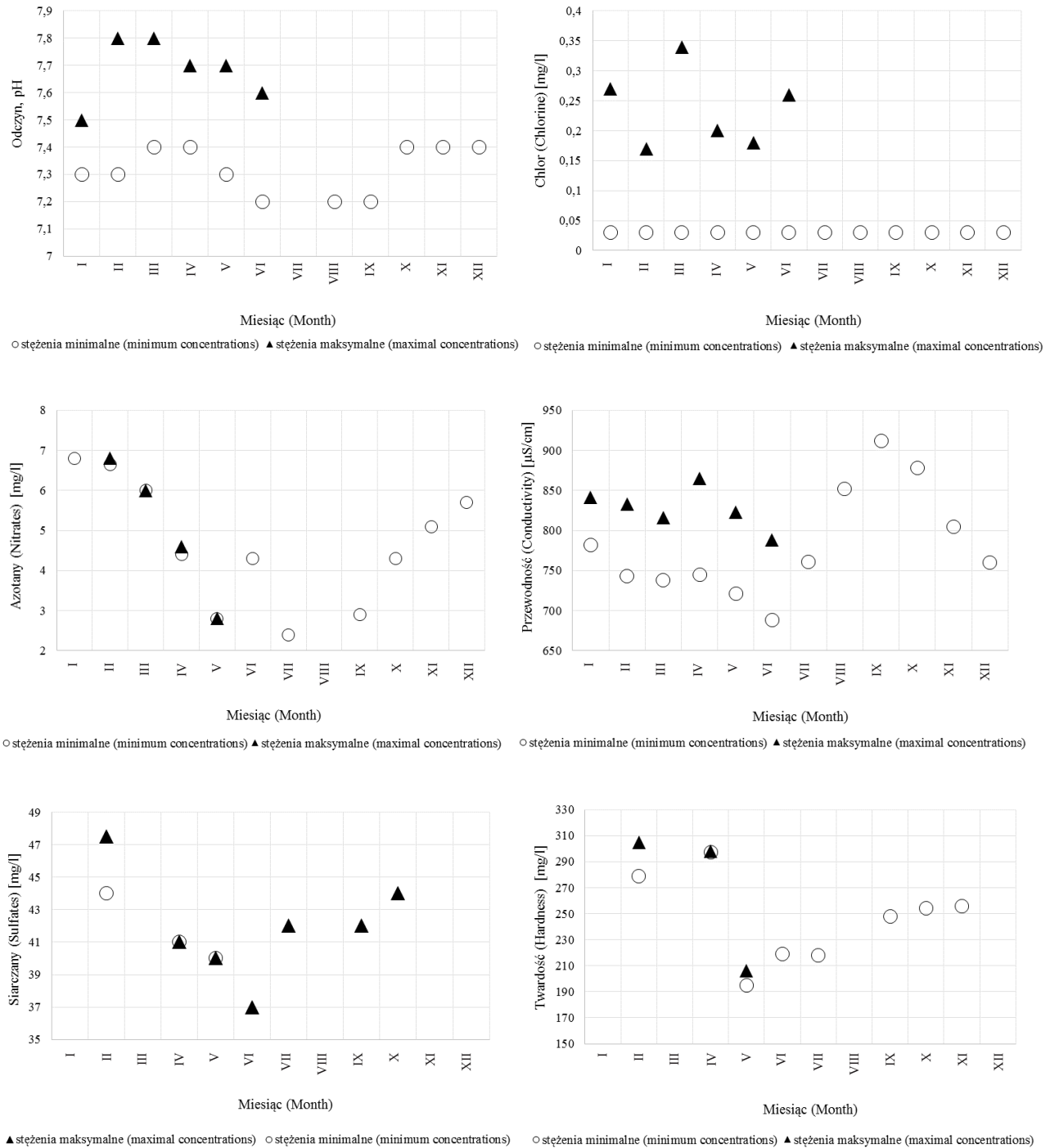
**Tabela 1.** Uśrednione parametry wody wodociągowej zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne  
**Table 1.** Averaged parameters of tap water supplying fixed water firefighting equipment

Parametry (Parameters)	Średnie stężenia parametrów (Average concentration of parameters)		
	Minimalne (Minimal)	Maksymalne (Maximal)	Dopuszczalne [4] (Acceptable)
1,2-Dichloroetan, µg/l (1,2-dichloroethane, µg/l)	2	2	3
2,4,6-trichlorofenol, mg/l (2,4,6-trichlorophenol, mg/l)	0,0006	0,0006	0,2
Akryloamid, µg/l (Acrylamide, µg/l)	0,075	0,075	0,1
Antymon, µg/l (Antimony, µg/l)	1	1	5
Arsen, µg/l (Arsenic, µg/l)	1	1	10
Azotany, mg/l (Nitrates, mg/l)	4,95	5,05	50
Azotyny, mg/l (Nitrite, mg/l)	0,1	0,1	0,5
Barwa, mg Pt/l (Hue, mg Pt/l)	2	8,5	-
Benzen, µg/l (Benzene, µg/l)	0,5	0,5	1
Benzo(a)piren, µg/l (Benzo(a)pyrene, µg/l)	0,006	0,006	0,01
Bor, mg/l (Boron, mg/l)	0,3	0,32	1
Bromiany, µg/l (Bromate, µg/l)	8,16	9,53	10
Bromodichlorometan, mg/l (Bromodichloromethane, mg/l)	0,002	0,002	0,015
Chlor wolny, mg/l (Free chlorine, mg/l)	0,03	0,2367	0,3
Chloraminy, mg/l (Chloramine, mg/l)	0,0467	0,06	0,5
Chlorany, mg/l (Chlorates, mg/l)	0,023	0,0515	-
Chlorek winylu, µg/l (Vinyl chloride, µg/l)	0,2	0,2	0,5
Chlorki, mg/l (Chlorides, mg/l)	74,667	75,33	250
Chloryny, mg/l (Chlorates, mg/l)	0,1583	0,252	-
Chrom, µg/l (Chrome, µg/l)	4	4	50
Cyjanki, µg/l (Cyanides, µg/l)	15	15	50
Epichlorohydryna, µg/l (Epichlorohydrin, µg/l)	0,06	0,06	0,1

Parametry (Parameters)	Średnie stężenia parametrów (Average concentration of parameters)		
	Minimalne (Minimal)	Maksymalne (Maximal)	Dopuszczalne [4] (Acceptable)
Fluorki, mg/l (Fluorides, mg/l)	0,323	0,333	1,5
Formaldehyd, mg/l (Formaldehyde, mg/l)	0,011	0,011	0,05
Fosfor, mg/l P2O5 (Phosphorus, mg/l P2O5)	0,075	0,075	-
Ftalan dibutyli, mg/l (Dibutyl phthalate, mg/l)	0,0008	0,0008	0,02
Glin, µg/l (Aluminium, µg/l)	60	60	200
Jon amonowy, mg/l (Ammonium, mg/l)	0,05	0,05	0,5
Kadm, µg/l (Cadmium, µg/l)	0,3	0,3	5
Magnez, mg/l (Magnesium, mg/l)	11,67	14	125
Mangan, µg/l (Manganese, µg/l)	10	10	50
Mętność, NTU (Turbidity, NTU)	0,22	1,1	1
Miedź, mg/l (Copper, mg/l)	0,002	0,0035	2
Nikiel, µg/l (Nickel, µg/l)	5	5	20
Odczyn, pH (pH)	7,34	7,69	6,5-9,5
Ogólny węgiel organiczny, mg/l (Total organic carbon, mg/l)	2,88	3,85	-
Ołów, µg/l (Lead, µg/l)	4	4	25
Ozon, mg/l (Ozone, mg/l)	0,05	0,05	0,05
Pestycydy – suma, µg/l (Total pesticides, µg/l)	0,4	0,4	0,5
Przewodność, µS/cm (Conductivity, µS/cm)	733	827	2500
Rtęć, µg/l (Mercury, µg/l)	0,05	0,05	1
Σ Wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, µg/l (Σ polycyclic aromatic hydrocarbons, µg/l)	0,024	0,024	0,1
Σ chloranów i chlorynów, mg/l (Σ chlorate and chlorite, mg/l)	0,19167	0,28667	0,7
Σ Trichloroetenu i tetrachloroetenu, µg/l (Σ trichloroethylene and tetrachloroethene, µg/l)	2	2	10
Selen, µg/l (Selenium, µg/l)	2	2	10
Siarczany, mg/l (Sulfureous, mg/l)	41	41	250
Sód, mg/l (Sodium, mg/l)	75	78	200
Srebro, mg/l (Silver, mg/l)	0,002	0,002	0,01
Suma THM, µg/l (The sum of THM, µg/l)	5,67	7	100
Tryt, Bq/l (Tritium, Bq/l)	40	40	100
Twardość, mg/l CaCO3 (Hardness, mg/l CaCO3)	264,33	269,67	60-500
Utlenialność, mg/l (Oxidisability, mg/l)	1,0417	1,8667	5
Żelazo ogólne, µg/l (Iron general, µg/l)	20	151	200

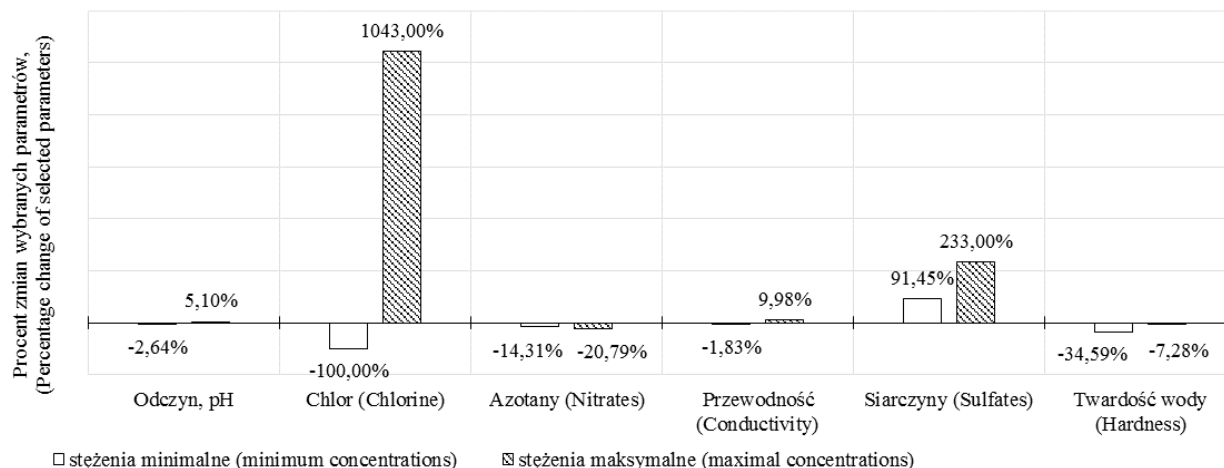
**Źródło:** Opracowanie własne na podstawie raportów o stanie jakości wody wodociągowej miejskiego zakładu wodociągowego w Płocku za rok 2015.

**Source:** Own elaboration based on the reports on the tap water quality of water supply company in Plock for 2015.



Ryc. 1. Zmiany wybranych parametrów wody w okresie prowadzenia badań (rok 2015)  
 Fig. 1. Changes of selected parameters of water during the test period (year 2015)

Źródło: Opracowanie własne.  
 Source: Own elaboration.



Ryc. 2. Różnice w wartościach badanych parametrów po wprowadzeniu wody wodociągowej do instalacji tryskaczowej  
 Fig. 2. The differences in values of tested parameters once tap water was supplied to the sprinkler system

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

W dalszej analizie porównano procentowe zmiany maksymalnych i minimalnych wartości wybranych parametrów wody wodociągowej z wynikami badań wody pobranej z instalacji tryskaczowej z dwóch wielkopowierzchniowych obiektów handlowych zlokalizowanych w różnych miejscach, przyłączonych do tego samego systemu zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Różnice w wartościach badanych parametrów między wodą wodociągową a wodą pobraną z instalacji tryskaczowej przedstawiono na ryc. 2.

## 4. Dyskusja nad wynikami

### 4.1. Problemy eksploatacyjne

W procesie eksploatacyjnym instalacji tryskaczowych zasilanych wodą z systemu dystrybucji zbiorowego zaopatrzenia w wodę mogą zachodzić niekorzystne procesy, takie jak korozja, zarastanie osadami i ich wytrącanie lub powstawanie biofilmu w samej instalacji i jej uzbrojeniu. Stąd też niezbędne staje się określenie parametrów fizyczno-chemicznych wody z systemu dystrybucji, które mogą mieć bezpośredni wpływ na stan techniczny wbudowanych w obiekty budowlane stałych urządzeń gaśniczych wodnych [3].

Najczęstsze powody niezadziałania oraz nieprawidłowego działania instalacji tryskaczowej przedstawiono na ryc. 3.

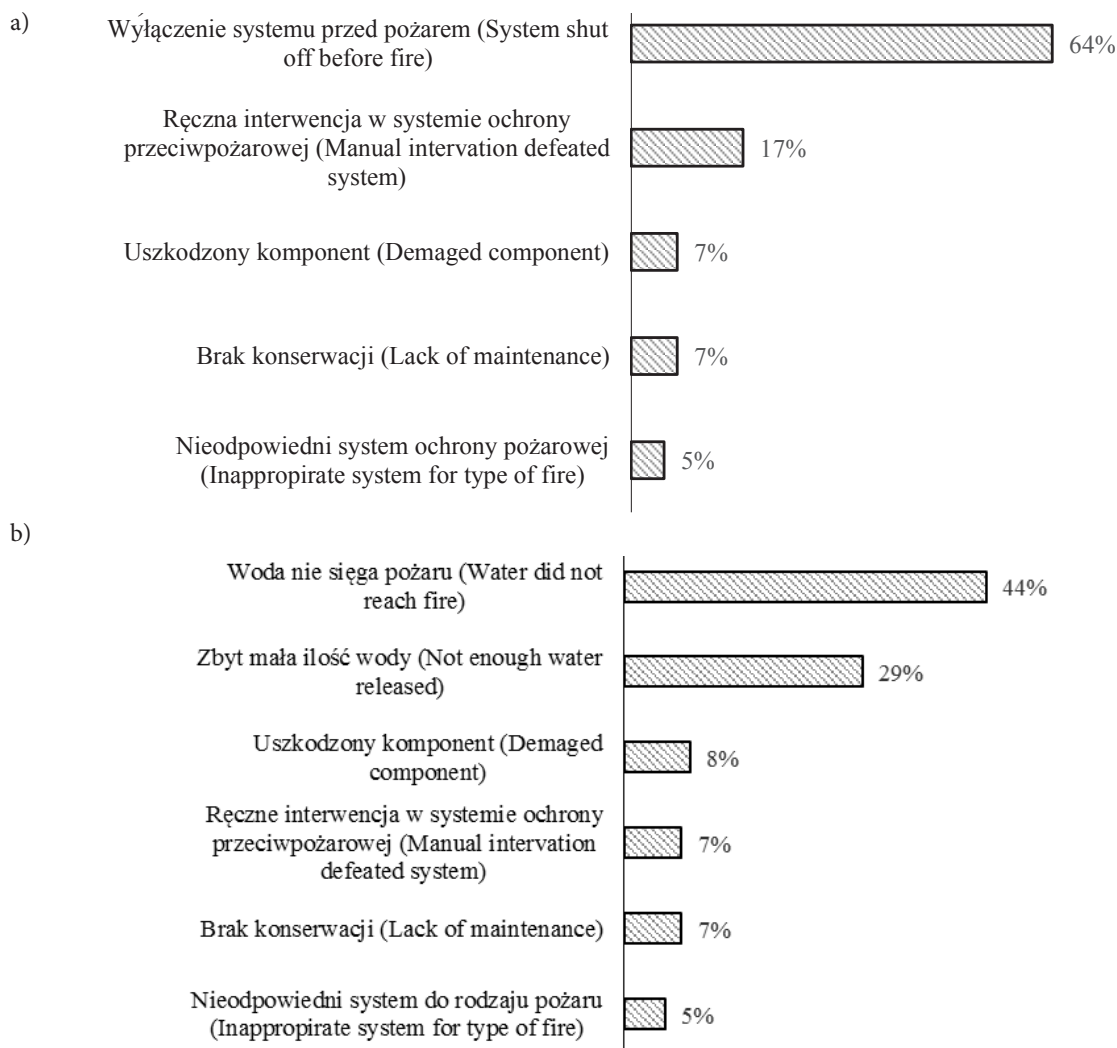
Na podstawie zaprezentowanych danych można zauważyć, że niewłaściwa eksploatacja stałych urządzeń gaśniczych wodnych to jedynie 7% przyczyn niezadziałania systemu w razie zaistnienia pożaru. Zdecydowanie więcej, bo aż 17%, stanowią błędy ludzkie, np. omyłkowe uruchomienie instalacji przed jej automatycznym załączeniem. Niepokojące natomiast mogą być dane zaprezentowane w części b ryciny 3. 73% wszystkich przyczyn niewłaściwej pracy systemu dotyczy wody. Najczęściej są nimi zbyt mała ilość wody i niewystarczający zasięg samych zraszaczy. Nasuwa to podejrzenie, że w systemie przewodów analizowanych urządzeń gaśniczych zaistniały procesy, które mogły spowodować zmniejszenie wydajności samego tryskacza. Takie przypadki negatywnego wpływu jakości wody na stan przewodów instalacyjnych są znane. Niestabilna chemicznie woda wykazuje właściwości do tworzenia powłok ochronnych (wytrącania wodorotlenków żelaza, manganu, powstawania osadów węglanu wapnia). Prowadzi to do zarastania przewodów (zmniejszenia przekroju poprzecznego), tym samym całkowitej zmiany wa-

runków hydraulicznych pracy stałego urządzenia gaśniczego wodnego. Ponadto woda działająca agresywnie na ścianki przewodów instalacji tryskaczowych może przyczynić się do powstawania w nich licznych produktów korozji, które mogą ograniczać wydajność tych instalacji.

### 4.2. Woda w systemach zbiorowej dystrybucji

Woda zasilająca stałe urządzenia gaśnicze wodne najczęściej jest dostarczana z systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę, w których poddawana jest różnorodnym procesom technologicznym oczyszczania. Jakość wody wodociągowej jest stale monitorowana i ściśle określona odpowiednim rozporządzeniem. Woda jest bezpieczna dla zdrowia ludzkiego, jeżeli nie zawiera mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów w liczbie stanowiącej potencjalne zagrożenie dla zdrowia człowieka, wszelkich substancji w stężeniach stanowiących potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego oraz nie ma agresywnych właściwości korozyjnych [4].

Jedną z najważniejszych właściwości eksploatacyjnych wody jest jej korozyjność, której skutkiem może być niszczenie instalacji lub ograniczanie jej wydajności. Korozja instalacji zasilanych wodą wodociągową jest nieunikniona, lecz może zostać spowolniona lub ograniczona. Obecnie w Polsce wielu badaczy [8-10] podejmuje temat ochrony przewodów instalacyjnych przed korozją. Do tej pory nie opracowano jednak skutecznej metody. Przyczyną tej sytuacji jest złożoność zjawiska korozji przewodów instalacyjnych, która zależy od bardzo wielu czynników. Oczywiście korozja przewodów instalacyjnych dotyczy przewodów wykonanych ze stali i stali ocynkowanej. Obecnie z tego materiału wykonuje się głównie elementy stałych urządzeń gaśniczych wodnych wbudowanych w budynki. Proces korodowania przewodów stalowych prowadzi nie tylko do zwiększenia prawdopodobieństwa wystąpienia awarii, lecz w przypadku instalacji tryskaczowej, może prowadzić pośrednio do uszczerbku na zdrowiu lub utraty życia osób korzystających z budynków, w których tego rodzaju urządzenia przeciwpożarowe są zamontowane. Należy pamiętać, że stałe urządzenia gaśnicze wodne nie są projektowane do walki z ogniem, lecz do zapobiegania rozprzestrzenianiu się pożaru oraz wydłużenia bezpiecznej ewakuacji osób z budynku. Dlatego niezawodne działanie tych urządzeń jest bardzo istotne. W związku z powyższym, w opinii autorów, należy określić czynniki koro-



Ryc. 3. Udział procentowy przyczyn niezadziałania instalacji tryskaczowej: a) przyczyny niezadziałania instalacji tryskaczowej, b) przyczyny, które uniemożliwiły prawidłowe działanie instalacji tryskaczowej [6-7]

Fig. 3. Percentage contribution of the reasons of the sprinkler system not responding: a) reasons why the sprinkler system did not work, b) causes which prevented proper operation of the sprinkler system [6-7]

zyjne będące składnikami wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne.

#### 4.3. Korozyjne parametry wody

Słonność materiału instalacji tryskaczowej do korodowania można uznać za pierwszy czynnik mający wpływ na stan techniczny stałych urządzeń gaśniczych wodnych. Drugim czynnikiem jest skład chemiczny wody. Pomimo że skład chemiczny wody jest regulowany odpowiednimi przepisami prawa i normami, ze względu na dynamikę procesów biologiczno-chemicznych zachodzących w wodzie, technologię uzdatniania wody, wpływu samego systemu dystrybucji wody (rodzajów przewodów, układu wodociągowego, prędkości przepływu cieczy, nierównomierności rozbiorów wody), w niektórych przypadkach można mówić o agresywnym oddziaływaniu wody wodociągowej na przewody i wyposażenie stałego wodnego urządzenia gaśniczego. W wodzie pitnej na potrzeby systemów jej zbiorowej dystrybucji nieustannie zachodzą dynamiczne procesy kształtujące jej końcową jakość. O ile produkowana woda jest bezpieczna dla człowieka, to w niektórych sytuacjach przy zaistnieniu pewnych warunków (długi czas stagnacji wody w przewodach, zmiany temperatury, czy oddziaływanie mikroorganizmów) może ona wyka-

zywać agresywne działanie na przewody instalacji tryskaczowych.

Wyniki przedstawione w tabeli 1 nie dają jednoznacznej odpowiedzi o korozyjnym charakterze wody. Dlatego do dalszej analizy wybrano te, które są najczęściej wymieniane również przez innych badaczy, a mianowicie:

1. Zawartość związków mineralnych. Wzrost ich wartości może podwyższyć tempo korozji przewodów poprzez zwiększanie przewodnictwa właściwego, a ponadto może rozpuszczać wytrącone osady. Im wyższa mineralizacja, tym bardziej sprzyjające warunki dla reakcji elektrochemicznych. Dodatkowo duża zawartość jonów chlorkowych może powodować korozję wżerową.
2. Odczyn wody. Im niższy odczyn wody, tym bardziej korozyjny charakter wody. Przy pH w zakresie od 6,5 do 9,5 najczęściej może występować korozja wżerowa.
3. Twardość wody. Jest to jeden z głównych parametrów decydujących o korozyjnym charakterze wody. Największe właściwości korozyjne mają wody miękkie. W wodach o niskiej twardości węglanowej obecny jest agresywny dwutlenek węgla, który rozpuszcza warstwy ochronne i produkty korozji;
4. Mikroorganizmy. Ich obecność w przewodach instalacji zasilanych wodą wodociągową sprzyja rozwojowi korozji.

Ilość mikroorganizmów zależy od użytego środka dezynfekującego oraz zawartości żelaza, siarczków, amoniaku i związków organicznych.

Wyżej wymienione parametry wody według wielu badaczy z pewnością przyczyniają się do powstawania korozji przewodów instalacji zasilanych wodą wodociągową [3], [8-9]. Jednakże na korozyjny charakter wody mogą mieć też wpływ inne czynniki, takie jak [10]:

1. Temperatura wody – im wyższa temperatura, tym większa podatność na powstawanie korozji wżerowej [11].
2. Właściwości mechaniczne przewodów stalowych użytych do budowy stałego urządzenia gaśniczego wodnego, takie jak chropowatość (która jest czynnikiem sprzyjającym niszczeniu wewnętrznych powierzchni przewodu). Niejednorodna powierzchnia wewnętrzna przewodów stalowych jest bardziej podatna na tworzenie się lokalnych ognisk korozji.
3. Dokładność wykonawstwa. Jest to z reguły pomijany czynnik, lecz w przypadku instalacji wykonywanych ze stali, a takimi są instalacje tryskaczowe, niezwykle istotny. Zastosowanie niewłaściwych chłodziw, nierozpuszczalnych w wodzie, podczas wykonywania połączeń gwintowanych instalacji może przyspieszać korozję przewodów instalacji tryskaczowych.
4. Czas postoju to kolejny czynnik, który może mieć wpływ na korozyjny charakter wody wobec przewodów instalacji tryskaczowych. W instalacjach tego rodzaju, zgromadzona woda pozostaje w instalacji przez dłuższy czas, co może wpływać na rozwój biofilmu i może przyspieszać proces korozji.

Powyższy krótki przegląd problemu uzmysławia jego istotność w aspekcie niezawodnego działania instalacji tryskaczowych.

#### 4.4. Zmienność wybranych parametrów wody

Na podstawie wyników zaprezentowanych na ryc. 1 można zauważyć okresową zmianę wybranych parametrów wody wodociągowej. Sytuacja ta wynika z tego, że woda wodociągowa w rozpatrywanym systemie dystrybucji pobierana jest z dwóch źródeł: wód powierzchniowych oraz wód głębinowych. Następnie woda zostaje wymieszana i poddana procesowi uzdatniania. W okresie letnim odnotowuje się niewielki spadek wartości odczynu, natomiast wyraźnie wzrasta przewodność. Może to sugerować większą zawartość substancji rozpuszczonych w analizowanej wodzie. Zauważyć można również, że nie wszystkie parametry były badane co miesiąc.

Na podstawie danych zaprezentowanych na ryc. 2 widać, że skład chemiczny wody wodociągowej po wprowadzeniu do systemu przewodów instalacji tryskaczowej zmienia się. Zauważalny jest spadek odczynu wody, twardości i zawartości azotanów, rośnie natomiast przewodność wody oraz zawartość siarczanów. Spadek odczynu wody oraz twardości węglanowej wody może wskazywać na korozyjny charakter wody w przewodach instalacji tryskaczowej. Nie są to jednak jedyne wskaźniki świadczące o korozyjności wody wodociągowej. Niezbędna jest też znajomość parametrów, takich jak: stężenie chlorków oraz siarczanów. Stałe zachodzące procesy biochemiczne w wodzie zmieniają jej parametry, w prezentowanym przypadku na nieznacznie gorsze.

#### 5. Podsumowanie i wnioski

W artykule podjęto próbę oceny jakości wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne ze zbiorowego systemu zaopatrzenia, jakim jest miejska sieć wodociągowa. Omówiono i zidentyfikowano główne parametry wody mogące

mieć wpływ na korozyjny charakter wody wodociągowej na przewody instalacji tryskaczowej. W dalszych badaniach powinna być podjęta próba weryfikacji wpływu jakości wody na korozyjność wobec przewodów instalacji tryskaczowej. W tym celu niezbędne jest wyznaczenie wartości typowych indeksów opisujących korozyjny charakter wody, takich jak: indeks Langeliera, Ryznara i w szczególności Larsona-Skolda. W zaprezentowanych wynikach stwierdzono znaczną zmianę parametrów wody zasilającej po wprowadzeniu jej do instalacji tryskaczowej. Stanowią one podstawę do opracowania metody eksploatacji stałych wodnych urządzeń gaśniczych, która pozwalałaby na monitorowanie szybkości korozji lub jej znaczące ograniczenie. Wprowadzona woda zasilająca zmienia swoje parametry pod wpływem wielu czynników i pomimo że w sieci wodociągowej może nie wykazywać korozyjnego charakteru, to może je wykazywać w obrębie stałych urządzeń gaśniczych wodnych. Obecnie istniejące metody eksploatacji tego typu urządzeń mogą nie zapewnić właściwego utrzymania stanu technicznego urządzeń, a w przyszłości mogą wpływać na skuteczność ich działania w razie wystąpienia pożaru. Konieczne są dalsze badania nad poszukiwaniem parametrów lub parametru wody, który jednoznacznie mógłby wskazywać korozyjny charakter wody, np. indeks Larsona-Skolda. Jednocześnie z eksploatacyjnego punktu widzenia parametr ten musi charakteryzować się prostotą pomiaru i znaczącą miarodajnością. Wzajemne porównanie parametrów wody wodociągowej oraz wody wypełniającej przewody instalacji tryskaczowej pozwoli określić, jakie czynniki mogą mieć najważniejszy wpływ na skuteczność działania stałych wodnych urządzeń gaśniczych. Pozwoli to na zebranie dostatecznej ilości informacji naukowej mającej charakter poznawczy. Dzięki podjęciu odpowiednich działań na podstawie przeprowadzonych badań w przyszłości możliwe będzie zapewnienie niezawodnego i skutecznego działania instalacji tryskaczowych.

#### Literatura

- [1] Wrzesińska J., *Rozwój wielkopowierzchniowych obiektów handlowych w Polsce*, „EIOGZ” 2008, 72, 161.
- [2] European Shopping Development Report, Cushman & Wakefield, April 2015.
- [3] Serejko G., Denczew S., *O potrzebie badania jakości wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne*, „Ochrona Przeciwpożarowa” 2014, (50)4, 18-20.
- [4] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2015, poz. 1989).
- [5] Loga M., Nawalany M., *Analiza dostępnych danych pomiarowych i aktualnych metod statystycznych oraz potrzeb WIOŚ w zakresie metod statystycznych*, Raport A-1, WIOŚ Kraków, Warszawa 2009.
- [6] Hall J.R., Jr., *Report: NFPA’s “U.S. Experience with Sprinklers”*, June 2013.
- [7] Leong Poon, *Assessing the reliance of sprinklers for active protection of structures*, “Procedia Engineering”, 2013, 62, 618-628.
- [8] Kucharski M., *Analiza zmian ilości ubocznych produktów chlorowania i ozonowania w wodzie wodociągowej w Białymstoku*, „Ochrona Środowiska” 2011, 33(3).
- [9] Kowal A. L., *Ochrona sieci wodociągowej przed korozją i zarsianiem*, „Ochrona Środowiska” 1997, 67(4).
- [10] Fiertak M., Dębska D., *Przyczyny korozji ocynkowanych rur stalowych stosowanych w systemach rozprowadzania i magazynowania wody*, „Przegląd budowlany” 2012, 6, 23-26.
- [11] PN-EN 12502-3:2006 Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody. Część 3: Czynniki oddziałujące na materiały żelazne ocynkowane zanurzeniowo.



\* \* \*

**prof. dr hab. inż. Sławczo Denczew** – polski naukowiec, profesor zwyczajny Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, profesor nadzwyczajny Politechniki Warszawskiej Filia w Płocku. Był naczelnym inżynierem oraz dwukrotnie pełniącym obowiązki dyrektora naczelnego (1992, 2001–2003) Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie. Jest specjalistą z zakresu wodociągów i kanalizacji, przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz organizacji i zarządzania infrastrukturą komunalną, w szczególności sektorem wodociągów i kanalizacji w sytuacjach kryzysowych.

**mgr inż. Grzegorz Serejko** – absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej (kierunek inżynieria środowiska). Od 2008 roku pracownik naukowo-dydaktyczny Politechniki Warszawskiej w filii w Płocku. Zatrudniony na stanowisku asystenta. Obecnie doktorant prof. dr. hab. inż. Sławczo Denczewa. Prowadzi badania dotyczące wpływu jakości wody zasilającej stałe urządzenia gaśnicze wodne na sprawność i skuteczność ich działania. Obszar zainteresowań naukowych obejmuje szeroko rozumianą inżynierię środowiska, fizykę budowli oraz przeciwpożarowe zaopatrzenie w wodę.