

mgr inż. **Tomasz SOWA**  
Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru  
i Automatyki Pożarniczej CNBOP

## **ANALIZA PORÓWNAWCZA STAŁYCH URZĄDZEŃ GAŚNICZYCH - część I.\***

### **The analysis of fire extinguish systems – part I\***

#### **Streszczenie**

Artykuł zawiera podstawowe informacje o stałych urządzeniach gaśniczych: wodnych, gazowych, i alternatywnych dla nich. Podstawowe informacje obejmują opis ogólny systemu, jego wady i zalety oraz typowe miejsca instalacji. Podstawą dla artykułu były informacje zebrane z pozycji literaturowych, doświadczeń projektantów, instalatorów, użytkowników i informacje uzyskanych od firm projektujących i wykonujących stałe urządzenia poszczególnych typów.

Przeanalizowano elementy wpływające bezpośrednio i pośrednio na niezawodność, praktyczność i kosztowność poszczególnych systemów gaśniczych, takie jak m.in. koszt 1 m<sup>3</sup> chronionej powierzchni, bezpieczeństwo ludzi, skuteczność działania.

W ten sposób dokonana analiza pozwala wskazać, jakie elementy wpływają na optymalne wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych i jak wybrać odpowiedni środek gaśniczy w zależności od cech charakterystycznych powierzchni chronionej i priorytetów inwestora.

#### **Summary**

This article contains a basic information about fire extinguishing systems, especially: sprinklers and other systems based on water, gaseous and alternative systems. It includes introduction and overview of the systems, their advantages and disadvantages as well as application areas. Specialist literature, experience of the designers, fitters and users as well as information from producers of these systems were used by the author in order to write this paper.

Elements which have the indirect influence on reliability, practical sense and cost of individual fire suppression systems (e.g. 1 m<sup>3</sup> cost of a protected area), people security and effectiveness were discussed.

This type of analysis leads to the conclusions, which can give the answer for the following problems: what elements are important for effectiveness of fire suppression and what suppression agents should be used in the case of various types of buildings and facilities such as manufactured homes, high-rise buildings, warehouse facilities and manufacturing facilities.

**Słowa kluczowe:** tryskacze, mgła wodna, gaszenie, instalacje przeciwpożarowe, klasyfikacja SUG

**Key words :** sprinklers, water mist, suppression, fire protection installations, fire extinguish systems classification

#### **Wstęp**

Poszukując wciąż nowych skuteczniejszych rozwiązań w zakresie stałych urządzeń gaśniczych, międzynarodowe korporacje, jak również firmy o zasięgu krajowym inwestują ogromne pieniądze, by wyniki ich prac trafiały w potrzeby klientów.

Obecnie istnieje szeroki wachlarz możliwości w zakresie stałych urządzeń gaśniczych. Klient może wybierać w zależności od potrzeb spośród: systemów bazujących na wodzie (urządzenia tryskaczowe, zraszaczowe, mgła wodna), systemów gazowych (inergen, FM-200, CEA 410, dwutlenek węgla itd.), lub systemów zabezpieczających działających na zasadzie inertyzacji (stała redukcja ilości tlenu w przestrzeniach). Określony system ma swoją grupę docelową w której może być zastosowany, aby mógł właściwie spełniać funkcję gaśniczą. Co więcej, urządzenia gaśnicze muszą być właściwie zaprojektowane przez przeszkolony i doświadczony personel, wykonane zgodnie z założeniami projektowymi i zaleceniami producenta systemu, oraz właściwie konserwowane.

Każdy system posiada ograniczenia w zastosowaniu i niestety nie ma uniwersalnego systemu, który sprawdza się w każdych warunkach. Trudnym zadaniem jest nawet porównywanie ich wszystkich tylko pod jednym kątem, ponieważ takie analizy mogą doprowadzić do fałszywych wniosków niesłusznie dyskryminujących którekolwiek ze stałych urządzeń gaśniczych. Jednak przy właściwym podejściu do tematu możliwa jest konstruktywna analiza bazująca na porównaniu systemów pomiędzy sobą w ściśle określonym zakresie.

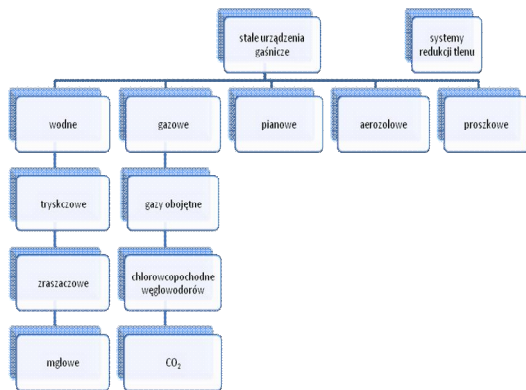
Niniejszy artykuł ma na celu porównanie różnych rozwiązań z zakresu stałych urządzeń gaśniczych pod względem skuteczności gaśniczej, zakresu zastosowania, ograniczeń w stosowaniu, kosztów instalacji i eksploatacji oraz próba podziału systemów gaśniczych ze wskazaniem, przy spełnieniu jakich warunków optymalnie spełniają swoje zadanie.

## **Klasyfikacja stałych urządzeń gaśniczych**

Klasyfikacja SUG-ów nie jest zadaniem prostym i efekty końcowe w zależności od przyjętych kryteriów mogą być diametralnie różne. Przykładem instalacji trudnej do klasyfikacji jest system zapobiegania pożarom poprzez obniżanie stężenia tlenu w pomieszczeniach chronionych. Metoda ta w gruncie rzeczy nie jest urządzeniem gaśniczym, ponieważ nie gasi lecz zapobiega powstaniu pożaru, czyli pełni funkcje profilaktyczną i w związku z tym nie może być zaliczana do urządzeń gaśniczych. Jednak systemy redukcji tlenu stają się bezpośrednią konkurencją dla SUG-ów, szczególnie tych przeznaczonych do gaszenia pożarów w pomieszczeniach typu: serwerownie, centrale telefoniczne i nie ujęcie ich w poniższym zestawieniu byłoby błędem, biorąc pod uwagę fakt, że ich rola w ochronie przeciwpożarowej prawdopodobnie będzie się zwiększać.

W zestawieniu nie zostały umieszczone urządzenia gaśnicze halonowe, ponieważ obecnie są one wycofywane z użytku, choć ze względu na skuteczność są w bardzo ograniczonym stopniu stosowane, z zastrzeżeniem spełnienia określonych wymagań.

Przedstawiona poniżej klasyfikacja jest wynikiem przemyśleń autora i została skonstruowana w oparciu o kryterium wykorzystywanego przez poszczególne instalacje środka gaśniczego. Na rysunku 1 pokazano w postaci schematu blokowego klasyfikację stałych urządzeń gaśniczych.



**Ryc. 1.** Klasyfikacja stałych urządzeń gaśniczych

Źródło: Opracowanie własne autora.

## Charakterystyka systemów gaśniczych

### Stale urządzenia gaśnicze tryskaczowe

Urządzenia tryskaczowe od wielu lat znajdują zastosowanie przy ochronie życia ludzkiego oraz dóbr materialnych. Jeżeli urządzenie tryskaczowe zostało poprawnie zaprojektowane oraz wykonane i jest regularnie przeglądane i badane, to statystycznie w 80% zdarzeń do ugaszenia pożaru lub powstrzymania jego rozwoju wystarczą dwa tryskacze, a tylko w przypadkach bardzo szybko rozwijających się pożarów zdarza się, że utworzy się więcej tryskaczy.<sup>1</sup>

Korzyści płynące z zastosowania urządzenia tryskaczowego są bardzo różnorodne. Jest to urządzenie aktywne, które nie tylko wykrywa pożar, ale również zapobiega jego dalszemu rozprzestrzenianiu się i w niektórych przypadkach gasi pożar. Ponieważ wykrycie i gaszenie pożaru następuje we wczesnej fazie pożaru, to przez uruchomienie urządzeń alarmowych (np. DSO) możliwa jest skuteczniejsza ewakuacja ludzi z zagrożonej strefy. Bardzo istotny jest również fakt, że tryskacze ograniczając rozprzestrzenianie się pożaru i tym samym ułatwiają akcję ratowniczą prowadzoną przez straż pożarną.<sup>2</sup>

Istotną zaletą urządzeń tryskaczowych, której nie można pominąć, a na którą często nie zwraca się uwagi, jest możliwość tworzenia kombinacji z urządzeniami służącymi do oddymiania zarówno mechanicznego, jak i grawitacyjnego. W przypadku współpracy tryskaczy

<sup>1</sup> Fire Protection Handbook Nineteenth Edition, Arthur E. Cote Quincy, Massachusetts 2003

<sup>2</sup> Brinson A., Instalacje tryskaczowe stosowane do ochrony ludzi; Ochrona przeciwpożarowa, „Ochrona przeciwpożarowa” 2005 nr 1, s. 38

z wentylacją mechaniczną należy zwrócić uwagę na wentylację poprzeczną, a przy wentylacji naturalnej konieczne jest zwrócenie uwagi na rozmieszczenie tryskaczy np. przez zmniejszenie odległości od stropu,<sup>3</sup> tak by przepływ powietrza nie powodował ochładzania tryskaczy i opóźniania ich zadziałania.

Urządzenia gaśnicze wodne posiadają swoje ograniczenia. Ponieważ uruchamiane są za pomocą elementu termoczułego w pobliżu tryskacza, wymagany jest dostatecznie duży wzrost temperatury, połączony z odpowiednim przepływem powietrza. Problem stanowią pożary wytwarzające dużą ilość dymu, przy małej ilości ciepła. Istnieje wtedy bardzo wysokie prawdopodobieństwo nie zadziałania instalacji w czasie, kiedy jeszcze możliwe jest opanowanie pożaru.

Tam gdzie istnieją możliwości zaistnienia pożarów bezpłomieniowych (tlenia), stosowanie tryskaczy jest ograniczone, przykładem mogą być pomieszczenia bardzo wysokie, chronione wyłącznie tryskaczami podstropowymi. W zastosowaniach do ochrony magazynów wysokiego składowania – na regałach, skuteczną ochronę stanowią tryskacze zainstalowane na poziomach pośrednich.<sup>4</sup>

Inne ograniczenia zastosowania urządzeń gaśniczych wodnych to pożary: gazów, cieczy, materiałów reagujących egzotermicznie z wodą.

Instalacje tryskaczowe potrzebują znacznych zapasów wody, która wykorzystywana jest nie zbyt efektywnie (znaczna część wody kierowanej do strefy chronionej nie odparowuje i odpływa powodując przy tym dodatkowe, często wysokie, straty).<sup>5</sup> W wielu przypadkach występują problemy z zapewnieniem odpowiedniego zaopatrzenia w wodę i konieczne jest zastosowanie stosunkowo drogiej rozwiązań, jak np. instalacja przeciwpożarowego zbiornika wody.

Urządzenia tryskaczowe są najczęściej stosowane w:

- budynkach użyteczności publicznej,
- budynkach hotelowych,
- wielko kubaturowych obiektach handlowych np. centra handlowe,
- magazynach np. wysokiego składowania.

---

<sup>3</sup> VdS 2815:2001-03 Zusammenwirken von Wasserlöschanlagen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) - Merkblatt zum Brandschutz

<sup>4</sup> VdS 2377:1998-12 Sprinkleranlagen - Grenzen der Einsatzmöglichkeiten;

<sup>5</sup> Leszczak M., Krzywina P., Tryskacze specjalnego przeznaczenia do ochrony magazynów; „Ochrona przeciwpożarowa” 2005 nr 2,

## Stale urządzenia mgłowe

Instalacje mgły wodnej instalowane są wszędzie tam, gdzie obiekt wymaga szybkiego, lokalnego ugaszenia przy użyciu małej ilości wody. Instalacje tego typu najczęściej budowane są jako niezależne systemy. Podstawową zasadą działania systemów wykorzystujących mgłę wodną jest jednoczesne uruchomienie wszystkich głowic mgłowych, tak, aby powstały krople wody o odpowiedniej wielkości posiadające dużą zdolność pochłaniania energii cieplnej. W rezultacie szybko i efektywnie zachodzi proces gaszenia dzięki ochłodzeniu środowiska pożaru i pokryciu materiału palnego ochronną warstwą zapobiegającą powtórnemu zapłonowi. Z przeprowadzonych badań wynika, że po rozpylaniu wody do cząsteczek o wymiarach od 10 do 400 mikrometrów można uzyskać, aż dziesięciokrotnie większy efekt gaśniczy niż przy zastosowaniu konwencjonalnych tryskaczy<sup>6</sup>. Metoda ta charakteryzuje się bardzo szybkim schładzaniem palącego się materiału, znacząco ogranicza dostęp tlenu do źródła ognia i tzw. promienne przenikanie ciepła oraz redukuje ilość produktów spalania, w tym wydzielanego dymu.

Główne zalety systemów gaszenia wykorzystujących mgłę wodną to:

- stosunkowo niewielkie zużycie wody, do której nie trzeba dodawać żadnych substancji poprawiających skuteczność gaśniczą,
- brak negatywnego wpływu na organizm ludzki, co umożliwia rozpoczęcie gaszenia nie czekając na ewakuację ludzi z chronionych przestrzeni,
- wysoka skuteczność działania dla pożarów grupy A,
- nie oddziałuje negatywnie na środowisko naturalne,
- brak konieczności zapewnienia szczelności chronionego pomieszczenia, jak jest to wymagane w przypadku instalacji urządzeń gaśniczych gazowych,
- redukcja szkód pożarowych powodowanych przez wodę w porównaniu z urządzeniami tryskaczowymi,
- znacznie zredukowana waga instalacji rurowej,
- małe średnice rurociągów powodujące obniżenie kosztów i zwiększenie estetyki w porównaniu z rurociągami instalacji tryskaczowych,
- efektywne chłodzenie.

Wady stałych urządzeń gaśniczych mgłowych to:

- ograniczona skuteczność działania w pomieszczeniach o dużej kubaturze,

---

<sup>6</sup> Schremmer U. Technika mgły wodnej – możliwości i granice stosowania, [w:] IV Konferencja krajowa. Stale urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004

- system ten ze względu na swoją złożoność wymaga większych nakładów pracy i wiedzy,
- trudności w projektowaniu, przejawiające się m.in. doбором właściwego rodzaju dysz uwzględniających zdefiniowany przez użytkownika cel ochrony (ugaszenie pożaru, zapobieganie rozprzestrzenieniu, utworzenie przegrody dla ognia, wiązanie dymu oraz ciepła), czynniki wpływające na pożar (warunki wentylacji, ułożenie materiału palnego, warunki techniczno-budowlane),
- na świecie istnieje kilka różniących się od siebie teorii i praktycznych podejść w kwestiach optymalnego (w zależności od rodzaju materiałów) gaszenia w strumieniu gaśniczym w oparciu o poszczególne mechanizmy gaśnicze działające podczas gaszenia (inertyzacja, chłodzenie, oddzielanie, rozcieńczanie, inhibicja heterogeniczna). Powoduje to, że kłopotliwe jest wytworzenie korzystnych wielkości kropeł, tym bardziej, że wymaga to dobrania dysz o odpowiedniej budowie, właściwego nominalnego ciśnienia roboczego przed dyszami gaśniczymi i odpowiedniego do występującego zagrożenia ukształtowania urządzenia<sup>7</sup>,
- trudności z dobraniem odpowiedniej intensywności podawania środka gaśniczego w zależności od rodzaju chronionego mienia, kubatury pomieszczenia i sytuacji pożarowej;
- trudności w jednorodnym, przestrzennym podawaniu wody, z odpowiednią intensywnością;
- podatność na turbulencje powietrza powodowane przez wentylację, jak również wznoszący się słup płomieni i strumień gorących gazów.

Wysokociśnieniowe instalacje mgłowe mogą być stosowane m.in. w następujących obiektach, (oczywiście zdarzają się sytuacje, kiedy jest to niemożliwe lub może powodować zagrożenie dla wyposażenia):

- elektrownie i elektrociepłownie,
- stacje transformatorowe,
- tunele kablowe,
- sterownie,
- przemysł petrochemiczny, w szczególności naftowo-gazowe obiekty produkcyjne typu offshore,

---

<sup>7</sup> Schremmer U. Technika mgły wodnej – możliwości i granice stosowania, [w:] IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004

- maszynownie,
- magazyny włącznie ze składami materiałów łatwopalnych,
- różnego typu linie produkcyjne,
- pomieszczenia komputerowe, serwerownie i pomieszczenia telekomunikacyjne,
- pomieszczenia z urządzeniami elektrycznymi,
- stacje metra i wagony kolejowe,
- hotele,
- biurowce i budynki handlowe,
- historycznie cenne obiekty oraz muzea,
- kościoły,
- tunele drogowe i kolejowe,
- archiwa.

## **Gazowe urządzenia gaśnicze**

### **Wprowadzenie**

Od czasu zakazu stosowania halonów, na rynek wprowadzane są nowe gazowe środki gaśnicze mające za zadanie ich zastąpienie. Równocześnie, aby optymalnie wykorzystać właściwości gaśnicze wspomnianych urządzeń gazowych opracowuje się i poprawia dokumenty normatywne, w których znajdują się postanowienia dotyczące zasad ich projektowania i instalowania. Stworzenie jednolitych dokumentów normatywnych umożliwiłoby swobodny dostęp do tego typu rozwiązań na całym świecie przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego stopnia skuteczności i niezawodności urządzeń gaśniczych.

Gazy gaśnicze można podzielić na gazy obojętne (argon, azot) i chlorowcowane węglowodory (FM-200, CEA 410, FE-13) oraz dwutlenek węgla.

Główny zakres stosowania gazów gaśniczych to: pomieszczenia z urządzeniami elektronicznego przetwarzania danych, pomieszczenia stacji i rozdzielni elektrycznych, urządzenia telekomunikacyjne itp.

Działanie gaśnicze gazów obojętnych polega głównie na obniżaniu stężenia tlenu atmosferycznego z chronionego pomieszczenia i w niewielkim stopniu na chłodzeniu płomieni. W przypadku chlorowcowanych węglowodorów, działanie gaśnicze oparte jest na kombinacji efektu chłodzącego, realizowanego przez cząsteczki gazów podczas ich przejścia przez strefę reakcji płomieni z chemicznym oddziaływaniem na reakcję spalania. Podczas tych reakcji chemicznych powstaje, podobnie jak przy halonach, produkt rozkładu, którym jest fluorowódor. Jednak powstaje on tylko do momentu ustania procesu spalania, dlatego ważne jest, aby

ugaszenie następowało szybko. W przeciwnym wypadku mamy do czynienia ze szkodliwym oddziaływaniem fluorowodoru nie tylko na środowisko naturalne, ale także na wyposażenie i budynki. Im krótszy jest czas wypełnienia środkiem gaśniczym pomieszczenia i im większa zostaje podana ilość środka, tym szybciej zostanie ugaszony pożar. Znajduje to odzwierciedlenie w wartościach typowych czasów wypełnienia, w celu osiągnięcia wymaganego środka gaśniczego w strefie chronionej: 10 sekund dla chlorowcowanych węglowodorów, 60 sekund dla gazów obojętnych<sup>8</sup>.

Urządzenia gaśnicze gazowe mogą tylko wtedy ugasić pożar, jeżeli zostanie osiągnięte i utrzymane odpowiednio długo, niezbędne do gaszenia stężenie gaśnicze gazu. Czas osiągnięcia i utrzymania stężenia gaśniczego (czas retencji), jak również stężenie gaśnicze zależą od zastosowanego gazu gaśniczego i od rodzaju materiału ulegającego spalaniu. Systemy gaszenia gazem należy tak zaprojektować, aby wymagane stężenie zostało osiągnięte i utrzymane w wymaganym okresie czasu. Wymaganie odnosi się zarówno do urządzeń zabezpieczających materiały stałe, gdzie bezpłomieniowy proces spalania ma szansę przetrwać okres wyładowania gazu, ale również do pożarów cieczy, ponieważ nie można założyć, że bodziec energetyczny, który wywołał pożar zostanie ugaszony wraz z płomieniami<sup>9</sup>. Stężenia gaśnicze dla gazów obojętnych są kilkakrotnie wyższe od stężeń chlorowcopochodnych węglowodorów. Także w grupie gazów obojętnych występują istotne różnice, jeśli chodzi o wymagane stężenie gaśnicze, szczególnie, gdy gaszone mają być pożary cieczy palnych.

Podczas uwolnienia gazów nie dochodzi do istotnego obniżenia temperatury otoczenia, gaz gaśniczy miesza się z powietrzem i wraz z nim częściowo opuszcza pomieszczenie przez klapy odciażające, które dla gazów obojętnych mają znacznie większą powierzchnię niż dla chlorowcopochodnych węglowodorów. Spowodowane jest to przez znacznie większe wartości stężeń gaśniczych, czyli tym samym większą ilość gazów obojętnych niezbędnych do skutecznego działania.

Właściwością gazu gaśniczego, która w sposób miarodajny określa zachowanie się gazu po uwolnieniu w okresie utrzymania stężenia, jest jego gęstość. Im cięższa jest mieszanina powietrze-gaz gaśniczy w porównaniu do powietrza, tym wcześniej będzie się on zbierał w niżej położonych miejscach pomieszczenia.

Gęstości wybranych gazów gaśniczych zostały podane w tabeli 1.

---

<sup>8</sup> Schlosser I. Normy i wytyczne dotyczące urządzeń gaśniczych gazowych, [w:] IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004

<sup>9</sup> Tuzimek Z., Kubica P., Stałe urządzenia gaśnicze gazowe cz.2 - wprowadzenie do projektowania, <http://www.sgsp.edu.pl>, 23.07.2009



Tabela 1.

**Masa cząsteczkowa i gęstość gazów gaśniczych**

<b>Gaz gaśniczy</b>	<b>Masa cząsteczkowa g/mol</b>	<b>Gęstość w temp. 15<sup>o</sup>C i 1013 mbar kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Gęstość mieszaniny do stężenia projektowego</b>
Dwutlenek węgla	44	1,87	5,5
Argonite	27	1,12	2,94
Inergen	34	1,44	3,6
Azot	28	1,19	5,4
FM-200	170	7,42	92,75

Źródło: Schlosser I. Normy i wytyczne dotyczące urządzeń gaśniczych gazowych, IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004

Analizując dane zawarte w tabeli 1 widoczne jest, że największą masę cząsteczkową charakteryzuje się gaz gaśniczy FM-200 (cecha ta charakteryzuje także inne chlorowcopochodne węglowodorów) co jest niewątpliwą zaletą, mającą bezpośredni wpływ na pojemność cieplną tej substancji. Większa pojemność cieplna jest najważniejszym czynnikiem determinującym fakt, że stężenie gaśnicze FM-200 tak bardzo różni się od stężenia gaśniczego innych gazów. Jednak to co jest największą zaletą wspomnianego gazu jest również jedną z jego istotnych wad. Okres utrzymania stężenia gaśniczego jest w tym przypadku około pięciokrotnie krótszy. Jeśli zastosujemy odpowiednie rozwiązania możemy zapobiec powtórnemu zapłonowi materiału palnego. Przykładem może być działająca w pomieszczeniu klimatyzacja, ponieważ wymusza ona ruch powietrza tym samym zapobiega nadmiernemu opadaniu chmury gazu.<sup>10</sup>

Innym ważnym parametrem, który należy odpowiednio dobrać jest ciśnienie. W przypadku urządzeń na dwutlenek węgla poniżej punktu potrójnego dochodzi do oblodzenia rurociągów, dlatego ciśnienie minimalne przed dyszami nie powinno być niższe niż 10 bar w przypadku instalacji niskociśnieniowych i 14 bar dla instalacji wysokociśnieniowych. Minimalne ciśnienie przed dyszami dla chlorowcopochodnych węglowodorów powinno również

<sup>10</sup> Tuzimek Z., Kubica P., Stałe urządzenia gaśnicze gazowe cz.2 - wprowadzenie do projektowania, <http://www.sgsp.edu.pl>, 23.07.2009

być powyżej pewnego poziomu w celu zapewnienia odpowiedniej szybkości odparowania i jednorodnego rozdzielenia w strefie gaszenia. Minimalne ciśnienia przed dyszami ustalane są przez producentów podzespołów i badane w ramach procedury uznawania podzespołów oraz całych urządzeń.<sup>11</sup>

Wyznaczanie stężenia gaśniczego dla określonego materiału palnego następuje za pomocą prób pożarowych przeprowadzanych w skali laboratoryjnej (przy użyciu palnika tyglowego) lub w warunkach „rzeczywistych” (próby pożarowe w pomieszczeniach o kubaturze co najmniej 100 m<sup>3</sup>, przy zastosowaniu różnych modeli pożarów np. stos drewniany, heptan w wannie stalowej).

Niestety otrzymana wartość stężenia gaśniczego jest zależna od zastosowanej metody wyznaczania, nawet niewielkie zmiany podczas badania mogą prowadzić do zmiany wyniku.<sup>12</sup>

Przy projektowaniu urządzeń gaśniczych jako podstawę przyjmuje się stężenie projektowe, które jest otrzymywane w wyniku powiększenia stężenia gaśniczego o współczynnik bezpieczeństwa. Wartość tego współczynnika wynosi 1,3 (w większości aktów normatywnych) i została przyjęta tak, aby zapewnić skuteczność działania jednocześnie ograniczając negatywny wpływ na ludzi.

Czas utrzymywania stężenia powinien zawierać się w granicach od 10 do 15 minut, czyli szczelność pomieszczenia po wyładowaniu powinna być zachowana przez co najmniej 10 minut. Wymaganie to odnosi się do wartości stężenia gaśniczego, ponieważ stężenie projektowe będzie utrzymane tylko przez krótką chwilę po wyładowaniu, a wraz z upływem czasu stężenie gazu gaśniczego w pomieszczeniu będzie maleć. Wartość stężenia końcowego, czyli po 10 minutach, należy przyjmować jako nie mniejszą niż stężenie gaśnicze dla danego typu pożaru. Dla dwutlenku węgla przyjmuje się czas utrzymania stężenia gaśniczego 20 minut.

W artykule omówiono działanie i wykorzystano do analiz następujące gazy: inergenu jako przedstawiciela obojętnych gazów gaśniczych, FM 200 jako przedstawiciela gazów fluorowcopochodnych i dwutlenku węgla jako substancji wciąż najczęściej stosowanej w instalacjach gaśniczych gazowych.

---

<sup>11</sup> Schlosser I. Normy i wytyczne dotyczące urządzeń gaśniczych gazowych, [w:] IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004

<sup>12</sup> Tuzimek Z., Kubica P., Stałe urządzenia gaśnicze gazowe cz.2 - wprowadzenie do projektowania, <http://www.sgsp.edu.pl>, 23.07.2009

## Mieszanki gazów

Mieszanki gazów obojętnych są wykorzystywane w systemach gaśniczych stworzonych jako alternatywa dla stałych urządzeń gaśniczych opartych na halonach. Są one przyjazne dla środowiska, nie wpływają negatywnie na warstwę ozonową, nie rozkładają się podczas gaszenia na uboczne produkty rozkładu. Przykładem może być mieszanka o nazwie inergen (inne to np. argonite), jest to wysokociśnieniowy środek będący mieszanką trzech naturalnie występujących w atmosferze gazów w następującym stosunku procentowym: 52% azotu, 40% argonu i 8% dwutlenku węgla.

Inergen jest użyteczny do ochrony przestrzeni z wyposażeniem elektronicznym i elementami znajdującymi się pod napięciem. Dzięki temu, że cechuje go niskie przewodnictwo prądu, nie oddziałuje negatywnie na wyposażenie. Chronione pomieszczenia mogą być zarówno przeznaczone, jak również nie przeznaczone do przebywania w nich ludzi.

Stężenie projektowe inergenu waha się między 40 a 50% i jest tak dobierane, aby obniżyć stężenie tlenu do wartości, przy której nie podtrzymywany jest proces spalania. Zawarty w inergenie dwutlenek węgla oddziałuje na organizm ludzki, ułatwia adaptację organizmu na niższy poziom tlenu w atmosferze po uwolnieniu gazu gaszącego. Stężenie dwutlenku węgla po uwolnieniu wynosi około 3% w atmosferze. Sprawia to, że człowiek zaczyna głębiej oddychać (reakcja ta pojawia się również u osób śpiących i nieprzytomnych), prowadzi to do bardziej efektywnego wykorzystania pozostałego tlenu. Maksymalne stężenie dwutlenku węgla po wyzwoleniu inergenu z instalacji może wynieść 5%. U ludzi objawia się to dusznościami, bólem głowy, kołataniem serca, jednak nie zagraża to bezpośrednio ich życiu.

Zalety systemów opartych na mieszaninach gazów obojętnych:

- nie oddziałują negatywnie na środowisko naturalne, nie powstają z nich uboczne produkty rozkładu, nie są toksyczne,
- magazynowanie w postaci gazowej, zapobiega zamgleniu pomieszczeń przy wylocie z dysz gaśniczych –tak więc widoczność np. dróg ewakuacyjnych pozostaje bez zmian,
- po zadziałaniu stężenie tlenu jest redukowane do poziomu, przy którym nie jest możliwy dalszy proces spalania.

Wady systemu:

- ze względu na brak możliwości skroplenia, koniecznością jest przetrzymywanie w butlach pod ciśnieniem, które zajmują duże powierzchnie.

- wymagane jest , aby w krótkim czasie po wyładowaniu mieszanina ta stanowiła 40 – 50% objętości pomieszczenia, powoduje to powstawanie po wyładowaniu nadciśnień i tym samym konieczność stosowania klap odciążających o dużej powierzchni,
- odległość pomiędzy punktem składowania gazu, a miejscem wyładowania nie powinna przekraczać 100 metrów,

Typowe pomieszczenia w których stosuje się systemy oparte na mieszaninach gazów to:

- serwerownie,
- pomieszczenia przetwarzania danych,
- montażownie radiowe i telewizyjne,
- magazyny olejów i alkoholi,
- centrale telefoniczne,
- pomieszczenia komputerowe,
- centra danych,
- magazyny z nośnikami informacji,
- skarbcce,
- rozdzielnie elektryczne,
- pracownie odnawiania dzieł sztuki,
- zakłady zajmujące się inżynierią chemiczną,
- magazyny i przetwórnice farb i lakierów,
- pomieszczenia diagnostyki medycznej.

## **Chlorowcopochodne węglowodorów**

Działanie gaśnicze chlorowcopochodnych węglowodorów polega na fizycznym schłodzeniu środowiska pożaru. Należą one do tej samej klasy środków, które mają zastosowanie w chłodnictwie i są środkiem efektywnie przenoszącym ciepło. Odbierają energię cieplną płomieniom w taki sposób, że reakcja spalania nie może być podtrzymywana, ponieważ następuje przerwanie tzw. trójkąta spalania (tlen, energia cieplna, materiał palny). Odbierają energię cieplną, której obniżenie poniżej poziomu charakterystycznego dla każdej substancji powoduje przerwanie procesu spalania.

Wysoka temperatura oraz produkty spalania niebezpieczne dla ludzi i elektroniki pojawiają się niemal natychmiast po wybuchu pożaru. Systemy są projektowane w taki sposób, by uzyskać minimalne stężenia projektowe w maksimum 10 sekund. Szybkie działanie

i właściwości gaśnicze pomagają zapobiegać następstwom pożarów. Na podstawie przeprowadzonych testów pożarowych zostały ustalone poziomy skutecznych stężeń gaśniczych poszczególnych środków tego typu dla różnych materiałów. W praktyce podczas projektowania instalacji gaśniczych przyjmowane są wyższe stężenia projektowe. Zgodnie z normą NFPA, współczynnik bezpieczeństwa, o jaki podwyższane są podstawowe stężenia gaśnicze, wynosi 20%. Zgodnie zaś z normą ISO i zaleceniami CNBOP współczynnik bezpieczeństwa powinien wynosić 30%.

Względnie wysoka temperatura wrzenia chlorowcopochodnych węglowodorów chroni urządzenia elektroniczne przed niebezpieczeństwem szoku termicznego, który mógłby wystąpić w przypadku zastosowania innych środków gaśniczych takich jak np. CO<sub>2</sub>. Ponadto nie przewodzą one prądu oraz nie są korozyjne. Można go więc stosować do zabezpieczenia sprzętu pod napięciem.

Właściwości fizyczne środka gaśniczego ograniczają ryzyko powstania szkód w zabezpieczanych pomieszczeniach oraz uszkodzenia elementów konstrukcyjnych z powodu nadciśnienia, co może się zdarzyć podczas wyzwolenia obojętnych gazów gaśniczych.

Jeśli chodzi o bezpieczeństwo ludzi to badania U.S. EPA (Agencja Ochrony Środowiska Stanów Zjednoczonych), pokazują, że np. FM 200 w stężeniu do 9%, można stosować w pomieszczeniach zajmowanych przez ludzi bez żadnych ograniczeń, a w stężeniu do 10,5% przy ograniczeniu czasu ekspozycji ludzi na jego działanie.<sup>13</sup>

Zaletą, która może być w pewnych warunkach istotna to niewielkie wymagania w stosunku do powierzchni składowania butli z gazem. W sytuacji, kiedy liczy się każdy metr powierzchni, jest to szczególnie istotne.

Główne zalety chlorowcopochodnych węglowodorów:

- są szybko uwalniane,
- gwarantują bezpieczeństwo ochranianemu sprzętowi,
- są stosunkowo bezpieczne dla środowiska, jeśli posiadają tzw. zerowy potencjał niszczenia warstwy ozonowej potwierdzony odpowiednimi badaniami,
- mogą być stosowane do gaszenia pożarów sprzętu elektrycznego pod napięciem,
- nie powodują powstawania tzw. szoku termicznego dla elektroniki,
- nie powodują powstawania osadów i zabrudzeń po zastosowaniu do gaszenia pożaru.

Wady chlorowcopochodnych węglowodorów:

---

<sup>13</sup> Fire Protection Handbook Nineteenth Edition , Arthur E. Cote Quincy, Massachusetts 2003

- czas wyładowania nie może przekroczyć 10 sekund ze względu na wytwarzające się szkodliwe substancje rozkładu w wyniku kontaktu gazu z płomieniami i gorącymi powierzchniami,
- ograniczona wysokość instalowania dysz,
- możliwość instalowania w pomieszczeniach, w których temperatura nie spada poniżej  $-10^{\circ}\text{C}$  i nie przekracza  $+55^{\circ}\text{C}$  w żadnym momencie,
- wyzwoleniu gazu towarzyszą następujące zjawiska: podmuch (powstanie silnych prądów powietrza zdolnych przesuwac luźne elementy wyposażenia biura), hałas (o dość dużym natężeniu nie powodującym jednak uszkodzenia słuchu), zamglenie (w chwili wyzwolenia gazu następuje zamglenie w pobliżu dysz, które ogranicza widzialność i znika w krótkim czasie po całkowitym wypuszczeniu gazu).

## Dwutlenek węgla $\text{CO}_2$

Dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) jest najstarszym środkiem gaśniczym gazowym stosowanym w stałych urządzeniach gaśniczych. Jest to bezbarwny, bezwonny, nie przewodzący prądu gaz obojętny. Ze względu na swoje właściwości duszące stopniowo jest wypierany przez inne środki, w obszarach stałego przebywania ludzi. Niemniej jednak, stanowi on dobre rozwiązanie dla ochrony technologii w przemyśle. Główne zalety  $\text{CO}_2$  to wysoka skuteczność gaśnicza oraz niska cena. Systemy  $\text{CO}_2$  poprawnie zaprojektowane, które uwzględniły systemy bezpieczeństwa personelu nie muszą stanowić niebezpieczeństwa, o ile są poprawnie eksploatowane i serwisowane przez firmy wyspecjalizowane w tym zakresie.

Konstrukcja pomieszczeń chronionych urządzeniem gaśniczym przez całkowite wypełnienie powinna posiadać szczelne ściany i drzwi, aby odpowiednio długo możliwe było zapewnienie wymaganego stężenia. Otwory powinny się samoczynnie zamykać, a urządzenia wentylacyjne wyłączać przed lub przynajmniej jednocześnie z uruchomieniem urządzenia gaśniczego i pozostawać zamknięte w czasie gaszenia. Urządzenia gaśnicze mogą być w zależności od potrzeb uruchamiane samoczynnie i ręcznie lub tylko ręcznie. Zadziałanie mechanizmu uruchamiającego powinno powodować zadziałanie całego urządzenia gaśniczego łącznie z wykonaniem funkcji pomocniczych takich, jak: wysłanie sygnałów alarmowych, wyłączenie urządzeń wentylacyjnych, pomp, przenośników, grzejników, zasuw, żaluzji itp. Wszystkie urządzenia należy lokalizować, instalować i odpowiednio zabezpieczać tak, aby nie podlegały uszkodzeniom mechanicznym, chemicznym i innym, które mogą mieć ujemny wpływ na ich działanie. Urządzenia uruchamiane samoczynnie powinny być sterowane przez elementy sys-

temu sygnalizacji pożarowej posiadające certyfikat i świadectwo dopuszczenia. Przy stosowaniu do wykrywania pożaru czujek dymu lub płomienia, urządzenie gaśnicze należy zaprojektować tak, aby zadziałało w wyniku zaistnienia koincydencji liniowej lub strefowej.

Do obliczenia potrzebnej ilości dwutlenku węgla podstawowym parametrem jest kubatura pomieszczenia, rodzaj materiału chronionego, powierzchnia niezamykanych otworów (należy pamiętać, że niedopuszczalne są otwory w podłodze) i wentylacja. Od kubatury należy odliczać objętość stałych elementów konstrukcyjnych, jak: kolumny, belki itp.

W przypadku dwóch lub większej liczby połączonych kubatur, pomiędzy którymi może wystąpić „swobodny przepływ” dwutlenku węgla lub pożar mógłby rozprzestrzenić się z jednego pomieszczenia do drugiego, ilość dwutlenku węgla powinna równać się sumie ilości obliczonych dla każdej kubatury. Jeżeli jedna kubatura wymaga stężenia większego niż normalne, we wszystkich połączonych kubaturach należy stosować stężenie wyższe. Czas rzeczywisty wyładowania obliczonej wymaganej masy dwutlenku węgla  $m$  powinien być nie dłuższy niż 60 sekund.

Dwutlenek węgla powinien być magazynowany w taki sposób, aby był zawsze gotowy do użycia. Gdy urządzenie gaśnicze zabezpiecza jeden lub więcej obiektów chronionych, w szczególnych przypadkach może być potrzebna 100% rezerwa masy dwutlenku węgla. W pozostałych przypadkach, przy ustaleniu wielkości rezerwy dwutlenku węgla, należy brać pod uwagę przede wszystkim czas potrzebny do przywrócenia urządzenia do stanu gotowości. Zbiorniki z dwutlenkiem węgla wraz z odpowiednimi zaworami, mechanizmami uruchamiającymi i innymi urządzeniami powinny być, w miarę możliwości, zlokalizowane w pomieszczeniu nie zagrożonym pożarem. Pomieszczenie to powinno być usytuowane w pobliżu przestrzeni chronionych i łatwo dostępne. Pomieszczenie, w którym znajdują się zbiorniki z dwutlenkiem węgla, powinno być zabezpieczone przed wejściem osób nieupoważnionych. W pewnych przypadkach i za zezwoleniem właściwej jednostki dopuszcza się lokalizację zbiorników z dwutlenkiem węgla w pomieszczeniach chronionych.

## **Alternatywne Systemy Gaśnicze**

### **Aerozole gaśnicze**

Generatory aerozoli gaśniczych wytwarzanych pirotechnicznie są to metalowe pojemniki wypełnione substancją, która pod wpływem spalania generuje aerozol gaśniczy. Może on być wytwarzany dwoma sposobami:

- pirotechnicznie, wytwarzanie w wyniku spalania środka aeroszotwórczego,

- pneumatycznie, wytwarzanie w wyniku podania strumieniem sprężonego gazu bardzo rozdrobnionego proszku (średnice ziaren rzędu 0,001mm) podobnie jak ma to miejsce w gaśnicach proszkowych.

Gaszenie generatorem gaśniczym polega na zapaleniu środka aerozolutwórczego, następstwem czego jest intensywne wydzielanie w produktach spalania aerozolu gaśniczego do obszaru pożaru. Gaszenie pożaru aerozolem polega na przerwaniu łańcucha reakcji spalania - inhibicji rodników spalania - czyli związaniu niestabilnych molekuł płomienia przez aktywne cząsteczki substancji (metali alkalicznych) wchodzących w skład aerozolu.

Aktywacja generatora może nastąpić elektrycznie poprzez system automatycznego wykrywania pożaru albo rzadziej termicznie poprzez samoistne zapalenie termoczułego zaprojektowanego na odpowiednią temperaturę lontu (spełniającego podobną funkcję jak ampułka lub zamek topikowy w tryskaczu). Produktem spalania substancji zawartej w metalowym pojemniku jest aerozol gaśniczy o właściwościach fizyko-chemicznych zbliżonych do proszków gaśniczych klasy BC i działających w podobny sposób na płomień. Aerozole składają się z dużo mniejszych drobin, mają one dużo większą powierzchnię właściwą i dzięki temu przy tej samej masie medium gaśniczego rozwijają znacznie większą powierzchnię oddziaływania w płomieniu, co powoduje, że bardziej skutecznie gaszą płomień.<sup>14</sup>

Generatory mogą być stosowane w pomieszczeniach zamkniętych, do gaszenia niektórych ciał stałych i płynnych materiałów palnych oraz instalacji elektrycznych niskiego i średniego napięcia.

Pod warunkiem właściwego doboru i zastosowaniu z uwzględnieniem właściwych przepisów mogą zostać wykorzystane do ochrony pomieszczeń produkcyjnych i magazynowych, laboratoriów, skarbców, muzeów, archiwów, bibliotek, pomieszczeń technicznych w teatrach, kinach, urzędach, szkołach itp. oraz systemów i instalacji energetycznych i elektroenergetycznych (np. tunele i szyby kablone, stacje transformatorowe, stacje przełączające i przekaźnikowe).

Zalety urządzeń gaśniczych aerozolowych:

- nie powodują obniżenia zawartości tlenu w atmosferze pomieszczenia, poniżej dopuszczalnego minimum,
- nie szkodzą warstwie ozonowej wokół Ziemi,
- nie wymagają skomplikowanych instalacji rurowych, zbiorników wodnych ani ciśnieniowych, urządzeń pomocniczych (np. sprężarki, pompy, dysze, zawory

---

<sup>14</sup> Zbrożek P. Generatory aerozoli gaśniczych wytwarzanych pirotechnicznie, Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2006 nr 2, 3, 4



itp.), wydzielonych pomieszczeń przeznaczonych na umieszczenie urządzeń systemu gaszenia (zbiorniki, sprężarki, pompy itp.),

- łatwość demontażu oraz zmiany jego usytuowania w przypadku remontów lub zmian przeznaczenia pomieszczeń,
- eksploatacja generatorów nie pociąga za sobą prawie żadnych kosztów - praktycznie nie wymagają one konserwacji,
- magazynowanie, transport i montaż generatorów jest łatwy i bezpieczny,
- są lekkie i posiadają niewielkie rozmiary w porównaniu z innymi stałymi urządzeniami gaśniczymi,

Wady urządzeń gaśniczych aerozolowych:

- wykazują nieskuteczność przy pożarach, przy których spalanie jest bezpłomieniowe lub, przy których tlen nie jest dostarczany z powietrza, niska skuteczność przy pożarach głęboko posadowionych, pożarach materiałów tłących się, żarzących się lub zwęglających się (ograniczają się do kontrolowania takiego pożaru),
- generatorów aerozolu nie wolno bezwzględnie stosować do gaszenia materiałów zapalających się samorzutnie w powietrzu, materiałów wybuchowych i pirotechnicznych, materiałów ulegających samorzutnemu rozkładowi lub polimeryzacji, metali - pożary grupy D,
- posiadają tendencję do osiadania w przestrzeniach, w których występują przeszkody w swobodnym rozchodzeniu się aerozolu,
- możliwość uszkodzenia materiałów i aparatury wrażliwych na zanieczyszczenia- aerozol (np. aparatura elektroniczna wymagająca czystego środowiska, niektóre czyste procesy technologiczne),
- możliwość uszkodzenia materiałów i aparatury wrażliwych na wysokie pH. Aby temu zapobiec osiadły z aerozoli pył, żużel, jaki i zużyte generatory należy możliwie szybko usunąć,
- możliwość termicznego uszkodzenia elementów położonych bezpośrednio pod pracującym generatorem i w zasięgu bezpośredniego oddziaływania strumienia,
- pomimo że generatory mogą tworzyć instalację gaśniczą w obiekcie budowlanym, nie zostały one objęte mandatem Komisji Europejskiej zharmonizowanym z Dyrektywą Budowlaną 89/106/EWG

## Systemy inertyzujące

Systemy zapobiegania powstawania pożarów oparte na redukcji w sposób ciągły stężenia tlenu w środowisku, w którym prawdopodobne jest zaistnienie pożaru. System tego typu wydaje się bardzo obiecującym rozwiązaniem i warto zapoznać się z podstawowymi zasadami jego działania, praktycznym wykorzystaniem oraz zaletami i wadami użytkowania.<sup>15</sup>

System redukcji tlenu powoduje obniżenie stężenia tlenu w pomieszczeniu do takiej wartości, przy której nie może zaistnieć proces palenia, jak również nie może dojść do eksplozji. Zasada działania podobna jest do działania gazowych systemów gaszenia pożarów (np. na dwutlenek węgla, mieszanek argonu i azotu). Istnieje jednak jedna zasadnicza różnica. Podczas gdy gazowe systemy gaszenia uruchamiają się dopiero w momencie wykrycia oznak pożaru, o tyle systemy redukcji tlenu instaluje się w celu nie dopuszczenia do powstania pożaru. Chronione pomieszczenie zostaje wypełnione azotem w takiej ilości, aby stężenie tlenu zmniejszyło się do wartości stężenia projektowego, które jest o 1% niższe niż granica zapalności (wartość granicy zapalności waha się pomiędzy 12% a 18% w zależności od rodzaju substancji), w praktyce stężenie tlenu trzeba zmniejszyć jeszcze o ok. 0,5 procenta w celu zrównoważenia ewentualnych błędów metody pomiarowej i niedokładności urządzeń pomiarowych.<sup>16</sup>

Zalety systemu redukcji tlenu:

- pełnienie funkcji prewencyjnej,
- brak szkód powodowanych przez ogień, dym i akcje gaśniczą,
- brak fałszywych alarmów, które np. w obiektach z instalacją tryskaczową mogą być bardzo kosztowne,
- systemy tego typu stanowią alternatywę dla innych systemów chroniących pomieszczenia, w których znajdują się instalacje ważne dla funkcjonowania infrastruktury krytycznej, a których wszelkie zakłócenia działania wiążą się z zagrożeniem dla ludzi i środowiska ponieważ ich celem jest zapobieganie pożarom, a nie ich gaszenie, więc teoretycznie zjawisko pożaru w przestrzeni chronionej nie powinno wystąpić,
- brak szkodliwego wpływu instalacji na środowisko naturalne, zarówno przy prawidłowym funkcjonowaniu, jak również w przypadku ewentualnej awarii.

Wady systemów redukcji tlenu:

---

<sup>15</sup> Sowa T., Systemy redukcji tlenu. Analiza praktycznego wykorzystania. Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2008 nr 4

<sup>16</sup> Sowa T., Systemy redukcji tlenu. Analiza praktycznego wykorzystania. Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2008 nr 4

- konieczność ograniczenia czasu przebywania ludzi w tych pomieszczeniach, sprawia to, że zostają znacznie zawężone możliwości ich praktycznego zastosowania,
- w magazynach wysokiego składowania, problem może stanowić stopień zwarcia wnętrza budynku, częstotliwość wwożenia lub wywożenia towarów, różnica temperatur wewnątrz magazynu i w jego otoczeniu oraz jego wysokość.<sup>17</sup> Wiąże się to z wysokimi kosztami eksploatacji, co na pewno nie zadowoli inwestora i użytkowników.
- kwestia właściwego zaprojektowania instalacji, co z całą pewnością nie jest zadaniem łatwym. Nawet jeśli instalacja zostanie zaprojektowana właściwie, to żaden projektant nie ustrzeże się nieplanowanych zmian aranżacji wnętrza, które mogą spowodować, że system nie będzie właściwie spełniał swojej roli.
- trudnym zadaniem jest zapewnienie odpowiedniej szczelności pomieszczeń. Wiąże się to z dodatkowymi nakładami finansowymi, które trzeba doliczyć do kosztów instalacji.
- obecny stan aktów prawnych w Polsce, które nie uwzględniają możliwości zastosowania tej technologii, a co za tym idzie ich użycie do ochrony przestrzeni nie powoduje obniżenia wymagań z zakresu bezpieczeństwa pożarowego. Fakt ten może zniechęcić wielu inwestorów.

Systemy redukcji tlenu mogą znaleźć zastosowanie szczególnie w obiektach, w których niemożliwe do zaakceptowania są jakiegokolwiek straty, zarówno te spowodowane przez pożar i działania gaśnicze, jak również straty, do których dojdzie w wyniku zaistnienia fałszywego alarmu.

## **Porównanie stałych urządzeń gaśniczych**

### **Skuteczność gaśnicza**

Skuteczność gaśnicza, czyli zdolność systemu gaśniczego do ugaszenia pożaru modelowego jest złożoną funkcją wielu parametrów środka gaśniczego takich jak:

- urządzenia gaśnicze wykorzystujące wodę: energia kinetyczna strumienia, objętość strumienia, gęstość, średnica kropli wody,
- urządzenia gazowe: stężenie, sposób działania (obniżanie stężenia tlenu, działanie chemiczne), ciężar właściwy, czas retencji,

---

<sup>17</sup> Sowa T., Systemy redukcji tlenu. Analiza praktycznego wykorzystania, Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2008 nr 4

- urządzenia działające na zasadzie inercji: szczelność pomieszczenia, stężenie tlenu,
- urządzenia aerozolowe: miejsce umieszczenia generatora, układ pomieszczenia, rodzaj palącej się substancji.

Skuteczność gaśnicza stałych instalacji gaśniczych zależy jednak w głównej mierze od: własności fizykochemicznych spalającej się substancji, sposobu składowania materiałów palnych, właściwego zaprojektowania i wykonania instalacji pod względem jakościowym i ilościowym, przyczyny powstania pożaru, momentu rozpoczęcia gaszenia, efektywnej powierzchni gaszenia, intensywności zraszania.

W przypadku urządzeń gaśniczych bazujących na wodzie kluczową rolę w skutecznym gaszeniu pożarów odgrywiają mechanizmy gaśnicze oparte na chłodzeniu (odbieraniu strumienia ciepła przez czynniki zewnętrzne w stosunku do pożaru). Ze względu na sposób oddziaływania na strefę spalania można je podzielić na:

- zwiększające straty ciepła z procesu spalania do otoczenia – na przykład poprzez zastosowanie instalacji mgłowych do chłodzenia strefy spalania,
- zmniejszające szybkość zasilania płomienia parami cieczy lub produktami pirolizy materiału stałego – schładzania powierzchni cieczy lub ciała stałego wodą z dodatkami lub pianą,
- niedopuszczające do nagrzania się materiałów palnych do temperatury pirolizy – schładzanie wodą materiałów narażonych na działanie promieniowania cieplnego.

Następujące środki gaśnicze nie są oparte na wodzie i nie mają działania chłodzącego lub oddziaływanie to jest nieistotne dla procesu spalania:

- aerozole gaśnicze – działają antykatalitycznie oraz rozcieńczająco (działanie fizyczne)
- obojętne gazy gaśnicze – gazy nie oddziałują chemicznie z płomieniem, działają rozcieńczająco,
- zamienniki halonów – w niewielkim stopniu ochładzają środowisko, działają głównie fizycznie. Są to chlorowcopochodne węglowodorów nie zawierające w swojej strukturze bromu.

Substancje tego typu z definicji przeznaczone są do stosowania wyłącznie w przestrzeniach zamkniętych.

Porównując stałe urządzenia gaśnicze pod względem skuteczności gaśniczej trudno jest wykazać wyższość którejkolwiek z rozwiązań, ponieważ ich grupy docelowe zastosowania często są rozbieżne. Jednak posiłkując się wymaganiami standardów, według których są one badane i dopuszczane przez jednostki badawczo rozwojowe na całym świecie, można

stwierdzić, że charakteryzują się wystarczającymi możliwościami gaśniczymi do dedykowanych dla nich zastosowań.

### **Zakres praktycznego zastosowania**

#### Budynki mieszkalne i użyteczności publicznej

Najlepszym rozwiązaniem biorąc pod uwagę charakter tego typu obiektów i stałą obecność ludzi jest zastosowanie urządzeń tryskaczowych lub mgłowych.

#### Budynki wielko kubaturowe i otwarte przestrzenie

Przez budynki wielko kubaturowe i otwarte rozumie się obiekty o powierzchniach kilku tysięcy m<sup>2</sup>, posiadających znaczne wysokości oraz duże nieuszczelności. Do ochrony przeciwpożarowej nie można stosować urządzeń gaśniczych gazowych oraz aerozolowych ze względu na trudności z osiągnięciem i utrzymaniem stężenia gaśniczego. Jedynym rozwiązaniem jest stosowanie tryskaczy lub ewentualnie po przeprowadzeniu analizy warunków budowlano-technicznych i zagrożeń, mgły wodnej, choć należy zwrócić uwagę że na świecie są już przypadki wykorzystania systemów stałej redukcji tlenu do zabezpieczania magazynów.

#### Serwerownie

Generalnie do ochrony serwerowni stosuje się tylko takie rozwiązania, które posiadają odpowiednie certyfikaty. Niestety ogranicza to wybór rozwiązania zaledwie do kilku środków gaśniczych. W momencie wyboru sposobu ochrony serwerowni konieczne jest zastanowienie się nad doбором środka gaśniczego. W przypadku małych powierzchniowo serwerowni, warto zastanowić się nad chlorowcopochodnymi węglowodorów, które sprawdzają się jako środek gaśniczy w pomieszczeniach, gdzie znajdują się szczególnie wrażliwe urządzenia elektroniczne. Ważnym faktem przemawiającym na niekorzyść chlorowcopochodnych węglowodorów jest ich niekorzystny wpływ na urządzenia. Mogą one, jeśli nie zostanie zapewniony właściwy czas osiągnięcia stężenia gaśniczego, powodować wzmożoną korozję ze względu na wydzielające się substancje toksyczne podczas kontaktu z płomieniami i gorącymi powierzchniami.

Natomiast, jeżeli jest to serwerownia, składająca się ze sprzętu o dużej mocy obliczeniowej i dużych pojemnościach macierzy dysków, to lepszym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie stałego urządzenia gaśniczego bazującego na gazach obojętnych. Główne zalety takiego rozwiązania to: brak utraty przejrzystości powietrza w trakcie wyzwolenia środka gaśniczego, przez co, obsługa znajdująca się wewnątrz ma szansę na bezpieczną ewakuację, choć wciąż istnieje zagrożenie odniesienia obrażeń ciała spowodowanych np. gazem wypływającym z dyszy, dlatego m.in. stosuje się czas na ewakuację. Należy pamiętać, że zastosowanie CO<sub>2</sub>

do serwerowni może spowodować zagrożenie dla personelu oraz dla wyposażenia elektronicznego.

Gazy obojętne są bardzo skuteczne, dają możliwość umieszczenia butli w odległości do 100 metrów od pomieszczeń bronionych. Dodatkowo poprzez zastosowanie zaworów kierunkowych, w urządzeniach wielostrefowych, można znacznie zredukować koszty instalacji.

Niestety gazy obojętne podobnie jak chlorowcopochodne węglowodorów wymagają zastosowania klap odciążających, często o dość dużej powierzchni. Powinny one być tak dobrane, aby stężenie tlenu oraz ciśnienie powietrza zawierało się w określonym przedziale, co nie we wszystkich pomieszczeniach jest łatwe do zrealizowania.

W ostatnim czasie dosyć głośno jest o wykorzystaniu do gaszenia pożarów w serwerowniach mgły wodnej, która jest bezpieczna dla ludzi. Jednak wśród ewentualnych nabywców wciąż istnieją duże obawy co do skuteczności takiego rozwiązania i oddziaływania na sprzęt elektroniczny. Przeprowadzone zostało wiele prób (szczególnie przez producentów w formie pokazów), które wskazują, że mgła wodna nie stanowi poważnego zagrożenia dla urządzeń elektronicznych. Jednak w rzeczywistości prawdopodobieństwo uszkodzenia istnieje i taki fakt może być nie do zaakceptowania gdy chronimy bardzo kosztowny sprzęt. Dlatego wciąż mało jest zainstalowanych stałych urządzeń gaśniczych na mgłę wodną w serwerowniach.

Elementem, na który bez wątpienia trzeba zwrócić uwagę, są warunki stawiane przez ubezpieczyciela. W takim przypadku może się okazać, że ze względu na jego wymagania jedynym rozwiązaniem jest wybór środka gaśniczego posiadającego niezbędne certyfikaty (CNBOP, UL, FM, LPC, VdS).

Nieodzwonne może okazać się zainstalowanie w połączeniu ze stałym urządzeniem gaśniczym systemu wczesnej detekcji dymu. Pozwoli on na wczesne wykrycie pożaru i natychmiastowe rozpoczęcie działań gaśniczych.

### Pomieszczenia z urządzeniami pod napięciem

W przestrzeniach z urządzeniami pod napięciem problem stanowi m.in. przewodność wody, co powoduje, że stosowanie instalacji tryskaczowych w pomieszczeniach z urządzeniami elektroenergetycznymi nie jest możliwe. Koncepcją ochrony odpowiednią do występującego tam zagrożenia pożarowego jest zastosowanie urządzeń gaśniczych na gazy obojętne lub fluorowcopochodne węglowodorów, służących do ochrony pomieszczeń lub ochrony miejscowej, zainstalowanych w rozdzielniach, urządzeniach sterujących i innych urządzeniach szczególnego rodzaju.

### Składowiska cieczy palnych

Ze względu na masę właściwą i cechy wielu cieczy palnych, powodujące, że nie mieszają się one od razu z wodą, istnieje niebezpieczeństwo, że pożar po podaniu wody nie zostanie ugaszony, lecz jeszcze bardziej się rozprzestrzeni. Do gaszenia cieczy palnych o znacznej objętości (powyżej kilku m<sup>3</sup>) lub cieczy mogących spalać się na stosunkowo dużej powierzchni (powyżej kilku m<sup>2</sup>) oraz cieczy palnych o temperaturze zapłonu poniżej 328,15 K (55°C) (pożary grupy B) nie zaleca się stosowania aerozoli gaśniczych.<sup>18</sup>

Rozwiązaniem może być użycie urządzeń tryskaczowych z dozowaniem środków pianotwórczych tworzących film wodny. Urządzeniami szczególnie nadającymi się do ochrony przestrzeni składowania cieczy palnych, są urządzenia gaśnicze gazowe i pianowe.

Dokonując wyboru systemu gaśniczego, należy wziąć pod uwagę typ cieczy, z jakimi mamy do czynienia. Jeśli są to bazy paliw o pojemnościach kilkuset metrów sześciennych, to trzeba mieć świadomość, że żaden system nie będzie w stanie ugasić pożaru takiego zbiornika, a jedynie może pełnić funkcję pomocniczą dla działań prowadzonych przez straż pożarną.

#### Urządzenia transportu pneumatycznego

Duża prędkość transportu i wydzielania się małych ilości ciepła sprawiają, że w urządzeniach transportu pneumatycznego wymagane jest zastosowanie szczególnie dostosowanych urządzeń wykrywania i gaszenia pożarów. Dla tego typu urządzeń transportowych opracowane zostały specjalne urządzenia do gaszenia lub usuwania iskier, dzięki którym niebezpieczeństwo przeniesienia się lub wprowadzenia iskier do znajdujących się za nimi przestrzeni zagrożonych wybuchem zostaje zmniejszone odpowiednio do poziomu istniejącego zagrożenia.<sup>19</sup>

#### Silosy, zasobniki, urządzenia filtrujące

W celu opanowania pożarów bezpłomieniowych lub w celu zapobieżenia wybuchom pyłów stosowane są urządzenia inertyzujące. Jako urządzenia gaśnicze można zastosować urządzenia gaśnicze gazowe wykorzystujące dwutlenek węgla, szczególnie w przypadku materiałów pęczniejących pod wpływem wody. Zasadniczo jest zalecane, aby silosy i urządzenia do filtrowania były oddzielone od innych budynków, przy pomocy elementów oddzielen budowlanych lub zachowania odpowiednich odległości.

#### Frytkownice

Rozgrzane oleje w frytkownicach i przestrzeniach kuchennych nie mogą być gaszone wodą, ponieważ na skutek natychmiastowego odparowania wody następują wyrzuty tłuszczu.

---

<sup>18</sup> VdS 2377:1998-12 *Sprinkleranlagen - Grenzen der Einsatzmöglichkeiten*

<sup>19</sup> VdS 2377:1998-12 *Sprinkleranlagen - Grenzen der Einsatzmöglichkeiten*

W przestrzeniach tych zaleca się stosować urządzenia na mgłę wodną lub wykorzystujące proszek gaśniczy.

#### Przestrzenie zagrożone wybuchem

W zakładach, w których podczas produkcji może wystąpić zwiększone odkładanie się pyłu lub oddzielanie się włókien i drobin w wyniku zmechanienia, (np. w przemyśle papierniczym, włókienniczym, drzewnym) należy liczyć się z tym, że ze względu na szybkie rozprzestrzenianie się pożaru – bez wydzielenia dostatecznej ilości ciepła w jego fazie początkowej – przekroczone zostaną możliwości (wydajność) urządzenia tryskaczowego.<sup>20</sup> W takich przypadkach ważniejsze jest zastosowanie zabezpieczeń przeciwwybuchowych.

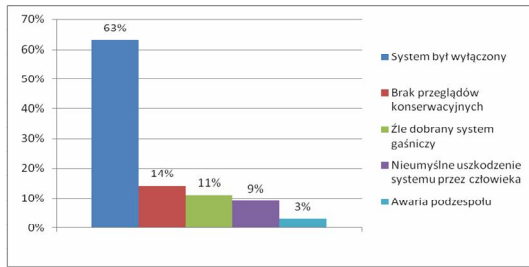
#### **Niezawodność działania**

Szybkość reakcji i ugaszenia pożaru daje wymierne oszczędności w kwotach, często wielokrotnie przewyższających koszt wykonania instalacji. Przeprowadzono badania pod kątem kosztów przerwy eksploatacyjnej spowodowanej przez pożar, w zależności od rodzaju chronionego pomieszczenia i czasu trwania przerwy eksploatacyjnej. Przykładowo pożar w serwerowni dużej sieci telefonii komórkowej może spowodować straty wynoszące nawet kilka milionów złotych na godzinę. Widoczne jest jak ogromne koszty wiążą się z wszelkiego rodzaju przerwami technologicznymi. Przy takich kwotach koszty instalacji gaśniczej wydają się niewspółmiernie niskie, w kontekście niemożności przywrócenia sprawności instalacji w krótkim okresie czasu. Ugaszenie pożaru we wczesnej fazie to najskuteczniejszy sposób uniknięcia przestoju produkcyjnych, szkód oraz związanych z nimi kosztów napraw. Na rysunku 2 przedstawiono główne przyczyny niezadziałania stałych urządzeń gaśniczych, natomiast na rysunku 3 przyczyny nieskutecznego działania SUG-ów.

---

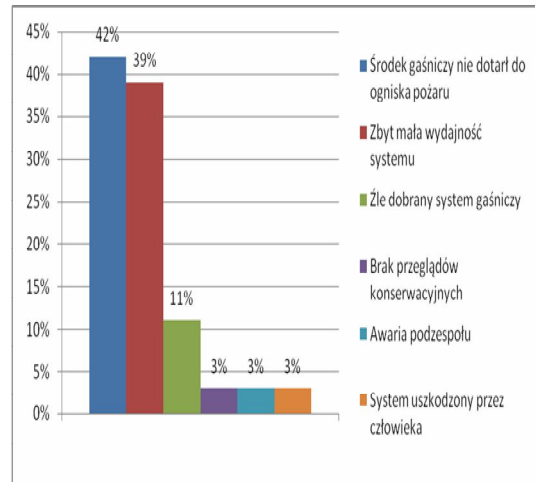
<sup>20</sup> VdS 2377:1998-12 *Sprinkleranlagen - Grenzen der Einsatzmöglichkeiten*





**Ryc. 2.** Główne przyczyny niezadziałania stałych urządzeń gaśniczych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: John R. Hall U.S. experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment. NFPA January 2009



**Ryc. 3.** Główne przyczyny niewłaściwego zadziałania stałych urządzeń gaśniczych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: John R. Hall U.S. experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment. NFPA January 2009

Analizując wykres pokazany na rysunku 3 widoczne jest, że bardzo istotną kwestią przy stałych urządzeniach gaśniczych jest ich właściwe zaprojektowanie i zainstalowanie na obiekcie. Profesjonalizm firm zajmujących się tą dziedziną poparty odpowiednią wiedzą i doświadczeniem pracowników jest kluczem do sukcesu w zakresie niezawodności systemów.

Ważnym aspektem jest również analiza kosztów zadziałania instalacji w wyniku fałszywego alarmu. Trudno jednoznacznie określić, co jest kosztowniejsze, czy zniszczenia spowodowane przez wodę, która jest tanim środkiem gaśniczym, czy może zadziałanie instalacji gazowej, która co prawda nie powoduje szkód, natomiast ponowne napełnienie butli wiąże się z kosztami rzędu kilkuset tysięcy złotych, z kolei zadziałanie instalacji aerozolowej, powoduje, że po jej wyzwoleniu niezbędny jest trudny i kłopotliwy proces sprzątnięcia przy pomocy specjalistycznego sprzętu.

Urządzenia tryskaczowe stanowią na całym świecie, ze względu na swą uznaną niezawodność, najskuteczniejszy środek ochrony przeciwpożarowej w budynkach zakładów przemysłowych, handlowych czy usługowych. Niezawodność zapewniana jest przez odpowiednie dostosowanie urządzeń do poziomu zagrożenia chronionych przestrzeni i urządzeń. Zastosowanie urządzeń natrafia na swoje granice tam, gdzie środek gaśniczy, sposób działania i czułość urządzenia tryskaczowego nie są odpowiednie do istniejącego zagrożenia pożaro-

wego. Czasami sposobem na rozwiązanie niektórych problemów mogą być instalacje tryskaczowe sterowane za pomocą systemu sygnalizacji pożarowej.

Urządzenia mgłowe wymagają podobnych działań konserwacyjnych w celu zapewnienia ich niezawodności. W tym wypadku należy pamiętać o zapewnieniu niezawodności działania automatyki, np. poprzez wykorzystanie mechanizmów pneumatycznych.<sup>21</sup>

Problem niezawodności automatyki pojawia się również w przypadku urządzeń wykorzystujących gazy gaśnicze. Jest to decydujący element w zakresie całej instalacji i aby zapewnić jego właściwe działanie należy: stosować certyfikowane elementy składowe, bezbłędnie zaprojektować i wykonać instalację gaśniczą oraz system wykrywania dymu zgodnie ze standardami (VdS, NFPA, BS).

W przypadku urządzeń gaśniczych aerozolowych główne ich wady w aspekcie niezawodności to:

- spadek stężenia aerozolu w czasie, dlatego w przypadku konieczności zachowania długiej retencji konieczne są dodatkowe doładowania w okresach około 10-15 min. Podany czas jest wartością szacunkową. Jeśli pomieszczenie jest na tyle szczelne, że aerozol nie „ucieka” z gaszonego pomieszczenia, a tylko osiada to środkiem zapobiegawczym przeciw temu osiadaniu może być użycie wentylatorów.
- zawodność odpalania, urządzenia pracujące z wykorzystaniem pirotechniki mają tą przypadłość, że czasem zdarzają się niewypały. Środkiem zapobiegawczym może tu być redundancja czyli ich dublowanie – co w przypadku generatorów może być z powodzeniem zastosowane.
- konieczność wyłączenia klimatyzacji w czasie gaszenia, gdyż aerozol jest wychwytywany przez filtry urządzenia klimatyzacyjnego, co przyczynia się do szybkiego spadku stężenia aerozoli, a poza tym grozi to uszkodzeniem klimatyzacji.<sup>22</sup>

### **Koszty instalacji i użytkowania**

Porównując poszczególne rozwiązania w zakresie stałych urządzeń gaśniczych konieczne jest przedstawienie ich kosztów instalacji i eksploatacji. Spojrzenie z tej perspektywy szczególnie ważne jest dla inwestorów, którzy starają się ograniczać koszty procesu inwestycyjnego oraz późniejszego użytkowania obiektu. Oczywiście jest, że nie wszystkie rozwiązania można bezpośrednio porównać bez szerszego spojrzenia na charakter ich zastosowania, np.

---

<sup>21</sup> VdS 2815:2001-03 Zusammenwirken von Wasserlöschanlagen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) - Merkblatt zum Brandschutz

<sup>22</sup> NFPA 2010 Standard for Fixed Aerosol Fire-Extinguishing Systems 2006

nikt nie zdecyduje się na tryskacze w serwerowni tylko dlatego, że same w sobie generują niskie koszty, ponieważ takie podejście może w przypadku zadziałania instalacji spowodować gigantyczne zniszczenia sprzętu i niedopuszczalne przerwy w funkcjonowaniu.

W tabeli 2 podano wartości średnich strat z lat 2003 -2006 na pojedynczy pożar w Stanach Zjednoczony z podziałem na obiekty posiadające stałe urządzenia gaśnicze i takich nie posiadające. Redukcja strat po zastosowaniu SUG-ów jest bardzo widoczna.

Tabela 2.

**Uśredniona wartość strat na pojedynczy pożar dla kilku typów obiektów posiadających i nie posiadających stałe urządzenia gaśnicze**

Typ obiektu	Koszty		
	Bez SUG w USD	z zainstalowanymi SUG-ami w USD	Redukcja strat
Użyteczności publicznej	36 000	17 000	52%
Szkoły i uczelnie	17 000	9 000	46%
Placówki ochrony zdrowia	11 000	4 000	67%
Obiekty hotelowe	17 000	7 000	58 %
Obiekty przemysłowe	75 000	35 000	53%
Obiekty biurowe	43 000	23 000	47%
Obiekty handlowe	102 000	86 000	16%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie publikacji John R. Hall Jr. US Experience with sprinklers and other automatic extinguishing equipment NFPA January 2009

Koszty instalacji gaśniczych są bardzo zróżnicowane – od tanich instalacji, po wymagające wysokich nakładów finansowych. Dlatego decydując się na wybór konkretnej oferty należy mieć na uwadze przede wszystkim nie cenę, ale jakość oferowanego rozwiązania. Z uwagi na fakt, że jakość zastosowanego rozwiązania nie jest możliwa do zweryfikowania do momentu wybuchu pożaru i konieczności uruchomienia instalacji, niezwykle istotne jest, aby została ona zaprojektowana, zainstalowana i uruchomiona przez specjalistów posiadających wieloletnie doświadczenie, wiedzę oraz odpowiednie zaplecze techniczne.

Należy pamiętać o tym, że cena zainstalowania w przypadku każdej instalacji będzie zależała od stopnia skomplikowania obiektu oraz jego wielkości i typu. W oparciu o przeprowadzone analizy kilku przetargów rozstrzygniętych w latach 2007 – 2008 stwierdza się, że koszt instalacji tryskaczowej w budynku użyteczności publicznej wynosi około 17 PLN za metr kwadratowy, natomiast koszt konserwacji to około 5 PLN za metr kwadratowy powierzchni budynku rocznie. Koszty samej instalacji w średniej wielkości serwerowni to ok. 120 000 PLN (należy dodać koszty napełnienia butli gazem) natomiast czynności konserwacyjnych obejmujących m.in. sprawdzenie szczelności instalacji i przestrzeni chronionych w przypadku instalacji wykorzystującej inergen wahają się w granicach 150 – 200 PLN/m<sup>2</sup>.

Należy również wziąć pod uwagę koszt powierzchni potrzebnej do składowania butli. Instalując systemy na gaz obojętny, niejednokrotnie potrzebna jest siedmiokrotnie większa powierzchnia składowania butli niż w przypadku instalacji na chlorowcopochodne węglowodórów.

### **Bezpieczeństwo ludzi**

Bezpieczeństwo osób przebywających w obiekcie jest istotnym argumentem decydującym o zastosowaniu stałych urządzeń gaśniczych w obiekcie.

Systemami, które nie wywierają negatywnego wpływu na organizm człowieka są urządzenia tryskaczowe, zraszaczowe i mgłowe.

Pomimo zapewnień producentów i dystrybutorów gazy gaśnicze zarówno obojętne, jak również chlorowcopochodne węglowodórów oddziałują negatywnie na organizm ludzki. Wynika to głównie z obniżenia stężenia tlenu w pomieszczeniu chronionym, dlatego lepsze są rozwiązania wymagające niższych stężeń gaśniczych. Trzeba jednak pamiętać, że chlorowcopochodne węglowodórów wcale nie są idealnym rozwiązaniem, ponieważ podczas kontaktu z płomieniami i gorącymi powierzchniami powstają bardzo szkodliwe związki chemiczne (zarówno dla ludzi jak również dla urządzeń), dlatego konieczne jest minimalizowanie szkodliwego wpływ poprzez krótki czas wyzwolenia.

W przypadku aerozoli gaśniczych mogą one być skutecznie i bezpiecznie stosowane pod warunkiem, że zidentyfikuje się wszystkie możliwe zagrożenia i podejmie odpowiednie środki zapobiegawcze. Główne zagrożenia, jakie niesie ze sobą stosowanie aerozoli gaśniczych to szkodliwe działanie na organizm człowieka przy długim oddziaływaniu aerozolu, głównie na drodze inhalacji. Oprócz wysoko zdyspergowanych soli i tlenków metali alkalicznych – zwykle potasu, w produktach powstających przy wytwarzaniu aerozolu znajdują się również inne substancje mogące być inhalowane przez człowieka będącego w przestrzeni

działania aerozolu: amoniak, tlenki azotu, tlenek węgla, cyjanowodór. Jeśli w produktach powstających przy wytwarzaniu aerozolu występują substancje w ilościach przekraczających określone dla człowieka niebezpieczne wartości progowe to aerozoli tych nie można stosować w pomieszczeniach, w których przebywają ludzie.

W celu przedstawienia jednego z kluczowych aspektów bezpieczeństwa ludzi w tabeli 4 zamieszczone zostały wartości stężenia tlenu po zadziałaniu poszczególnych stałych urządzeń gaśniczych. Obliczenia wykonano w oparciu o następujący wzór:

$$C_{O_2} = 0,21 \cdot (1 - c) \quad (8)$$

gdzie:

$C_{O_2}$  - stężenie tlenu w atmosferze po wyładowaniu środka gaśniczego

$c$  – stężenie projektowe środka gaśniczego

Tabela 4.

**Zmiany stężenia tlenu w zależności od wartości stężenia projektowego**

Rodzaj systemu gaśniczego	Stężenie projektowe	Stężenie tlenu po wyładowaniu
1	2	3
Urządzenia gaśnicze wodne	Nie dotyczy	21 %
Urządzenia gaśnicze mgłowe	Nie dotyczy	Następuje niewielkie obniżenie stężenia tlenu, ale bez negatywnego wpływu na organizm człowieka
Urządzenia gaśnicze gazowe (środek gaśniczy CO <sub>2</sub> )	34%	14 %
Urządzenia gaśnicze gazowe (środek gaśniczy azot)	45%	12%
Urządzenia gaśnicze gazowe (środek gaśniczy inergen)	40 – 50 %	12,6% (dla 40%)

		10,5% (dla 50%)
Urządzenia gaśnicze gazowe (środek gaśniczy FM-200)	8,5%	19,3%
Urządzenia gaśnicze aerozolowe	W zależności od chronionego materiału	Następuje niewielkie obniżenie stężenia tlenu ale bez negatywnego wpływu na organizm człowieka
Urządzenia redukujące poziom tlenu	powyżej 20%	poniżej 17%

Źródło: Opracowanie własne

Warto zwrócić uwagę, że w przypadku dwutlenku węgla już samo stężenie projektowe dwutlenku stanowi śmiertelne zagrożenie dla ludzi i jest to o wiele bardziej istotne niż spadek stężenia tlenu. Wymaga to wprowadzenia specjalnych procedur na wypadek znalezienia się ludzi w chronionej przestrzeni w czasie wyładowywania środka gaśniczego.

### **Aspekt prawny stosowania stałych urządzeń gaśniczych**

Prowadząc rozważania na temat stałych urządzeń gaśniczych warto zwrócić uwagę na przepisy prawne. Wydawałoby się, że nie mają one istotnego wpływu na decyzję inwestora czy projektanta, a czynnikiem decydującym są inne właściwości samych SUG-ów, jednak często sytuacja wygląda zupełnie inaczej.

Aktami prawnymi mającymi decydujący wpływ na stosowanie stałych urządzeń gaśniczych są: rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów<sup>23</sup>, które jednoznacznie stwierdza, że stosowanie stałych urządzeń gaśniczych, związanych na stałe z obiektem, zawierających zapas środka gaśniczego i uruchamianych samoczynnie we wczesnej fazie rozwoju pożaru, jest wymagane w:

- archiwach wyznaczonych przez Naczelnego Dyrektora Archiwów Państwowych;

<sup>23</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80 poz. 563)

- muzeach oraz zabytkach budowlanych, wyznaczonych przez Generalnego Konserwatora Zabytków w uzgodnieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej;
- ośrodkach elektronicznego przetwarzania danych o znaczeniu krajowym.<sup>24</sup>

Powyższe wymaganie pozostawia pewną dowolność decyzji osobom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo pożarowe w tego typu budynkach i nie precyzuje jednoznacznie, jaki system gaśniczy należy zastosować, tym samym inwestor posiada możliwość wyboru. Natomiast ustęp drugi tego samego paragrafu wymienia obiekty, które należy chronić stałymi urządzeniami wodnymi czyli tryskaczowymi, zraszaczowymi lub mgłowymi.

Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych wodnych jest wymagane w:

- budynkach handlowych lub wystawowych:
  - jednokondygnacyjnych, w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 10.000 m<sup>2</sup>,
  - wielokondygnacyjnych, w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 8.000 m<sup>2</sup>,
- budynkach o liczbie miejsc służących celom gastronomicznym powyżej 600,
- salach widowiskowych i sportowych o liczbie miejsc powyżej 3.000,
- budynkach użyteczności publicznej wysokościowych,
- budynkach zamieszkania zbiorowego wysokościowych.<sup>25</sup>

Stosowanie urządzeń gaśniczych wodnych w wyszczególnionych obiektach jest zasadne i nie ma argumentów, które racjonalnie przekonywałyby do zastosowania innego typu urządzeń gaśniczych, np. gazowych, z punktu widzenia rozwiązań technologicznych i kosztów takie rozwiązanie byłoby trudne do zrealizowania.

Warto w tym miejscu przytoczyć warunki wyposażania budynków lub ich części w stałe urządzenia gaśnicze i wynikające z tego ustępstwa, które określa rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”.<sup>26</sup> Zgodnie z rozporządzeniem dopuszczalne jest:

- w budynkach wyposażonych w stałe urządzenia gaśnicze wodne, z wyjątkiem budynków ZL II oraz wielokondygnacyjnych budynków wysokich i wysokościowych, obni-

<sup>24</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 56, poz. 461);

<sup>25</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80 poz. 563)

<sup>26</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80 poz. 563)

zenie klasy odporności pożarowej budynku o jedną w stosunku do wynikającej z warunków zawartych w rozporządzeniu oraz przyjęcie klasy "E" odporności pożarowej dla budynku jednokondygnacyjnego,

- powiększenie o 100% powierzchni stref pożarowych w budynkach zaliczonych do dowolnej kategorii zagrożenia ludzi, z wyjątkiem stref pożarowych w budynkach wysokich i wysokościowych, pod warunkiem zastosowania stałych urządzeń gaśniczych tryskaczowych,
- powiększenie powierzchni stref pożarowych pomieszczeń produkcyjno – magazynowych o 100% pod warunkiem zastosowania stałych urządzeń gaśniczych wodnych. Natomiast w budynku jednokondygnacyjnym wielkości stref pożarowych PM, z wyjątkiem garażu, nie ogranicza się, pod warunkiem zastosowania oprócz stałych urządzeń gaśniczych wodnych samoczynnych urządzeń oddymiających,
- powiększenie długości przejść oraz dojść ewakuacyjnych o 50%, pod warunkiem ochrony strefy pożarowej stałymi urządzeniami gaśniczymi wodnymi,
- zmniejszenie odległości między ścianami zewnętrznymi budynków lub częściami tych ścian o 50%, w stosunku do określonej, jeżeli we wszystkich strefach pożarowych budynków, przylegających odpowiednio do tych ścian lub ich części, są stosowane stałe urządzenia gaśnicze wodne,
- zmniejszenie odległości od ściany zewnętrznej budynku lub jej części do ściany wewnętrznej drugiego budynku może być zmniejszona o 25%, w stosunku do określonej, jeżeli we wszystkich strefach pożarowych budynku, przylegających odpowiednio do tej ściany lub jej części, są stosowane stałe urządzenia gaśnicze wodne,
- powierzchnie strefy pożarowej w garażu, mogą być powiększone o 100%, jeżeli zastosowano stałe urządzenia gaśnicze tryskaczowe<sup>27</sup>.

Wyraźnie widoczne jest, że zastosowanie stałych urządzeń gaśniczych wodnych stwarza szansę rozwiązania niektórych problemów, z którymi spotykają się inwestorzy i projektanci szczególnie przy obiektach wielko kubaturowych lub skomplikowanych architektonicznie.

Jednoznacznie można stwierdzić, że systemy gaśnicze wodne, a w szczególności tryskaczowe są premiowane przez przepisy i ma to wpływ na ich popularność. Warte rozważenia jest, czy w kolejnych nowelizacjach rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, nie warto byłoby poruszyć kwestii innych SUG-

<sup>27</sup> Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80 poz. 563)



ów i ewentualnych udogodnień warunkowanych ich zastosowaniem, oczywiście z uwzględnieniem ograniczeń w ich stosowaniu.

## **Podsumowanie**

Analizie poddano elementy wpływające bezpośrednio i pośrednio na skuteczność, praktyczność i kosztowność poszczególnych systemów gaśniczych, takich jak m.in. koszt 1 m<sup>3</sup> chronionej powierzchni, bezpieczeństwo ludzi, skuteczność działania.

W ten sposób dokonana analiza porównawcza pozwala wskazać, jakie elementy wpływają na optymalne wykorzystanie stałych urządzeń gaśniczych i jak wybrać odpowiedni środek gaśniczy w zależności od cech charakterystycznych powierzchni chronionej i priorytetów inwestora.

Powyższa analiza porównawcza zawiera oprócz podstawowych informacji na temat poszczególnych systemów, wyszczególnienia wad i zalet każdego z nich oraz wykresy, stanowią niezbędny wstęp do ich bezpośredniego porównania i w ramach możliwości udzielenia odpowiedzi na pytanie, który z nich jest najlepszy. Odpowiedź na tak postawione pytanie z całą pewnością wiąże się z kontrowersjami, ale jednocześnie prowokuje do ciekawej dyskusji. Druga część niniejszego artykułu ukaże się w kolejnym numerze kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”.

## Literatura

1. Fire Protection Handbook Nineteenth Edition , Arthur E. Cote Quincy, Massachusetts 2003;
2. Brinson A., Instalacje tryskaczowe stosowane do ochrony ludzi; Ochrona przeciwpożarowa, „Ochrona przeciwpożarowa” 2005 nr 1, s. 38;
3. VdS 2815:2001-03 Zusammenwirken von Wasserlöschanlagen und Rauch- und Wärmeabzugsanlagen (RWA) - Merkblatt zum Brandschutz;
4. VdS 2377:1998-12 Sprinkleranlagen - Grenzen der Einsatzmöglichkeiten;
5. Leszczak M., Krzywina P., Tryskacze specjalnego przeznaczenia do ochrony magazynów; „Ochrona przeciwpożarowa” 2005 nr 2, s. 28;
6. Schremmer U. Technika mgły wodnej – możliwości i granice stosowania, [w:] IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004;
7. Schlosser I. Normy i wytyczne dotyczące urządzeń gaśniczych gazowych, [w:] IV Konferencja krajowa. Stałe urządzenia gaśnicze (SUG), Józefów 2004;
8. Tuzimek Z., Kubica P., Stałe urządzenia gaśnicze gazowe cz.2 - wprowadzenie do projektowania, <http://www.sgsp.edu.pl>, 23.07.2009;
9. Zbrożek P. Generatory aerozoli gaśniczych wytwarzanych pirotechnicznie, Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2006 nr 2, 3, 4;
10. Sowa T., Systemy redukcji tlenu. Analiza praktycznego wykorzystania. Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2008 nr 4 s. 169 – 176;
11. NFPA 2010 Standard for Fixed Aerosol Fire-Extinguishing Systems 2006;
12. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80 poz. 563);
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 marca 2009r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 56, poz. 461);
14. John R. Hall U.S. experience with sprinklers and other automatic fire extinguishing equipment. NFPA January 2009;
15. Brinson A., Instalacje tryskaczowe stosowane do ochrony ludzi; Ochrona przeciwpożarowa, „Ochrona przeciwpożarowa” 2005 nr 1, s. 38;

16. Ochrona przeciwpożarowa wysokociśnieniową mgłą wodną - HI-FOG; „Ochrona przeciwpożarowa” 2007 nr 2, s. 34;
17. Wnęk W., Kubica P., Szczelność pomieszczeń chronionych stałymi urządzeniami gaśniczymi; „Ochrona przeciwpożarowa” 2007 nr 3, s. 36;
18. NFPA 750 Standard on Water Mist Fire Protection Systems 2006;
19. NFPA 2001 Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems. 2000;
20. ISO 14520-1:2006 „Gaseous fire-extinguishing systems – Physical properties and system design – Part 1: General requirements.