Original research paper (Oryginalny artykuł naukowy)
MATERIAŁY BUDOWLANE SCIENCE
materialybudowlane.info.pl/science

dr inż. Tomasz Drzymała[1)]
ORCID: 0000-0001-9568-3235
dr inż. Piotr Mortka[2)]
ORCID: 0000-0002-2661-3134
dr hab. inż. Jerzy Gałaj, prof. uczelni[1)*]
ORCID: 0000-0002-1509-6733

Comparison of different methods of extinguishing of the group A fire

Porównanie różnych sposobów gaszenia pożaru testowego grupy A

DOI: 10.15199/33.2025.07.25

Abstract. The article presents a comparative analysis of various methods used in practice to extinguish group A fires in terms of their effectiveness and usefulness. The scope of the article includes performing tests of extinguishing group A fires, in accordance with the available methods discussed in Polish Standards. During the tests, various means were used to combat group A fires, including: ABC powder in a fire extinguisher and water supplied as a mist. Additionally, sprays, blankets and fire extinguishing sheets were used, as well as sorbent and CO_2 and BC powder extinguishers. All tests were performed in accordance with the conditions of the PN-EN 3-7:2004+A1:2008 standard. This allowed obtaining comparable results. During the tests, the extinguishing effectiveness of water in the form of mist, extinguishing spray and ABC powder was confirmed. As an alternative extinguishing method, the best proved to be the application of a sheet and fire blankets, which effectively cut off the oxygen supply. The use of CO_2 and BC powder extinguishers allowed for the delay of wood burning. The remaining extinguishing agents were ineffective as they did not fully extinguish the fire.
Keywords: fire; extinguishing operations; extinguishing agents; comparative analysis; group A test fires; extinguishing effectiveness.

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę porównawczą różnych sposobów gaszenia pożarów grupy A stosowanych w praktyce pod względem ich skuteczności i przydatności. Zakres artykułu obejmuje badania gaszenia pożarów grupy A, zgodnie z dostępnymi metodami omówionymi w Polskich Normach. Podczas badań wykorzystane zostały różne środki mające na celu zwalczanie pożarów grupy A, m.in.: proszek ABC w gaśnicy oraz woda podawana jako mgła. Dodatkowo zastosowano spraye, koce i płachty gaśnicze, a także użyto sorbentu i gaśnic na CO_2 oraz proszkowych BC. Wszystkie badania wykonano z zachowaniem warunków zgodnych z normą PN-EN 3-7:2004+A1:2008. Pozwoliło to na otrzymanie porównywalnych wyników. Podczas badań potwierdzono skuteczność gaśniczą wody w postaci mgły, sprayu gaśniczego oraz proszku ABC. Jako alternatywna metoda gaśnicza najlepiej sprawdziło się nakładanie płachty i koców gaśniczych, które skutecznie odcinały dopływ tlenu. Zastosowanie gaśnic na CO_2 oraz gaśnic proszkowych BC spowodowało opóźnienie palenia się drewna. Pozostałe środki gaśnicze były nieskuteczne, ponieważ nie ugasiły w pełni pożaru.
Słowa kluczowe: pożar; działania gaśnicze; środki gaśnicze; analiza porównawcza; pożary testowe grupy A; skuteczność gaśnicza.

In times when new solutions are sought in every field of science, also in the area of fire protection intensive research is being conducted leading to the development of innovative methods that are aimed at protecting human life and health, as well as securing buildings. Progress also concerns the search for alternative ways of extinguishing group A fires, where other means and methods of fighting fires are used. It seems that this is a good direction to achieve the goal, i.e. extinguishing the fire, however, in order to achieve the goal, the solutions used must be properly tested and on this basis their effectiveness and usefulness should be confirmed. It must also be borne in mind that experience in the form of fire tests is necessary to search for alternative methods and extinguishing agents.

The work undertaken at the Laboratory of Fire Extinguishing Agents and Devices – CNBOP-PIB shows that many factors influence effective fire extinguishing. One of them is extensive professional experience in order to fully use the potential of a given extinguishing agent or material [1-3]. Therefore,

Wczasach, gdy w każdej dziedzinie nauki poszukuje się nowych rozwiązań, także w obszarze ochrony przeciwpożarowej prowadzone są intensywne badania zmierzające do opracowania innowacyjnych metod, które mają na celu ochronę życia i zdrowia ludzi, a także zabezpieczanie obiektów budowlanych. Postęp dotyczy również poszukiwania alternatywnych sposobów gaszenia pożarów grupy A. Wydaje się, że jest to dobry kierunek do osiągnięcia celu, tj. ugaszenia pożaru, jednak, aby cel został osiągnięty, zastosowane rozwiązania powinny być odpowiednio zbadane i potwierdzona ich skuteczność oraz przydatność. Na uwadze trzeba mieć również fakt, iż doświadczenia w postaci testów pożarowych są konieczne, aby poszukiwać alternatywnych sposobów i środków gaśniczych.

Prace podjęte w Laboratorium Urządzeń i Środków Gaśniczych – CNBOP-PIB pokazują, że wiele czynników ma wpływ na skuteczne gaszenie pożarów. Jednym z nich jest duże doświadczenie zawodowe, aby w pełni wykorzystać potencjał danego środka lub materiału gaśniczego [1 – 3]. Niezbędne jest zatem odpowiednie przygotowanie oraz zakres szkoleń dotyczących działań gaśniczych. Największy wpływ na skuteczność gaśniczą mają: rodzaj materiału palnego, znajomość za-

[1)] Akademia Pożarnicza, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności
[2)] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – PIB, Zespół Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych
[*)] Correspondence address: jgalaj@apoz.edu.pl

appropriate preparation and scope of training in the area of fire extinguishing operations are necessary. The greatest impact on effectiveness has: the type of flammable material, knowledge of the behavior of the extinguishing agent (e.g. operating time of a given extinguisher model), physical conditions of a person, disposition of the day [4], as well as weather conditions and amount of flammable material. In the case of a small amount of flammable material such as flammable liquids or wood [5], tests may be less reliable than in the case of full-scale tests. Determination of weather and material conditions should be carried out in accordance with research standards and various guidelines so that the results can be said to be repeatable. Another important issue is the quality of the flammable material, which plays a key role in fire tests. In the case of wood, its properties, such as the quality of the raw material, the method of processing and the moisture level, have a direct impact on the test results. Too high wood moisture content can significantly delay the ignition moment, while appropriate treatment affects the rate of fire spread. All these factors are taken into account when assessing the flammability of the material and its behavior in fire conditions [6, 7].

In the training sphere, wood is still used to conduct tests of group A fires as part of scientific research. Firefighters use this material, among others, for fire simulations. Reproducing real fire conditions allows for the assessment of extinguishing actions. Wood serves as a model in group A fires, the controlled combustion of which allows for checking the effectiveness of extinguishing devices and agents. It also allows for conducting tests of the reaction to fire of structures (walls or ceilings) and other building elements (doors, smoke flaps).

Research material and methods

According to the provisions indicated in the publication Red Book of Fires [9], there are many definitions of fire. Since the 1970s, the definition of fire has been developed by the then Main Headquarters of the Fire Service and countless specialists in the field of fire protection. A large set of definitions related to fire was developed in a publication edited by Jerzy Wolanin [10] – fire is, for example:

a) spontaneous uncontrolled spread of fire causing losses;

b) burning of buildings, forests, etc., fire spreading over a large area;

c) fire not originating in a specially designated place or spreading beyond the boundaries of such a place, causing material losses;

d) burning of one or several objects (buildings, equipment, industrial plants, tanks, forests) [11];

e) destructive, spontaneous action of fire requiring its elimination;

f) spontaneous action of fire causing destruction of material goods and a threat to human and animal life;

g) combustion, which causes useless and irreversible destruction or damage to material goods and a threat to human life and health;

h) uncontrolled action of fire causing human or material losses;

chowania się środka gaśniczego (np. czasu działania danego modelu gaśnicy), uwarunkowania fizyczne człowieka, dyspozycja dnia [4], a także warunki atmosferyczne i ilość materiału palnego. W przypadku małej ilości materiału palnego, takiego jak ciecze palne czy drewno [5], badania mogą być mniej miarodajne niż w przypadku prób w pełnej skali. Określanie warunków atmosferycznych i materiałowych powinno odbywać się zgodnie z normami badawczymi i różnego rodzaju wytycznymi, aby można było mówić o powtarzalności wyników. Kolejnym istotnym zagadnieniem jest jakość materiału palnego, która odgrywa kluczową rolę w testach pożarowych. W przypadku drewna, jego właściwości, takie jak jakość surowca, sposób obróbki oraz poziom wilgotności, mają bezpośredni wpływ na wyniki testów. Zbyt duża wilgotność może znacznie opóźniać moment zapłonu, natomiast odpowiednia obróbka wpływa na szybkość rozprzestrzeniania się ognia. Wszystkie te czynniki są brane pod uwagę podczas oceny palności materiału i jego zachowania w warunkach pożaru [6, 7].

W sferze szkoleniowej drewno jest nadal stosowane do prowadzenia badań testowych pożarów grupy A w ramach badań naukowych. Strażacy wykorzystują ten materiał m.in. do symulacji pożarowych. Odtwarzanie realnych warunków pożaru pozwala na ocenę działań gaśniczych. Drewno służy jako wzorzec w pożarach grupy A, którego kontrolowane spalanie pozwala na sprawdzenie skuteczności urządzeń i środków gaśniczych. Umożliwia też przeprowadzanie badań reakcji na ogień konstrukcji (ścian czy stropów) oraz innych elementów budowlanych (drzwi, klapy dymowe).

Materiał i metody badań

Zgodnie z zapisami wskazanymi w publikacji Czerwona Księga Pożarów [9], istnieje wiele definicji pożaru. Od lat siedemdziesiątych XX wieku określeniem definicji pożaru zajmowała się ówczesna Komenda Główna Straży Pożarnej oraz niezliczona liczba specjalistów z dziedziny ochrony przeciwpożarowej. Duży zbiór definicji związanych z pożarem został przedstawiony w publikacji pod redakcją Jerzego Wolanina [10] – pożar to np.:

a) samorzutne niekontrolowane rozprzestrzenianie się ognia powodujące straty;

b) palenie się budynków, lasów itp., ogień ogarniający dużą przestrzeń;

c) ogień powstały nie w specjalnie przeznaczonym miejscu albo rozprzestrzeniający się poza granice takiego miejsca, który wyrządza straty materialne;

d) palenie się jednego lub kilku obiektów (budynków, urządzeń, zakładów przemysłowych, zbiorników, lasów) [11];

e) niszczące, żywiołowe działanie ognia wymagające jego likwidacji;

f) żywiołowe działanie ognia powodujące niszczenie dóbr materialnych oraz zagrożenie życia ludzi i zwierząt;

g) spalanie, które powoduje niepożyteczne i bezpowrotne niszczenie lub uszkodzenie dobra materialnego oraz zagrożenie życia i zdrowia ludzkiego;

h) niekontrolowane działanie ognia powodujące straty ludzkie lub materialne;

i) destructive action of fire in a place not intended for this purpose and not adapted for it, requiring its elimination.

In the article, fire will be defined, in accordance with the definition given in the PN-ISO 8421-1:1997 standard [12], as "combustion with an uncontrolled course in time and space", while fire is defined as "a combustion process characterized by heat emission, accompanied by smoke and/or flame". The definition of fire cannot be limited to description only. According to the publication translated by J. Kielin [13, 14], it is necessary to understand fire phenomena. This requires appropriate knowledge of the chemical and physical processes occurring during the combustion of materials. The simplest "model" explaining fire is the combustion triangle. It indicates the conditions necessary for fire, i.e. an ignition source, a flammable material and an oxidizer (Figure 1). The occurrence of these three factors alone is not sufficient for the development of fire. Therefore, it is necessary to supplement the combustion triangle with a fourth factor, which are free radicals that condition the chain and branched course of the combustion reaction. This creates the combustion quadrangle shown in Figure 2.

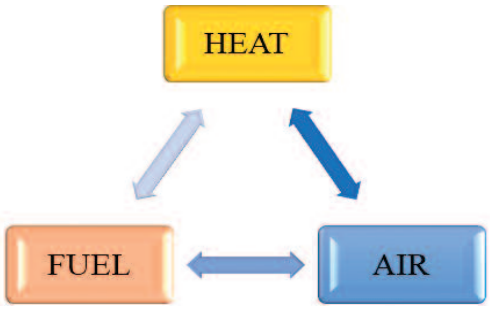

Fig. 1. Combustion triangle [13, 14]
Rys. 1. Trójkąt spalania [13, 14]

According to PN-EN 2:1998 [15], group A fires are: fires of solid materials, usually of organic origin, the normal combustion of which takes place with the formation of glowing embers. This provision clearly indicates the group of materials/products that can be classified as group A fires. Currently, there are more and more materials/products on the market, indicated in the description of the standard. The initiation of the combustion reaction of solids [16] occurs when heat is supplied to it. This process is defined by three stages: heating of the material, its thermal decomposition (pyrolysis) and ignition [17]. Heating wood is a drying process, i.e. dehydration of water, observed at a temperature of 120 – 150°C. The process of removing water is not strictly a part of pyrolysis, but it is its important initial stage. In the next temperature range, i.e. 150 – 180°C, chemically bound water is released, including that located in capillaries. This initiates thermal decomposition of wood. In the temperature range of 170 – 270°C, the decomposition of hemicellulose, cellulose and lignin, which are the main components of wood, begins. Compounds such as carbon dioxide and carbon monoxide, as well as a small amount of tar, are released from the combustible material. The initiated pyrolysis takes the form of an exothermic process at a temperature of 270-280°C, which

i) niszczące działanie ognia w miejscu do tego nieprzewidzianym i nieprzystosowanym, wymagające jego likwidacji.

W artykule pożar będzie określany, zgodnie z definicją wskazaną w normie PN-ISO 8421-1: 1997 [12], jako „spalanie o niekontrolowanym przebiegu w czasie i przestrzeni", natomiast ogień zdefiniowano jako „proces spalania charakteryzujący się emisją cieplną, któremu towarzyszy dym i/lub płomień". Definicji pożaru nie można ograniczyć tylko do opisu. Zgodnie z publikacją tłumaczoną przez J. Kielina [13, 14] konieczne jest zrozumienie zjawisk pożarowych. Niezbędna jest do tego odpowiednia wiedza na temat procesów chemiczno-fizycznych zachodzących podczas spalania materiałów. Najprostszym „modelem" opisującym pożar jest trójkąt spalania. Wskazuje on na warunki niezbędne do wystąpienia pożaru, tj. źródło zapłonu, materiał palny oraz utleniacz (rysunek 1). Wystąpienie tylko tych trzech czynników nie jest jednak wystarczające do rozwoju pożaru. Konieczne jest więc uzupełnienie trójkąta spalania o czwarty czynnik, którym są wolne rodniki warunkujące łańcuchowy i rozgałęziony przebieg reakcji spalania. Dzięki temu powstaje czworobok spalania pokazany na rysunku 2.

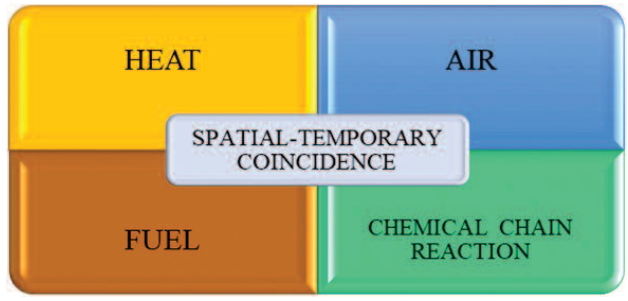

Fig. 2. Combustion quadrangle [13, 14]
Rys. 2. Czworobok spalania [13, 14]

Zgodnie z PN-EN 2:1998 [15], pożary grupy A to: *pożary materiałów stałych, zwykle pochodzenia organicznego, których normalne spalanie zachodzi z tworzeniem żarzących się węgli*. Zapis ten wskazuje jednoznacznie grupę materiałów/wyrobów, jakie można zakwalifikować do pożarów grupy A. Obecnie na rynku znajduje się coraz więcej materiałów/wyrobów, wskazanych w opisie normy. Zapoczątkowanie reakcji spalania ciał stałych [16] następuje pod wpływem dostarczenia do niego ciepła. Proces ten definiują trzy stadia: **ogrzewanie materiału, jego rozkład termiczny (piroliza)** oraz **zapalenie [17]**. Ogrzewanie drewna to proces suszenia, czyli dehydratacji wody, obserwowane w temperaturze 120 – 150°C. Proces usuwania wody nie jest ściśle częścią pirolizy, ale stanowi jego istotny wstępny etap. W kolejnym przedziale temperaturowym, czyli 150 – 180°C następuje wydzielanie chemicznie związanej wody, w tym również umiejscowionej w kapilarach. Zapoczątkowuje to rozkład termiczny drewna. W przedziale temperatury 170 – 270°C zaczyna się rozkład hemicelulozy, celulozy oraz ligniny, które są głównymi składnikami drewna. Z materiału palnego wydzielają się takie związki, jak: dwutlenek węgla i tlenek węgla, oraz nieznaczna ilość smoły. Rozpoczęta piroliza przybiera postać procesu egzoenergetycznego w temperaturze 270 – 280°C, co

reduces the amount of carbon monoxide and carbon dioxide compounds produced, while increasing the amount of methanol, tar and other hydrocarbons produced. They are produced to the greatest extent at a temperature of 280-400°C. In this temperature range, hydrogen is also released, and above 400°C, wood charring is observed. Burning of the solid residue after previous oxidation occurs at a temperature of 400-1300°C. The beginning of this process may take place before the complete separation of the volatile phase [18]. Pyrolysis products, formed under the influence of heat supplied to the surface of a solid, may ignite despite the lack of a heating source, therefore in the case of group A fires after extinguishing the fire it is necessary to check whether combustion will not recur [19].

Wood pyrolysis products can be divided into three main categories: solid, liquid and gaseous. The solid product is primarily charcoal. Its main component is carbon with an admixture of minerals present in the original wood. Charcoal is characterized by high calorific value and is used as a fuel and raw material for the production of various chemical materials. As a result of pyrolysis, various liquids are also produced, the most important of which are wood tar and wood vinegar. Wood tar is used, among others, in the chemical industry for the production of impregnants, dyes and other chemical substances, while wood vinegar is used as a disinfectant and a raw material in the production of chemicals. The gases produced during pyrolysis are a mixture of flammable gases such as hydrogen, methane, carbon monoxide and other gases that can be used as a fuel or as a raw material in chemical processes [20].

The methods and mechanisms of action of extinguishing agents can be divided into two basic ones: **chemical** and **physical** (Figure 3). **Chemical mechanisms** that inhibit the combustion process consist in accelerating the recombination of free radicals by the regenerating active ingredient.

zmniejsza ilość wytwarzanych związków jedno- i dwutlenkowych węgla, natomiast zwiększa ilość wytwarzanego metanolu, smoły i innych węglowodorów. W największym stopniu wytwarzane są one w temperaturze 280 – 400°C. W tym zakresie temperaturowym wydziela się też wodór, a powyżej temperatury 400°C obserwowane jest zwęglanie drewna. Wypalenie stałej pozostałości po wcześniejszym utlenieniu następuje w temperaturze 400 – 1300°C. Początek tego procesu może mieć miejsce przed całkowitym wydzieleniem fazy lotnej [18]. Produkty pirolizy, powstałe pod wpływem dostarczonego ciepła na powierzchnię ciała stałego, mogą ulec zapłonowi pomimo braku źródła ogrzewania, dlatego w przypadku pożarów grupy A po ugaszeniu pożaru należy sprawdzać, czy nie nastąpi nawrót palenia [19].

Produkty pirolizy drewna można podzielić na trzy główne kategorie: stałe, ciekłe i gazowe. Produkt stały to przede wszystkim węgiel drzewny. Jego głównym składnikiem jest węgiel z domieszką minerałów obecnych w pierwotnym drewnie. Węgiel drzewny charakteryzuje się dużą wartością opałową i jest używany jako paliwo oraz surowiec do produkcji różnych materiałów chemicznych. W wyniku pirolizy powstają także różne ciecze, z których najważniejsze to smoła drzewna i ocet drzewny. Smoła drzewna znajduje zastosowanie m.in. w przemyśle chemicznym do produkcji impregnatów, barwników i innych substancji chemicznych, natomiast ocet drzewny jest wykorzystywany jako środek dezynfekujący oraz surowiec w produkcji chemikaliów. Gazy powstające podczas pirolizy to mieszanka gazów palnych, takich jak wodór, metan, tlenek węgla oraz innych gazów, które mogą być wykorzystywane jako paliwo lub surowiec w procesach chemicznych [20].

Sposoby i mechanizmy działania środków gaśniczych można podzielić na dwa podstawowe: **chemiczne** oraz **fizyczne** (rysunek 3). **Mechanizmy chemiczne**, hamujące proces spalania, polegają na przyspieszeniu rekombinacji wolnych rodników przez odnawiający się składnik aktywny. Do substan-

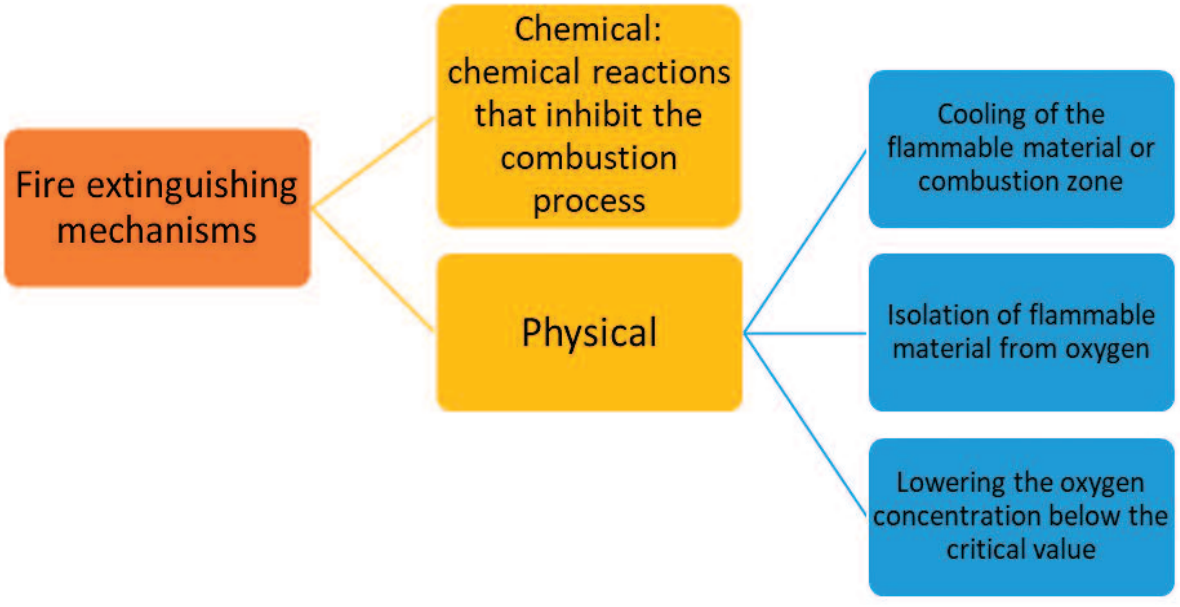

Fig. 3. Mechanisms of action of extinguishing agents [21]
Rys. 3. Mechanizmy działania środków gaśniczych [21]

Extinguishing substances with a chemical extinguishing mechanism include extinguishing powders and extinguishing gases from the group of halogenated hydrocarbon derivatives (halon substitutes). **Physical mechanisms**, aimed at cooling the flammable material or the combustion zone, consist in reducing the release of heat to the environment and the rate of supplying the flames of the burning material and preventing the flammable materials from heating up to the temperature of thermal decomposition. The basic agents in this group are water-based agents. Physical mechanisms aimed at isolating flammable material from oxygen consist in separating the surface of burning materials from the flame and air. Additionally, they can protect the surfaces of burning materials from heating up. Extinguishing agents in this group include extinguishing powders (they do not protect against heating up) and extinguishing foams. Physical mechanisms aimed at reducing the oxygen concentration below the critical value consist in displacing oxygen from the extinguishing area, e.g. by filling the area with foam or gas, which will reduce the oxygen concentration in the given area. Extinguishing agents with such properties include foams and extinguishing gases. By covering the burning material with a blanket compliant with the PN-EN 1869:2019 standard [22] or a fire extinguishing cloth compliant with the LSV 1071 standard [23], toxic smoke is limited, the spread of fire is stopped and, as a result, the fire is quickly extinguished.

In the context of group A fires involving solid materials such as wood, the extinguishing process can be divided into two key stages, reflecting the different physicochemical phenomena occurring during combustion. The first is the elimination of flaming combustion, which is associated with the intensive release of heat and light. Methods such as cooling, isolation or inhibition are used for this purpose [19]. Cooling with water as an extinguishing agent, in the form of water jets generated using firefighting equipment or internal hydrants and fixed extinguishing devices (SFDS), reduces the temperature of the burning material. Water has a high specific heat and a very high heat of vaporization, which allows it to effectively absorb heat and reduce the temperature in the combustion zone. The isolation method consists in cutting off the combustion zone from combustible materials and oxidants, which in the vicinity of the combustion zone is usually oxygen in the air. These techniques may include the use of extinguishing foam, which creates a barrier on the surface of the combustible material, limiting the access of oxygen and helping to stifle the combustion process. Foam also reduces heat exchange with the environment. The use of chemicals that inhibit flaming combustion reactions is known as inhibition. An example is extinguishing powders, which react with free radicals in flames, stopping the chemical reactions responsible for maintaining the fire. The second stage is to extinguish all hotspots and stop flameless combustion, i.e. smoldering, which occurs in solid materials in the form of hotspots. Hotspots can be located deep in the structure of the material (under a non-burning layer). In such cases, cooling the hotspots requires precise delivery of the extinguishing agent to hidden places.

cji gaśniczych, mających chemiczny mechanizm gaśniczy, można zaliczyć proszki gaśnicze oraz gazy gaśnicze z grupy chlorowcopochodnych węglowodorów (zamienników halonów). **Mechanizmy fizyczne**, mające na celu ochłodzenie materiału palnego lub strefy spalania, polegają na zmniejszeniu oddawania ciepła do otoczenia oraz szybkości zasilania płomieni materiału palącego i niedopuszczeniu do nagrzania się materiałów palnych do temperatury rozkładu termicznego. Podstawowymi środkami zaliczanymi do tej grupy są środki na bazie wody. Mechanizmy fizyczne mające na celu odizolowanie materiału palnego od tlenu polegają na oddzieleniu powierzchni palących się materiałów od płomienia i powietrza. Dodatkowo mogą zabezpieczać powierzchnie palących się materiałów przed nagrzewaniem się. Środkami gaśniczymi zaliczanymi do tej grupy są proszki gaśnicze (nie chronią przed nagrzaniem) oraz piany gaśnicze. Mechanizmy fizyczne, mające na celu obniżenie stężenia tlenu poniżej wartości krytycznej, polegają na wypieraniu tlenu z obszaru gaśniczego np. przez wypełnienie obszaru pianą lub gazem, co spowoduje zmniejszenie stężenia tlenu w danym obszarze. Środkami gaśniczymi mającymi takie właściwości są piany oraz gazy gaśnicze. Przez przykrycie palącego się materiału kocem zgodnym z normą PN-EN 1869:2019 [22] lub płachtą gaśniczą zgodną z normą LSV 1071 [23] ogranicza się toksyczne zadymienie, powstrzymuje rozprzestrzenianie ognia, a w rezultacie szybko tłumi powstały pożar.

W kontekście pożarów grupy A, które obejmują materiały stałe, takie jak drewno, proces gaszenia można podzielić na dwa kluczowe etapy, odzwierciedlające różne zjawiska fizykochemiczne zachodzące podczas spalania. Pierwszy to wyeliminowanie spalania płomieniowego, które jest związane z intensywnym uwalnianiem ciepła i światła. W tym celu stosuje się metody, takie jak chłodzenie, izolowanie czy inhibicja [19]. Chłodzenie za pomocą wody jako środka gaśniczego, w postaci strumieni wodnych wytwarzanych z zastosowaniem sprzętu pożarniczego lub hydrantów wewnętrznych i stałych urządzeń gaśniczych (SUG), powoduje obniżanie temperatury palącego się materiału. Woda ma wysokie ciepło właściwe oraz bardzo wysokie ciepło parowania, co pozwala jej efektywnie pochłaniać ciepło i obniżyć temperaturę w strefie spalania. Metoda izolowania polega na odcięciu strefy spalania od materiałów palnych oraz utleniaczy, jakim w otoczeniu strefy palenia jest zwykle tlen zawarty w powietrzu. Techniki te mogą obejmować stosowanie piany gaśniczej, która tworzy barierę na powierzchni materiału palnego, ograniczając dostęp tlenu i wspierając dławienie procesu spalania. Piana zmniejsza także wymianę ciepła z otoczeniem. Użycie środków chemicznych, które hamują reakcje spalania płomieniowego, to inhibicja. Przykładem są proszki gaśnicze, które reagują z wolnymi rodnikami w płomieniach, zatrzymując reakcje chemiczne odpowiedzialne za podtrzymywanie ognia. Drugim etapem jest ugaszenie wszystkich ognisk żaru i przerwanie spalania bezpłomieniowego, czyli tlenia, które zachodzi w materiałach stałych w formie żaru. Ogniska żaru mogą znajdować się głęboko w strukturze materiału (pod warstwą niepalącą się). W takich przypadkach, schłodzenie żaru wymaga precyzyjnego dostarczenia środka gaśniczego do ukrytych

In the presence of a large amount of flammable material, hotspots can spread internally in the material, making it difficult for extinguishing agents to reach the hotspots. In large-volume materials, combustion often occurs deep inside, which means that reaching the extinguishing agent requires intensive and prolonged application of extinguishing agents and, in some cases, physical interference with the structure of the material. This may involve digging up or breaking through layers of material. It may also be necessary to use wetting agents.

The test method used for the fire tests described in the article is in accordance with point I.2 of the PN-EN 3-7:2004+A1:2008 standard [24]. The requirements specified therein that should be met by the test stand and the conditions for conducting them were repeatable for all types of test fires. According to point I.2 of the standard [24], the test fire consists of a stack of wooden beams made of Scots pine (Pinus silvestris), with a moisture content of 10-15% according to ISO 4470 [26], placed on a metal structure. The moisture content should be measured on five samples with a length of 500 ± 10 mm and a square cross-section of 39 ± 2 mm side. The structure should have the following dimensions: height 250 mm, width 900 mm, length up to 300 mm and be made of angle sections with dimensions of 50 x 50 mm, according to ISO 657-1 [25]. For the test fire, the beams should be arranged crosswise in fourteen layers, transversely (layers: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) and longitudinally (layers: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13). The beams in each layer should be evenly distributed, with a gap of 6 cm between them. For fire 5A, there are five wooden beams in each layer arranged crosswise and the length of the test fire is 0.5 m. Similarly, for fire 3A, there are three beams in each layer and the length of the test fire is 0.3 m. Diagrams of the test stand from the front and side and a view of the stack before the test, corresponding to the 5A test, are shown in Figures 4, 5 and Photo 1. The scope of the tests included tests of the minimum extinguishing effectiveness of wood in the form of the standard size 5A and 3A (only in the case of spray extinguishing).

miejsc. Przy występowaniu dużej ilości materiału palnego, żar może rozprzestrzeniać się wewnętrznie w materiale, co utrudnia dostęp środków gaśniczych do ognisk żaru. W materiałach o dużej objętości, spalanie zachodzi często głęboko wewnątrz, co sprawia, że dotarcie środka gaśniczego do ukrytych ognisk żaru wymaga intensywnego i długotrwałego podawania środków gaśniczych oraz w niektórych przypadkach fizycznej ingerencji w strukturę materiału. Może to obejmować rozkopywanie, czy przerywanie warstw materiału. Może też zachodzić potrzeba stosowania środków zwilżających.

Metoda badawcza zastosowana w przypadku badań ogniowych opisanych w artykule jest zgodna z punktem I. 2 normy PN-EN 3-7:2004+A1:2008 [24]. Wskazane tam wymagania, jakie powinno spełniać stanowisko do badań oraz warunki ich przeprowadzania, były powtarzalne w przypadku wszystkich rodzajów pożarów testowych. Zgodnie z punktem I. 2 normy [24], pożar testowy składa się ze stosu beleczek drewnianych wykonanych z drewna sosny zwyczajnej (Pinus silvestris), o wilgotności 10 – 15% zgodnie z ISO 4470 [26], ułożonych na metalowej konstrukcji. Pomiar wilgotności należy określić na pięciu próbkach o długości 500 ± 10 mm oraz przekroju kwadratowym o boku 39 ± 2 mm. Konstrukcja powinna mieć następujące wymiary: wysokość 250 mm; szerokość 900 mm; długość do 300 mm i być wykonana z kątowników o wymiarach 50 x 50 mm, wg ISO 657-1 [25]. Do pożaru testowego beleczki należy ułożyć krzyżowo w czternastu warstwach, poprzecznie (warstwy: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14) i podłużnie (warstwy: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13). Beleczki w każdej warstwie należy rozmieścić równomiernie, z odstępem między nimi wynoszącym 6 cm. W przypadku pożaru 5A w każdej warstwie ułożonej poprzecznie znajduje się pięć beleczek drewnianych, a długość pożaru testowego wynosi 0,5 m. Analogicznie w przypadku pożaru 3A w każdej warstwie są trzy beleczki, a długość pożaru testowego wynosi 0,3 m. Schematy stanowiska badawczego z przodu i z boku oraz widok stosu przed badaniem, odpowiadające testowi 5A, zamieszczono na rysunkach 4, 5 i fotografii 1. Zakres badań obejmował testy minimalnej skuteczności gaśniczej drewna w formie normowej wielkości 5A i 3A (tylko w przypadku gaszenia sprayem).

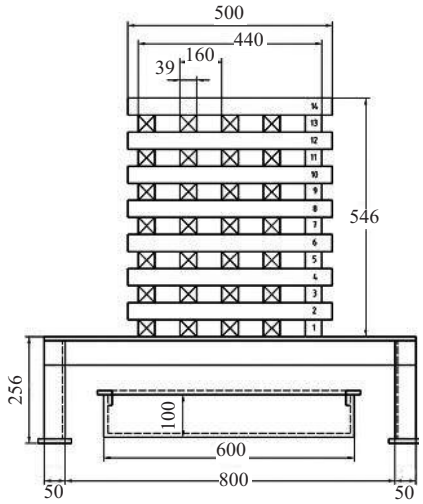

Fig. 4. Test fire station 5A – front view [24]
Rys. 4. Stanowisko do pożaru testowego 5A – widok z przodu [24]

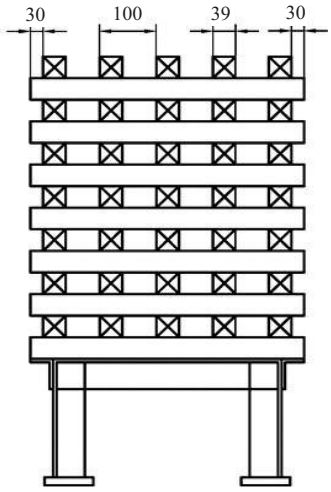

Fig. 5. Test fire station 5A – side view [24]
Rys. 5. Stanowisko do pożaru testowego 5A – widok boczny [24]

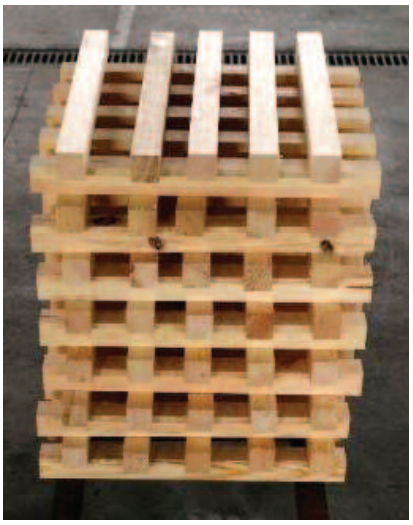

Photo 1. A view of 5A test stack
Fot. 1. Widok stosu badawczego 5A

Various substances were used for the tests, such as sodium chloride, quartz sand and mineral sorbent. The tests also used equipment including fire blankets, a fire blanket, ABC and BC powder extinguishers, fire extinguishing sprays and water mist. For this purpose, a simple mist nozzle with a capacity of 10 dm^3/min was used, suspended centrally above the stack at a height of 3.5 m, attached to prototype piping. The power supply was provided by a 2500 dm^3 tank and a pressure of 3 bar was obtained using a motor pump. The tests were carried out by a single operator with appropriate experience in this type of tests. The exception were tests using a fire blanket, where due to its large size, it was necessary to engage two people to properly cover the wood stack.

The test conditions should be in accordance with Annex I.2.2 of PN-EN 3-7:2004+A1:2008 [24], i.e. the test fire must take place in draught-proof rooms. The ambient temperature should be 0 – 30°C. The room must be no less than 8 m high, and the width and length depend on the size of the fire and must provide a minimum of 3 m of free space between the fire and the wall. Additionally, appropriate ambient conditions should be ensured so that the minimum oxygen concentration during the test at a height of 0.8 m to 1.5 m is 19%. The airflow rate, measured above the centre of the tray at a height of 0.2 m, and 1 m above the highest beam, should not exceed 0.2 m/s before the test, during it and 3 min after completion.

The test should be carried out as follows:

a) pour water and 2 dm^3 of heptane into a tray under a pile measuring 100 mm deep, 600 mm wide and 600 mm long to a height of 30 mm;

b) light the fuel and allow the fuel to burn freely for 2 minutes. After this time, remove the tray from under the pile. The pile should then burn for another 6 minutes (total preparation time for the actual tests is 8 minutes);

c) after this time, it is considered that the test fire is fully ignited and extinguishing should begin. The extinguishing method will vary depending on the extinguishing variants used. The total extinguishing time should not exceed 5 minutes. It should be noted when the fire is extinguished or when the extinguishing agent runs out. The pile should be observed for another 3 minutes. The test is considered positive when all flames are extinguished and when they do not reappear within 3 minutes of observation.

Results and discussion

The tests were carried out in the research hall of the Józef Tuliszkowski Scientific and Research Centre for Fire Protection in Józefów – National Research Institute. The conditions in which they were carried out were identical, and their individual parameters were: ambient temperature: from 14 to 15°C; wood moisture: from 13.8 to 14.2%; air flow rate: 0 m/s, tests carried out in a closed room; minimum oxygen concentration during the test: the oxygen concentration value did not drop below 20.5% of the air volume. Other parameters concerning dimensions and distances were in accordance with the requirements of the PN-EN 3-7:2004+A1:2008

Do badań wykorzystano różne substancje, takie jak chlorek sodu, piasek kwarcowy oraz sorbent mineralny. W testach użyto także urządzeń, w tym koców gaśniczych, płachty gaśniczej, gaśnic proszkowych ABC i BC, sprayów gaśniczych oraz mgły wodnej. W tym celu wykorzystano prostą dyszę mgłową o wydajności 10 dm^3/min, zawieszoną centralnie nad stosem na wysokości 3,5 m, przymocowaną do prototypowego orurowania. Zasilanie zapewniono ze zbiornika o pojemności 2500 dm^3, a ciśnienie równe 3 bary uzyskano za pomocą motopompy. Badania były przeprowadzane przez jednego operatora z odpowiednim doświadczeniem w tego typu testach. Wyjątek stanowiły próby z użyciem płachty gaśniczej, gdzie ze względu na jej duże rozmiary konieczne było zaangażowanie dwóch osób do prawidłowego przykrycia stosu drewna.

Warunki badania powinny być zgodne z Załącznikiem I.2.2 normy PN-EN 3-7:2004+A1:2008 [24], tj. pożar testowy musi odbywać się w pomieszczeniach z ochroną przed przeciągami. Temperatura otoczenia powinna wynosić 0 – 30°C. Pomieszczenie musi mieć wysokość nie mniejszą niż 8 m, a szerokość i długość uzależnione są od wielkości pożaru i muszą zapewnić minimum 3 m wolnej przestrzeni pomiędzy pożarem a ścianą. Dodatkowo należy zapewnić odpowiednie warunki otoczenia, aby minimalne stężenie tlenu, podczas badania na wysokości 0,8 m do 1,5 m, wynosiło 19%. Szybkość przepływu powietrza, mierzona nad środkiem tacy na wysokości 0,2 m, oraz 1 m nad najwyższą beleczką, powinna wynosić nie więcej niż 0,2 m/s przed badaniem, w trakcie jego trwania oraz 3 min po zakończeniu.

Badanie należy przeprowadzić w następujący sposób:

a) do tacy pod stosem o wymiarach: głębokość – 100 mm, szerokość – 600 mm; długość – 600 mm wlać do wysokości 30 mm wody oraz 2 dm^3 heptanu;

b) zapalić paliwo i pozwolić na swobodne spalanie paliwa przez 2 min. Po upływie tego czasu należy wyciągnąć tacę spod stosu. Następnie stos powinien palić się jeszcze przez 6 min (sumaryczny czas przygotowania do badań właściwych trwa 8 min);

c) po tym czasie uznaje się, że pożar testowy jest już całkowicie rozpalony i należy rozpocząć gaszenie. Sposób gaszenia będzie różny w zależności od zastosowanych wariantów gaszenia. Całkowity czas gaszenie nie powinien być dłuższy niż 5 min. Należy zanotować, kiedy pożar zostanie ugaszony lub kiedy zabraknie środka gaśniczego. Obserwacja stosu trwa jeszcze 3 min. Badanie uznaje się za pozytywne w momencie, gdy wszystkie płomienie zostaną ugaszone oraz gdy w ciągu 3 min okresu obserwacji nie pojawią się ponownie.

Wyniki i dyskusja

Badania przeprowadzono w hali badawczej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie – PIB. Warunki, w jakich je przeprowadzano, były tożsame, a poszczególne ich parametry wynosiły: temperatura otoczenia: 14 – 15°C; wilgotność drewna: 13,8 – 14,2%; szybkość przepływu powietrza – 0 m/s, badania przeprowadzane w pomieszczeniu zamkniętym; minimalne stężenie tlenu podczas badania – wartość stężenia tlenu nie obniżyła się poniżej 20,5% objętości powietrza. Pozostałe parametry dotyczące wymiarów oraz odległości

standard [24]. Photographs 2 ÷ 4 present individual frames from the film, showing the basic stages of the 5A test fire. They include:

- start of the tests (photo 2);
- phase of the fire developed just before the heptane tray was pulled out (photo 3);
- phase of the fire after the heptane tray was pulled out (photo 4);
- phase of the fire before the extinguishing began (photo 5).

Photo 2. Start of the test fire
Fot. 2. Początek pożaru testowego

Photo 3. The stage of the fire developed just before the heptane tray was removed
Fot. 3. Faza pożaru rozwiniętego tuż przed wyciągnięciem tacy z heptanem

Photo 4. The stage of the fire developed just after the heptane tray was removed
Fot. 4. Faza pożaru po wyciągnięciu tacy z heptanem

Photo 5. The stage of the fire just before extinguishing
Fot. 5. Faza pożaru tuż przed rozpoczęciem gaszenia

The stage of igniting wood with heptane consists in the fact that after a few seconds from the initiation of the fire, the tray is fully engulfed in flames and the wood is ignited. The next stage is considered to be the most energetic (the amount of energy released in the form of heat per unit of time during the combustion of the substance), because the wood is completely ignited in it, and in addition there is the power of the fire from the heptane and the heated tray and frame. The table summarizes the test results, which provide information on whether the fire was extinguished, the time of its extinguishment in the case of a positive effect and whether there was a return of combustion, while Figure 6 illustrates the time of extinguishing the fires depending on the method used. The colors of the text next to the markings on the graph indicate whether the fire was extinguished (green) or extinguished and after a time of less than 3 minutes the return of combustion occurred (red).

były zgodne z PN-EN 3-7: 2004+A1:2008 [24]. Na fotografiach 2 ÷ 4 zaprezentowano poszczególne kadry z filmu, przedstawiające podstawowe etapy pożaru testowego 5A. Obejmują one:

- rozpoczęcie badań (fotografia 2);
- faza pożaru rozwiniętego tuż przed wyciągnięciem tacy z heptanem (fotografia 3);
- faza pożaru po wyciągnięciu tacy z heptanem (fotografia 4);
- faza pożaru przed rozpoczęciem gaszenia (fotografia 5).

Etap rozpalania heptanem drewna polega na tym, że po paru sekundach od zainicjowania pożaru taca jest w pełni objęta płomieniami i następuje podpalenie drewna. Etap kolejny uznaje się za najbardziej energetyczny (ilość energii uwalnianej w postaci ciepła na jednostkę czasu podczas spalania substancji), ponieważ następuję w nim całkowite rozpalenie drewna, a do tego dochodzi moc pożaru pochodzącego od heptanu oraz nagrzanej tacy i stelaża. W tabeli zestawiono wyniki badań, w której podano informacje, czy pożar został ugaszony, czas jego ugaszenia w przypadku pozytywnego efektu oraz czy nastąpił nawrót palenia, natomiast na rysunku 6 zobrazowano czas gaszenia pożarów w zależności od zastosowanej metody. Kolory tekstu przy oznaczeniach na wykresie wskazują, czy pożar został ugaszony (kolor zielony), czy przygaszony i po czasie krótszym niż 3 min nastąpił nawrót palenia (kolor czerwony).

Comparison of fire test results
Porównanie wyników testów pożarowych

Extinguishing used/Zastosowane gaszenie	Has the fire been extingnished/Czy pożar został ugaszony	Extingnishing time [s]/ Czas ugaszenia [s]	Return of extinguishing/ Nawrót palenia
By covering with a fire blanket/Za pomocą przykrycia kocem gaśniczym	no/nie no/nie	– partly/częściowo	– yes/tak
By covering with a fire extinguishing cloth/Za pomocą przykrycia płachtą gaśniczą	yes/tak	300	no/nie
By covering with sodium chloride/Za pomocą zasypania chlorkiem sodu	no/nie	–	–
By covering with sorbet/Za pomocą zasypania piaskiem kwarcowym	no/nie	–	–
By using an ABC fire extinguisher/Za pomocą zasypania sorbetem	no/nie	–	–
By using a ABC fire extinguisher/Z użyciem gaśnicy ABC	yes/tak	30	no/nie
By using a BC fire extinguisher/Z użyciem gaśnicy BC	yes/tak	120	yes/tak
By using a CO_2 fire extinguisher/Z użyciem gaśnicy na CO_2	yes/tak	60	yes/tak
By using a fire extinguishing/Za pomocą sprayu gaśniczego	5A no/5A nie 3A yes/3A tak	– 90	– no/nie
By using water mist/Z użyciem mgły wodnej	yes/tak	50	no/nie

Based on the data presented in the table and in Figure 6, it was found that the shortest extinguishing time of the 5A test wood stack, i.e. approx. 30 s, was observed in the case of using the ABC extinguisher, while the longest (approx. 5 min) was observed in the case of using a fire blanket. Effective extinguishing of the fire was also noted in the case of using water mist (after approx. 50 s), whereas in the case of a CO_2 extinguisher (initial extinguishing after approx. 1 min) and a BC powder extinguisher (initial extinguishing after approx. 2 min), after partial extinguishing, burning was observed to return after a time shorter than 3 min. The use of the method of covering with sodium chloride, quartz sand or sorbent did not lead to extinguishing the fire. The use of a fire blanket is more effective than covering, but complete extinguishing of the fire turned out to be impossible. As for the fire extinguishing spray, it proved effective in smaller test fires e.g. 3A (approx. 1.5 min).

Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli i na rysunku 6 stwierdzono, że najkrótszy czas gaszenia stosu testowego drewna 5A, tj. ok. 30 s, zaobserwowano w przypadku zastosowania gaśnicy ABC, natomiast najdłuższy (ok. 5 min) w przypadku użycia płachty gaśniczej. Skuteczne zgaszenie pożaru zanotowano jeszcze w przypadku użycia mgły wodnej (po ok. 50 s), natomiast w przypadku gaśnicy z CO_2 (wstępne ugaszenie po ok. 1 min) i gaśnicy proszkowej BC (wstępne ugaszenie po ok. 2 min), po częściowym ugaszeniu zaobserwowano nawrót palenia po czasie krótszym niż 3 min. Zastosowanie metody zasypywania chlorkiem sodu, piaskiem kwarcowym lub sorbenty nie doprowadziło do ugaszenia pożaru. Zastosowanie koca gaśniczego jest bardziej skuteczne niż zasypywanie, ale jednak ugaszenie całkowite pożaru okazało się niemożliwe. Jeżeli chodzi o spray gaśniczy, to okazał się on skuteczny w przypadku mniejszych pożarów testowych, np. 3A (ok. 1,5 min).

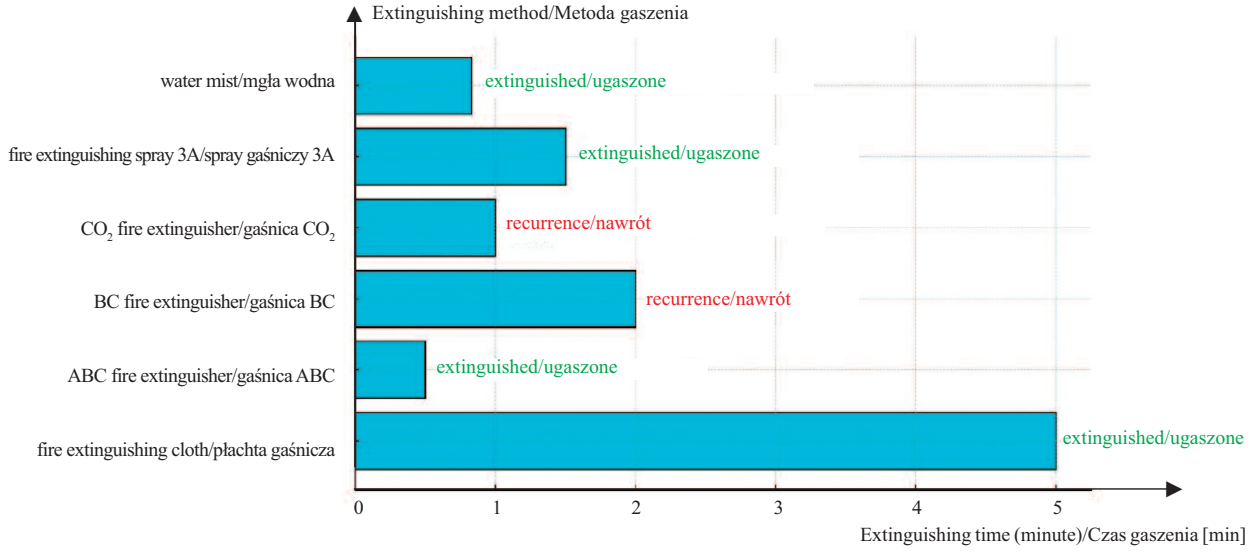

Fig. 6. Chart of extinguishing time depending on the method used
Rys. 6. Wykres czasu gaszenia w zależności od zastosowanej metody

Conclusions

The research presented in the article illustrates fires that were started in similar conditions. This was achieved by using the same research surface, similar wood moisture content, maintaining the temperature in a constant range and performing the extinguishing by the same person. Based on literature data and the conducted research, the following conclusions were formulated:

- ABC type extinguishing powders in portable fire extinguishers proved to be extremely effective and in the case of the 5A test fire, they were characterized by the shortest extinguishing time of about 0.5 min; these powders act by chemically suppressing the fire and are able to extinguish fires of various classes thanks to their universal action;
- the results of the fire extinguisher tests confirm that the commonly used BC powder extinguishers and carbon dioxide (CO_2) extinguishers effectively extinguish the fire, which can significantly delay the development of the fire and enable finding more suitable extinguishing agents for group A fires. In the case of the 5A test fire, the extinguishing time with a carbon dioxide extinguisher was about twice as short as in the case of using a BC extinguisher. BC extinguishers work by lowering the temperature and displacing oxygen, while CO_2 extinguishers work by lowering the oxygen concentration in the fire environment. Both agents are effective in the initial phase of the fire, which is crucial for minimizing potential losses and preventing the spread of fire. Unfortunately, in both cases, burning returned after less than 3 minutes;
- extinguishing with water mist proved effective in the case of group 5A wood piles, and the extinguishing time was less than 1 minute. Water is still one of the most commonly used and effective extinguishing agents in firefighting, as it effectively lowers the temperature of the fire and extinguishes flames through heat absorption and evaporation;
- the extinguishing method by backfilling, in which materials such as sorbents, salt or sand are used, proved ineffective in group 5A fires. A standard fire, which is characterized by spaces between individual beams, makes effective extinguishing with this method difficult, as it does not provide full coverage and makes it difficult to cut off the access of oxygen. Tests have shown that despite the use of appropriate layers of materials, complete extinguishment of the fire was not achieved. This method can improve extinguishment efficiency under certain conditions, but does not always meet the requirements for full fire suppression;
- the fire blanket proved effective in extinguishing the 5A wood test fires, but the extinguishing time was the longest – approx. 5 min, which is why the blankets are rarely used in practice;
- the fire blanket generally proved ineffective in extinguishing the 5A test fires, because it is made of glass fibre and has a structure with air-permeable spaces, which limits the ability to fully suppress the fire. In the tests carried out, its use allowed partial suppression of the fire in a pile of 5A wood, but did not lead to complete extinguishment.

Wnioski

Przedstawione w artykule badania obrazują pożary, które zainicjowano w zbliżonych warunkach, które zostały osiągnięte dzięki zastosowaniu tej samej powierzchni badawczej, zbliżonej wilgotności drewna, utrzymywaniu temperatury w stałym zakresie oraz wykonaniu gaszenia przez tę samą osobę. Na podstawie danych literaturowych oraz przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

- proszki gaśnicze typu ABC w gaśnicach przenośnych okazały się niezwykle skuteczne i w przypadku pożaru testowego 5A charakteryzowały się najkrótszym czasem gaszenia równym ok. 0,5 min; proszki te działają przez chemiczne tłumienie ognia i są zdolne do gaszenia pożarów różnych klas dzięki swojemu uniwersalnemu działaniu;
- wyniki badań gaśnic potwierdzają, że powszechnie stosowane gaśnice proszkowe BC i gaśnice na dwutlenek węgla (CO_2) skutecznie gaszą pożar, co może znacznie opóźnić rozwój ognia i umożliwić znalezienie bardziej odpowiednich środków gaśniczych w przypadku pożarów grupy A. W przypadku pożaru testowego 5A czas gaszenia za pomocą gaśnicy z dwutlenkiem węgla był ok. dwa razy krótszy niż w przypadku gaśnicy BC. Gaśnice BC działają przez obniżenie temperatury i wypieranie tlenu, natomiast CO_2 przez obniżenie stężenia tlenu w otoczeniu ognia. Oba środki są skuteczne w początkowej fazie pożaru, co powoduje minimalizację ewentualnych strat i zapobiega rozprzestrzenieniu się ognia. Niestety w obu przypadkach zaobserwowano nawrót palenia po czasie krótszym niż 3 min;
- gaszenia za pomocą mgły wodnej okazało się skuteczne w przypadku stosów drewna grupy 5A, a czas gaszenia był krótszy niż 1 min. Woda nadal jest jednym z najpowszechniej stosowanych i najbardziej efektywnych środków gaśniczych w pożarnictwie, gdyż skutecznie obniża temperaturę ognia i gasi płomienie przez absorpcję ciepła i odparowanie;
- metoda gaszenia przez zasypywanie, w której stosuje się materiały takie jak sorbenty, sól czy piasek, okazały się nieskuteczne przy pożarach grupy 5A. Pożar normowy, który charakteryzuje się przestrzeniami między poszczególnymi belkami, utrudnia skuteczne gaszenie tą metodą, gdyż nie zapewnia pełnego pokrycia i utrudnia odcięcie dostępu tlenu. Testy wykazały, że pomimo zastosowania odpowiednich warstw materiałów, nie osiągnięto pełnego ugaszenia pożaru. Metoda ta może poprawić efektywność gaszenia w pewnych warunkach, ale nie zawsze spełnia wymagania pełnego tłumienia ognia;
- płachta gaśnicza okazała się skuteczna przy gaszeniu pożarów testowych drewna 5A, ale czas gaszenia był najdłuższy – ok. 5 min, dlatego też płachty są w praktyce rzadko stosowane;
- koc gaśniczy okazał się nieskuteczny przy gaszeniu pożarów testowych 5A, ponieważ jest wykonany z włókna szklanego i ma strukturę z przestrzeniami przepuszczającymi powietrze, co ogranicza zdolność do pełnego tłumienia ognia. W przeprowadzonych testach, jego użycie umożliwiło częściowe stłumienie ognia w stosie drewna klasy 5A, ale nie doprowadziło do całkowitego ugaszenia.

Each of the described agents has specific properties and applications, which emphasizes the importance of adapting the extinguishing method to the type and scale of the fire. Analysis of the obtained results confirmed the possibility of using many extinguishing agents to extinguish group A test fires, which differ in both their availability and effectiveness. Comparison of different methods of extinguishing of the group A fire.

Received: 20.01.2025
Revised: 10.03.2025
Published: 23.07.2025

Każdy z opisanych środków gaśniczych ma specyficzne właściwości i zastosowanie, co podkreśla znaczenie dostosowania metody gaszenia do rodzaju i skali pożaru. Analiza otrzymanych wyników potwierdziła możliwość stosowania wielu środków gaśniczych do gaszenia pożarów testowych grupy A, które różnią się zarówno dostępnością, jak i skutecznością.

Artykuł wpłynął do redakcji: 20.01.2025 r.
Otrzymano poprawiony po recenzjach: 10.03.2025 r.
Opublikowano: 23.07.2025 r.

Literature

[1] Bielicki P. Podstawy taktyki gaszenia pożarów. 1996. Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej, Kraków.

[2] Bielicki P. Taktyka działań gaśniczych., Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej. 2004. Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa.

[3] Konecki M, Król B, Wróblewski D. Nowoczesne metody działań ratowniczo-gaśniczych. 2003. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa.

[4] Derecki T. Sprzęt pożarniczy do podawania wody i pian gaśniczych. 1999. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa.

[5] WBO/10/CNBOP-PIB. Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy. Spray gaśniczy typ iBlock-Fire 600ml. 2019.

[6] Dziarnowski Z, Michniewicz W. Konstrukcje z drewna i materiałów drewnopochodnych, Warszawa. 1974.

[7] Kokociński W. Anatomia drewna. 2005. Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań.

[8] https://inzynierbudownictwa. pl/jak-zapewnic-konstrukcjom-drewnianym-wymagana-odpornosc-ogniowa/(dostęp 14.08.2024).

[9] Guzewicz P, Wróblewski D, Małozięć D. Czerwona Księga Pożarów. 2014. ISBN: 978-83-61520-14-6, Józefów.

[10] Wolanin J. Matematyczno-komputerowy model kryminalistycznego badania przyczyn i okoliczności pożarów. Departament Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego Ministerstwo Spraw Wewnętrznych. Warszawa, 1989, p. 40.

[11] Szajewska A. Wybrane zagadnienia z ochrony przeciwpożarowej lasu, Szkoła Główna Służby Pożarniczej. Warszawa. 2017.

[12] PN-ISO 8421-1:1997 Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Terminy ogólne i dotyczące zjawiska pożaru.

[13] Ridder A, Cimolino U, Fuchs M. Südmersen J, Volkmar G. Gaszenie pożarów wewnętrznych. Rozgorzenie i spalanie gazów pożarowych, metody gaśnicze, taktyka działań, szkolenie w warunkach rzeczywistych., tłumaczenie z języka niemieckiego Kielin J. 2017. ISBN: 978-83-61520-91-7, Józefów.

[14] Mizerski A, Sobolewski M, Król B. Zastosowanie pian do gaszenia Pożarów. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa. 2005.

[15] PN-EN 2:1998 Grupy pożarów.

[16] Pofit-Szczepańska M. Wybrane zagadnienia z chemii ogólnej, fizykochemii spalania i wybuchu oraz rozwoju pożarów, Biblioteka Szkolna – Państwowa Straż Pożarna. 2007. ISBN: 83-89877-14-7, Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej 1994-2007.

[17] Kordylewski W. Spalanie i paliwa, Politechnika Wrocławska, Wrocław. 2008.

[18] Sulik P. Odporność ogniowa konstrukcji drewnianych. Ochrona przeciwpożarowa. 2007; 4: 12 – 13.

[19] Cote AE. Fire protection handbook vol. 1, Quincy. 2008.

[20] Gołaszewski J. Modelowe kompleksy agroenergetyczne. Teoretyczne i eksperymentalne aspekty pirolizy drewna i odpadów, UWM, Olsztyn. 2014.

[21] Sural Z. System szkolenia członków Ochotniczych Straży Pożarnych biorących bezpośredni udział w działaniach ratowniczych SZKOLENIE STRAŻAKÓW RATOWNIKÓW OSP CZĘŚĆ I. 2009. ISBN 978-83-924600-4-6, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Józefów.

[22] PN-EN 1869:2019, Koce gaśnicze.

[23] LVS 1071, 2022, Car fire blankets, 24.02.2022.

[24] PN-EN 3-7:2004+A1:2008 Gaśnice przenośne – Część 7: Charakterystyki, wymagania eksploatacyjne i metody badań.

[25] ISO 657-1 (ang. Hot-rolled steel sections Part 1: Equal-leg angles – Dimensions) Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco Część 1: Kątowniki równoramienne – Wymiary.

[26] ISO 4470 (ang. Sawn timber – Determination of the average moisture content of a lot) Drewno cięte – Określanie średniej zawartości wilgoci w partii drewna.