

mł. bryg. dr inż. **Rafał Porowski**¹
inż. **Norbert Janik**¹
inż. **Tomasz Wdowiak**¹
st. bryg. dr inż. **Waldemar Wnęk**¹

Przyjęty/Accepted/Принята: 10.05.2016;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 31.05.2016;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.12.2016;

Wpływ rodzaju drewna na czas działania liniowych czujek dymu²

The Influence of Wood Type on the Response Time of Optical Beam Smoke Detectors

Влияние типа древесины на время срабатывания линейных дымовых пожарных извещателей

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przeprowadzenie badań doświadczalnych dla dwóch wybranych liniowych czujek dymu, czujki OSID oraz DOP 6001 w zakresie czasów zadziałania w zależności od rodzaju spalanego drewna oraz spalania bezpłomieniowego i płomieniowego.

Wprowadzenie: Na przestrzeni lat opracowano wiele typów czujek pożarowych różniących się zasadą działania. Najprostsze z nich to nieskomplikowane czujniki temperatury, najpierw mechaniczne, później, wraz z rozwojem techniki elektroniczne. Zdawano sobie sprawę, że nie wykrywają one zagrożenia dostatecznie szybko, dlatego też poszukiwano rozwiązań, które reagowałyby na pierwsze oznaki rozwijającego się pożaru. Punktowe czujki dymu są łatwe w montażu i obsłudze, gdyż są kompletnym, samowystarczalnym urządzeniem. Ich skuteczność maleje wraz z oddalaniem się źródła dymu od miejsca montażu czujki. W niektórych budynkach, jak np. duże hale magazynowe czy fabryki, dla zachowania odpowiedniego stopnia ochrony należałoby instalować setki czujek punktowych, aby ich zasięg skutecznego działania pokrył całą powierzchnię pomieszczenia. W takiej sytuacji lepszym rozwiązaniem są optyczne liniowe czujki dymu, które w zależności od gęstości ich instalacji, mogą pod względem powierzchni dozoru zastąpić nawet 20 czujek punktowych.

Metodologia: Artykuł został opracowany na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych w komorze badawczej, przy wykorzystaniu różnych źródeł spalania bezpłomieniowego i płomieniowego.

Wnioski: W próbach ze spalaniem bezpłomieniowym dym zaczynał się wydzielać niezwłocznie po umieszczeniu drewna na płycie grzewczej, proces tlenia się drewna był jednostajny. Przebieg parametrów pracy czujek w czasie jest w dużym przybliżeniu liniowy, co oznacza jednostajne tempo zmniejszania się przezroczystości powietrza w komorze badawczej. Spalanie płomieniowe rozpoczyna się od małego płomienia podpalonego alkoholu, który musi zainicjować spalanie drewna. Szybkość spalania, a co za tym idzie ilość wydzielanego dymu, cały czas rośnie, co powoduje zbliżony do wykładniczego przebieg parametrów pracy czujek w czasie. Tłumienie wiązek światła wysyłanych przez nadajnik czujki OSID, przebiega różnie, w zależności od typu spalania. Dym pochodzący ze spalania bezpłomieniowego początkowo tłumi obie wiązki jednakowo, dopiero po czasie pojawia się różnica pomiędzy tłumieniem UV a IR. Podczas spalania płomieniowego różnica jest widoczna natychmiast i wyraźnie powiększa się wraz z rozwojem pożaru testowego.

Słowa kluczowe: czujki liniowe dymu, spalanie drewna, detekcja pożaru

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

ABSTRACT

Aim: The aim of this paper is to carry out an experimental test of the influence of wooden materials on the activation time of two types of optical beam smoke detectors – the OSID and the DOP 6001 – during flaming and non-flaming combustion.

Introduction: Over the years, there have been many types of fire detector that differ in the way they operate. A few years ago, it was discovered that many detector types depended on the operation principle. The simplest detectors were temperature detectors, at first mechanical, and then, with the development of technology, also electronic. It was obvious that they did not detect the threat fast enough, so it was essential to find solutions that would respond to the first signs of a developing fire. Spot-type smoke detectors are easy to install and use because they are a complete, self-contained devices. Their effectiveness decreases as the distance between the source of combustion and the location of smoke detectors grows. In some buildings, e.g. large warehouses or industrial plants, for a better fire-safety level, there is a need to install dozens of spot-type smoke detectors to protect large areas. In such cases optical beam smoke detectors could be the best practical solution.

¹ Szkoła Główna Służby Pożarniczej / The Main School of Fire Service, Poland; rporowski@sgsp.edu.pl;

² Procentowy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu / Percentage contribution: R. Porowski – 40%, N. Janik – 20%, T. Wdowiak – 20%, W. Wnęk – 20%;

Methodology: The article is based on a series of experimental tests in a test chamber with various sources of flaming and non-flaming combustion. Two different types of optical beam smoke detectors were used to test the influence of wooden beams on activation times.

Conclusions: During the experiments with non-flaming combustion, intense smoke production started immediately after the initiation of the combustion process. The non-flaming phenomenon was a very stable process for all kinds of tested wood. The activation-time results of optical beam smoke detectors and the evolution of the operational parameters, which was almost linear, indicate that these types of detectors are more effective for non-flaming combustion, as opposed to flaming combustion. Flaming combustion starts with a small flame of burning alcohol, which can initiate the combustion of wood. The burning rate and the intensity of smoke production increased, causing a linear evolution of operation parameters from tested smoke detectors over time. The suppression of light beams emitted by the transmitter of the OSID detectors shows different evolution depending on the type of combustion. Smoke production from non-flaming combustion initially suppresses both light beams. After some delay, the effect of the differences between UV and IR suppression is observed. During flaming combustion, the difference is immediately apparent and clearly increases with the development of the test fire.

Key words: optical beam smoke detectors, wood combustion, fire detection

Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является проведение экспериментальных исследований двух выбранных линейных дымовых извещателей OSID и DOP 6001 в области времени срабатывания в зависимости от типа сжигаемой древесины, а также беспламенного и пламенного горения.

Введение: На протяжении многих лет были разработаны разные виды пожарных извещателей, характеризующихся различными принципами работы. Самый простой из них представляет собой простые датчики температуры, сначала механические, потом, с развитием техники, электронные. Было однако известно, что они не обнаруживают угрозы достаточно быстро, поэтому проводился поиск технических решений, которые реагировали бы на первые признаки развивающегося пожара. Точечные дымовые извещатели просты в установке и сервисе, потому что они являются полным, самодостаточным устройством. Их эффективность уменьшается с увеличением расстояния источника дыма от места установки извещателя. В некоторых зданиях, например, на крупных складах или фабриках, для обеспечения надлежащего уровня защиты должно быть установлено сотни точечных извещателей, чтобы они охватывали целое помещение. В такой ситуации лучшим решением являются линейные оптические пожарные извещатели, которые, в зависимости от их количества, могут, с точки зрения защищаемой зоны, заменить даже 20 точечных извещателей.

Методология: Статья была разработана на основе проведенных экспериментальных исследований в испытательной камере с использованием различных источников беспламенного и пламенного горения.

Выводы: В тестах с беспламенным горением дым появлялся сразу после размещения древесины на горячей плите, процесс тления древесины был равномерен. Ход рабочих параметров извещателей во времени являлся, по существу, линейным, что означает равномерную скорость уменьшения прозрачности воздуха в испытательной камере.

Пламенное горение начинается с небольшого пламени подожженного алкоголя, который должен начать горение древесины. Скорость горения и, таким образом, количество выделяемого дыма все время увеличивается, что приводит к аналогичным экспоненциальным параметрам работы извещателей во времени. Ограничение световых лучей, выпускаемых датчиком извещателя OSID, происходит по-разному в зависимости от типа сгорания. Дым, созданный в результате беспламенного горения, подавляет первоначально оба луча одинаково. Только после некоторого времени наблюдается различие между затуханием УФ и ИК. Во время пламенного горения различие сразу видно, которое четко растет вместе с развитием тестового пожара.

Ключевые слова: линейные дымовые извещатели, горение древесины, обнаружение пожара

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Na przestrzeni lat opracowano wiele typów czujek pożarowych różniących się między sobą zasadą działania. Najprostsze z nich to nieskomplikowane czujniki temperatury, najpierw mechaniczne, później – wraz z rozwojem techniki – elektroniczne. Zdawano sobie sprawę, że urządzenia te nie wykrywają zagrożenia dostatecznie szybko, dlatego poszukiwano rozwiązań, które reagowałyby już na pierwsze oznaki rozwijającego się pożaru. Czujka jonizacyjna spełniała ten warunek, lecz była dość droga w produkcji. Gdy opracowano półprzewodnikowe czujniki światła, zastosowano je do skonstruowania optycznych czujek dymu, wykorzystujących zjawisko rozproszenia lub tłumienia strumienia światła. Punktowe czujki dymu są łatwe w montażu i obsłudze, gdyż stanowią one kompletne, samowystarczalne urządzenia. Ich skuteczność maleje jednak wraz z oddalaniem się źródła dymu od miejsca montażu czujki. W niektórych budynkach, takich jak duże hale magazynowe czy fabryki, dla zachowania odpowiedniego stopnia ochrony należałoby instalować setki czujek punktowych, aby ich zasięg skutecznego działania pokrył całą powierzchnię pomieszczenia. W takiej sytuacji lepszym rozwiązaniem są optyczne liniowe czujki dymu, które w zależności od gęstości ich instalacji, mogą pod względem powierzchni dozoru zastąpić nawet 20 czujek punktowych [1].

1. Introduction

Over the years, many types of fire detector have been developed, characterised by a variety of operating features. The simplest of these devices are temperature detectors – at first mechanical, and later, as the technology progressed, electronic. Aware that such devices were lacking in detection speed, designers sought solutions which would guarantee a response to the earliest signs of a developing fire. The ionisation detector satisfied this condition, but was rather expensive to manufacture. Once semiconductor light sensors were designed, they served as components in optical smoke detectors, which utilise the phenomenon of the dispersion or suppression of light beams. As complete, self-contained devices, spot-type smoke detectors are easy to install and use. Their effectiveness, however, decreases as the distance between the detector and the source of smoke grows. In certain buildings, such as large warehouses or factories, hundreds of spot-type detectors would have to be installed to maintain the same level of protection and cover the entire area of the space. In such a case, optical beam smoke detectors offer a better solution, as, depending on their concentration in a room, they can be as effective (in terms of the covered surveillance area) as 20 spot-type detectors [1].

An optical beam smoke detector consists of a transmitter which emits a light beam (usually infrared) and measures the intensity of beams sent by the transmitter.

Optyczna liniowa czujka dymu składa się z nadajnika, który emituje wiązkę światła (najczęściej podczerwonego) oraz mierzącego natężenie danej wiązki odbiornika.

Na rynku krajowym i międzynarodowym dostępne są dwa typy liniowych czujek dymu. Odbiornik może być odseparowany od nadajnika i montowany na przeciwległej ścianie, wtedy kompletna czujka składa się z dwóch urządzeń. Częstszym rozwiązaniem jest umieszczenie nadajnika i odbiornika we wspólnej obudowie, wówczas na ścianie instaluje się reflektor pryzmowy lub lustro, mające za zadanie odbić wiązkę i skierować ją do odbiornika. Czujki liniowe działają na zasadzie pomiaru stopnia pochłaniania wiązki światła przez produkty spalania, które znajdują się na drodze pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem. Ich czułość określa się jako procent, o jaki zmniejszyło się natężenie wiązki światła wyemitowanej przez nadajnik po przejściu przez warstwę dymu i odebraniu jej przez odbiornik. Czujka liniowa oblicza tłumienie dla całej drogi wiązki światła, czyli uśrednia wielkość zadymienia. Ta właściwość sprawia, że czujki takie nadają się do zabezpieczenia pomieszczeń, w których w normalnych warunkach pracy może miejscowo pojawiać się dym niebędący skutkiem pożaru. Tego rodzaju dym nie wywoła fałszywego alarmu [3-4].

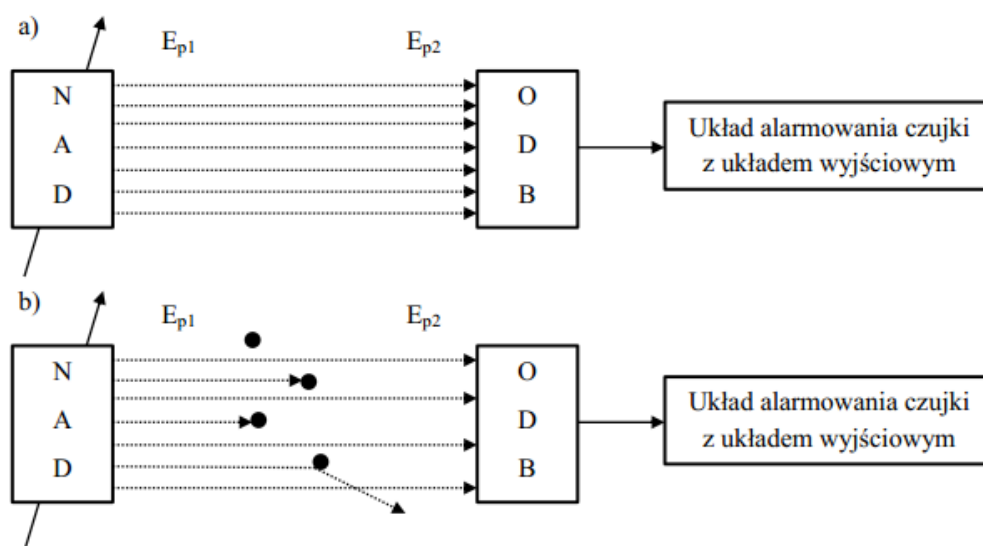
Czujki linowe są szczególnie przydatne tam, gdzie następuje rozproszenie dymu na dużym obszarze. Mogą być instalowane na wysokości nawet 25 m. By zapewnić najwyższą skuteczność należy zastosować drugą warstwę czujek na wysokości do 11 m [1]. Takie ułożenie zapewni odpowiednią czułość dla pożarów płomieniowych i bezpłomieniowych.

Odległość pomiędzy dwoma przeciwległymi ścianami, na których instalowane są czujki liniowe, mieści się zazwyczaj w zakresie 10-100 m. Zakładając maksymalną szerokość strefy dozoru po 6 m z obu stron wiązki światła, otrzymuje się powierzchnię tej strefy dochodzącą nawet do 1200 m². Inną zaletą tego rodzaju czujek jest prosta instalacja, szczególnie czujek z odbiornikiem i nadajnikiem we wspólnej obudowie. Prowadzenie linii dozoru jest wtedy o wiele prostsze i mniej inwazyjne, ponieważ okablowania układane jest tylko do jednego elementu roboczego. Ma to szczególne znaczenie w budynkach zabytkowych.

Two types of optical beam smoke detectors are available on both the Polish and foreign markets. The receiver can be installed separately from the transmitter, on the opposite wall, so a single detector is divided into two independent devices. A more common solution is to place the transmitter and the receiver inside one casing – a prism reflector or a mirror is then installed on the wall to reflect the beam and redirect it to the receiver. The principle of operation of optical beam smoke detectors is that they measure the degree to which light beams are absorbed by combustion products located between the transmitter and the receiver. Their sensitivity is expressed as the percentage by which the intensity of a light beam emitted by the transmitter decreases after passing through a layer of smoke and reaching the receiver. The optical beam smoke detector calculates the suppression of light along the entire path covered by the light beam, i.e. it averages-out the level of smoke opacity. Owing to this feature, such detectors are well suited to sites where some smoke of a non-fire origin is likely to occasionally occur. Should this happen, such smoke will not trigger a false alarm [3-4].

Optical beam smoke detectors are especially useful whenever smoke becomes dispersed over a vast area. They can be installed as high as at 25 m – in such a case, a second layer of detectors should be provided at the height of up to 11 m [1]. Such an arrangement will ensure the optimum sensitivity to flaming and non-flaming fires.

The distance between two opposite walls with optical beam smoke detectors should generally fall between 10 and 100 m. With the maximum width of the surveillance zone on both sides of the light beam assumed to be 6 m, this zone can reach as much as 1200 m². Another advantage of this type of detector is their simple installation, especially in the case of devices with the transmitter and the receiver provided in a single casing. This allows a much easier and less invasive arrangement of surveillance lines, as the wires need only be laid for one working component, a feature especially important in the case of historic buildings.



Układ alarmowania czujki z układem wyjściowym – Alarm circuit of a detector with an output unit

Ryc. 1. Zasada działania liniowej optycznej czujki dymu
 czujka w stanie dozoru a) czujka w stanie alarmowania (gdy zostanie spełnione kryterium zadziałania),
 E_p – energia promieniowania, NAD – nadajnik, ODB – odbiornik [2]
 Fig. 1. Principle of operation of an optical beam smoke detector
 the detector in the surveillance mode; b) the detector in the alarm mode (with the 'activation criterion' met);
 E_p – emitting power; NAD – the transmitter; ODB – the receiver [2]

Stosowanie czujek liniowych może być problematyczne w sytuacjach, gdy ściany budynku nie są wystarczająco stabilne i podlegają drganiom czy odkształceniom np. pod wpływem wiatru lub rozszerzalności cieplnej. Wiązka światła z zainstalowanej w takim miejscu czujki liniowej może zmieniać swój bieg i nie trafić w odbiornik, co spowoduje fałszywy alarm lub sygnalizację uszkodzenia. Istnieją modele odporne na tego typu ruchy ścian, np. wykorzystana w badaniach czujka Xtralis OSID. Czujki liniowe zwykle stosowane są w: salach wystawowych, muzeach, kościołach, atriach, długich korytarzach z silnie ukształtowanymi stropami, audytoriach i innych wysokich pomieszczeniach, w których instalacja czujek punktowych nie jest możliwa [1].

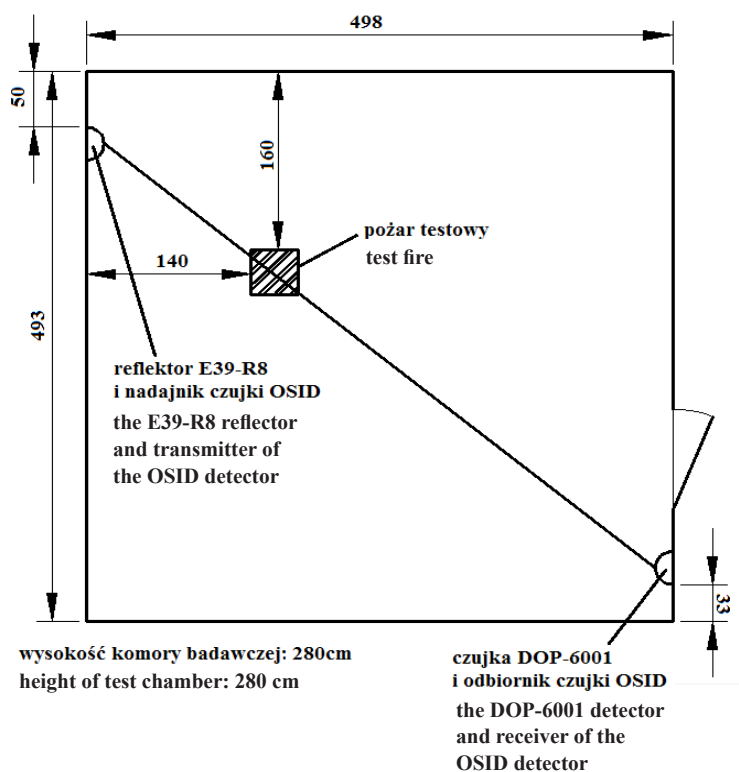
2. Stanowisko badawcze

Badania zostały przeprowadzone w komorze mieszczącej się w laboratorium Zakładu Technicznych Systemów Zabezpieczeń SGSP. Komora to wydzielona przeszklonymi ścianami część laboratorium o wymiarach 493 x 498 cm i wysokości 280 cm. Na suficie zainstalowano różnego rodzaju czujki przeznaczone do wykorzystywania przez studentów podczas ćwiczeń laboratoryjnych. Na potrzeby niniejszej pracy zainstalowano dwie dodatkowe czujki liniowe: OSID oraz DOP-6001. Czujki zlokalizowano na wysokości 220 cm (OSID) oraz 230 cm (DOP-6001) w pobliżu przeciwległych narożników komory tak, jak pokazano na ryc. 2. Pożar testowy umieszczono w odległości 140 cm i 160 cm od ścian. Dokładne rozmieszczenie elementów przedstawia ryc. 2.

The use of optical beam smoke detectors can be problematic if the building's walls lack stability and are subject to vibrations or deformations, e.g. due to wind or thermal expansion. A light beam from an optical beam smoke detector in such a location can deviate from its course and miss the receiver, thus triggering a false alarm or a damage-warning signal. There are models resistant to such wall movement, such as the Xtralis OSID detector. Places where optical beam smoke detectors are typically used include exhibitions halls, museums, churches, atriums, long corridors with prominently projecting ceilings, auditoria, and other high rooms where safety cannot be provided through spot-type detectors [1].

2. The test facility

The tests were conducted in a laboratory chamber at the Technical Security Systems Department, the Main School of the Fire Service (SGSP). The chamber is a section of the laboratory separated by glass walls measuring 493 × 498 cm, and 280 cm in height. On the ceiling, various types of detector were installed, normally used by students during their laboratory classes. For the purposes of this article, two extra detectors (the OSID and the DOP-6001) were installed at 220 cm (OSID) and 230 cm (DOP-6001) above ground, next to opposite corners of the chamber, as shown in Fig. 2. The test fires were placed at a distance of 140 cm and 160 cm from the walls. The exact location of the elements is shown in Fig. 2.



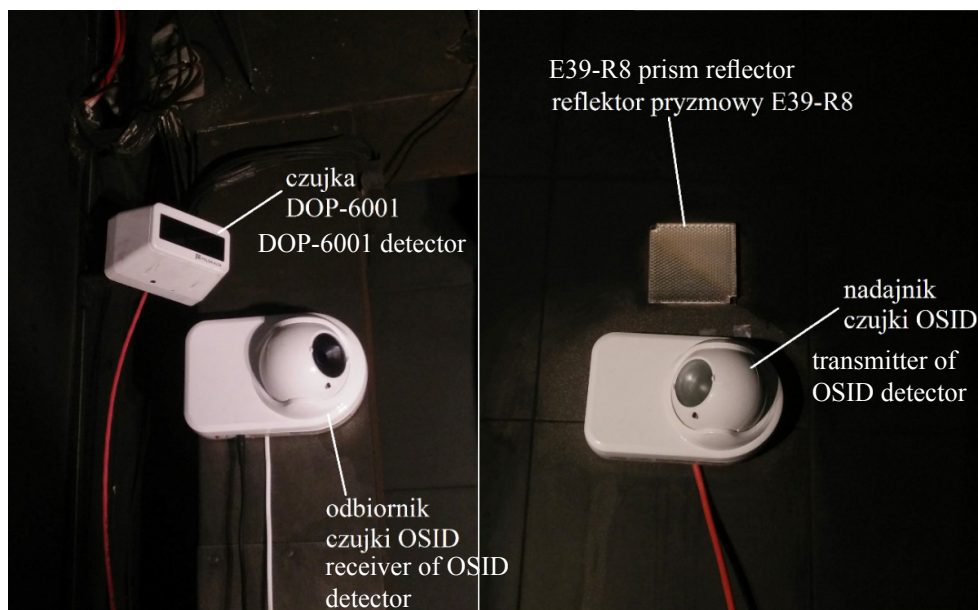
Ryc. 2. Rozmieszczenie czujek i pożaru testowego w komorze badawczej – widok z góry
Fig. 2. Location of smoke detectors and the test fire in the experimental chamber

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 3. Komora badawcza
Fig. 3. Experimental chamber
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 4. Czujki użyte w badaniu umieszczone w komorze badawczej [3-4]
Fig. 4. Optical beam smoke detectors tested during experimental study [3-4]

2.1. Liniowa czujka dymu Polon-Alfa DOP-6001

Pierwszą badaną czujką była liniowa optyczna czujka dymu produkcji Polon-Alfa model DOP-6001. Wykorzystano jedno zwierciadło E39-R8 o wymiarach 101 x 101 mm. Czujka podłączona była do centrali Polon 6000 na promieniowej linii dozоровej niezawierającej innych elementów liniowych. W centrali ustawiono średni próg czułości czujki (30%). Parametry pracy były przesyłane poprzez interfejs sieciowy centrali do komputera z odpowiednim oprogramowaniem.

2.2. Liniowa czujka dymu OSID

Drugą użytą w badaniu czujką była liniowa optyczna czujka dymu OSID firmy Xtralis. Zestaw składał się z nadajnika

2.1. The Polon-Alfa DOP-6001 optical beam smoke detector

The first device tested was an optical beam smoke detector by Polon-Alfa, model DOP-6001, with an E39-R8 mirror, 101 × 101 mm in size. The detector was connected to the Polon 6000 control panel along a beam surveillance line without any other linear elements. The detector had its sensitivity set to medium (30%) on the control panel, the operating parameters' being transferred via the panel's network interface to a computer with the appropriate software.

2.2. The OSID optical beam smoke detector

The second device in the test was the OSID optical beam detector made by Xtralis. The set comprised an OSE-SPW

OSE-SPW oraz odbiornika OSI-90. Obydwa elementy zasilane były napięciem 24V DC z zasilaczy będących na wyposażeniu laboratorium. Odbiornik połączono z komputerem PC za pomocą przewodu USB z aktywnym przedłużaczem.

2.3. Komputer z oprogramowaniem

Do monitorowania i zapisywania parametrów pracy i stanu czujek został wykorzystany komputer PC z odpowiednim oprogramowaniem. Komputer pracował pod kontrolą systemu operacyjnego Windows 10. Do monitorowania czujki DOP-6001 zostały użyte programy Polon-agent oraz PSPclient. Są to programy napisane przez producenta czujki specjalnie na potrzeby Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Pierwszy z nich zapisuje parametry pracy czujki przekazane przez centralę Polon 6000 poprzez sieć lokalną do pliku tekstowego, drugi program wyświetla te parametry w celu wygodniejszego odczytywania w czasie rzeczywistym. Pracę czujki OSID monitorował program OSID Diagnostic Tool V3.00.03 dostarczony przez producenta. Łączył się on z czujką za pomocą interfejsu USB. Podczas prób programy rejestrowały czas, jaki upłynął od początku badania do wejścia czujek w stan alarmu oraz parametry pracy czujek w czasie rzeczywistym.

transmitter and an OSI-90 receiver. Both these elements received 24V DC power from power supplies which were part of the laboratory's equipment. The receiver was connected to a PC computer via a USB cable with an active extension cord.

2.3. The computer with the software

To monitor and record the operating parameters and the status of the detectors, a PC workstation with Windows 10 and the appropriate software was used. The DOP-6001 detector was monitored with the Polon-agent and PSPclient software, developed by the manufacturer specifically for the needs of the Main School of the Fire Service. The former of these programs records the detector's operating parameters transferred by the Polon 6000 control panel to a text file; the latter displays these parameters in a convenient format allowing them to be read in real time. The OSID detector was monitored by OSID Diagnostic Tool V3.00.03, provided by the manufacturer and connected to the device via a USB interface. During the tests, the programs recorded the time elapsed from the start of each test until the detectors entered the alarm mode, as well as the detectors' operating parameters in real time.

```

cmd - bin\polon.bat
C:\WINDOWS\system32>d:
D:\szkoła\praca_inz\programy\polon-agent>bin\polon.bat
polon-agent - 1.0-SNAPSHOT

Configuration parameters:
polon.protocol_version=1
polon.port=6000
polon.host=178.73.9.40
webservice.enabled=true
polon.buffer_size=1000
polon.data_log_enabled=true
webservice.url=http://0.0.0.0:4451/polon?wsdl
polon.protocol_release=0
agent.sleep_time=1000
polon.client_factory_class_name=pl.d2l.icra.agents.polon6000.PolonClientFactoryImpl
pl
WebServiceMode: http://0.0.0.0:4451/polon?wsdl
Creating Service {http://ws.sensors.icra.d2l.pl/definition}SensorsServiceService
  from class pl.d2l.icra.sensors.ws.definition.SensorsService
Setting the server's publish address to be http://0.0.0.0:4451/polon?wsdl
jetty-8.1.7.v20120910
Started SelectChannelConnector@0.0.0.0:4451
WebService started

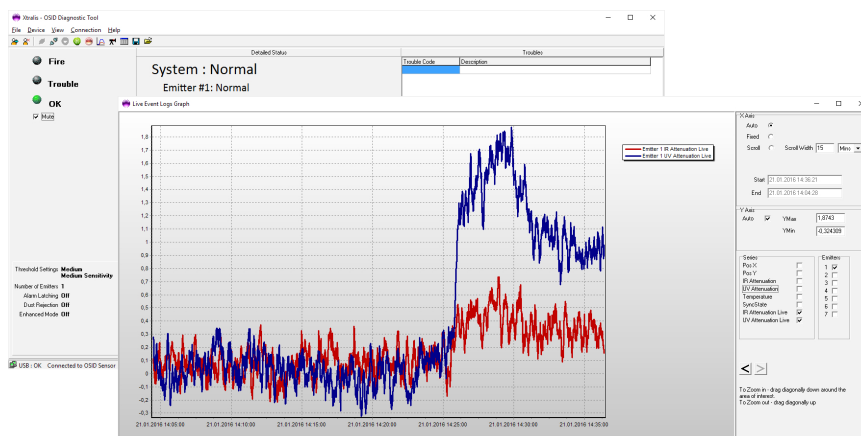
```

Ryc. 5. Interfejs tekstowy programu Polon-agent

Fig. 5. Software interface of Polon-agent

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 6. Interfejs programu OSID Diagnostic Tool z wykresem osłabienia wiązek promieniowania emitowanych przez nadajnik czujki OSID

Fig. 6. Software interface of the OSID Diagnostic Tool with the reading of the radiation diffraction emitted by the OSID Optical beam smoke detector

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

2.4. Spalanie bezpłomieniowe

Do badania wykorzystano żeliwną płytę grzewczą o średnicy 19 cm zasilaną prądem elektrycznym o napięciu 230 V. Płyta po rozgrzaniu utrzymywała stabilną temperaturę 270°C. Do przeprowadzenia jednej próby wykorzystano 6 kawałków drewna o wymiarach 20 x 25 x 75 mm. Drewno było równomiernie rozkładane na powierzchni rozgrzanej płyty. W momencie położenia drewna na płycie uruchamiano zapis parametrów pracy czujek. Mierzono czas od momentu położenia drewna na powierzchni płyty do wejścia obydwu badanych czujek w stan alarmu. Po uruchomieniu alarmu ściągano drewno z powierzchni płyty, zanurzano je w wiadrze z wodą i wietrzono komorę testową.

2.5. Spalanie płomieniowe

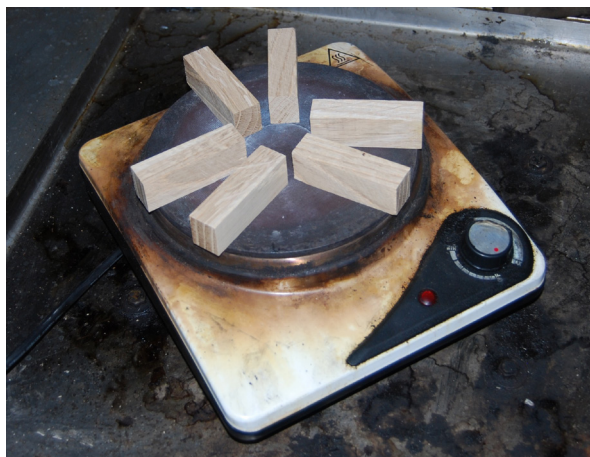
W celu przeprowadzenia próby ze spalaniem płomieniowym na tacy o wymiarach 200 x 200 mm układano stos 24 beleczek o wymiarach 10 x 20 x 250 mm (zgodnie z normą ISO/TS 7240-9) w konfiguracji 4 warstwy po 6 beleczek. Pod stosem na środku tacy umieszczano okrągłą tackę o średnicy 5 cm z zawartością 0,5 cm³ denaturatu. Alkohol był podpalałny za pomocą zapalarki gazowej. W momencie zapalenia denaturatu uruchamiano zapis parametrów pracy czujek. Próba kończyła się w momencie wejścia obydwu czujek w stan alarmu. W tym momencie rozpoczynano gaszenie pożaru testowego wodą oraz wietrzenie komory testowej.

2.4. Non-flaming combustion

This test used a cast-iron hotplate, 19 cm in diameter, powered by 230 V electric current. After heating, the hotplate retained a stable temperature of 270°C. For a single test, six pieces of wood were used 20 × 25 × 75 mm in size. The wood was arranged evenly on the surface of the heated hotplate. The recording of the detectors' operating parameters started once the wood was laid on the hotplate. Then, the time was measured between the laying of the wood on the hotplate surface and the entering of both detectors into the alarm mode. After the alarm activated, the wood was taken off the hotplate surface and submerged in a water bucket; the test chamber was then aired out.

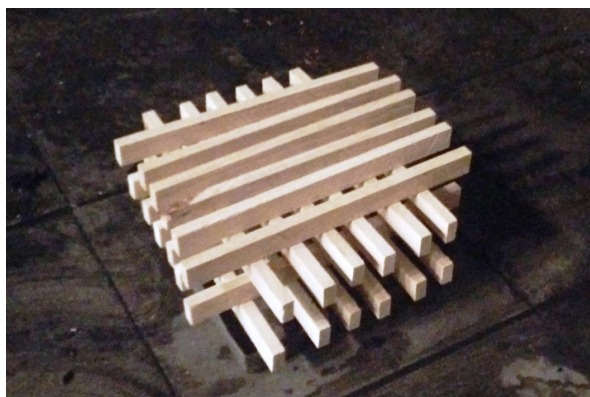
2.5. Flaming combustion

For the test with flaming combustion on a tray measuring 200 × 200 mm, a pile of 24 beams 10 × 20 × 250 mm (in accordance with ISO/TS 7240-9) in size was laid, arranged in 4 layers, 6 beams each. Under the pile, at the centre of the tray, another, round, tray was placed, with a diameter of 5 cm, containing 0.5 cm³ of denatured alcohol. The alcohol was set on fire with a gas lighter. The recording of the detectors' operating parameters started once the fire was lighted. The test ended when both detectors entered the alarm mode. At this point, the fire was extinguished with water and the test chamber was aired out.



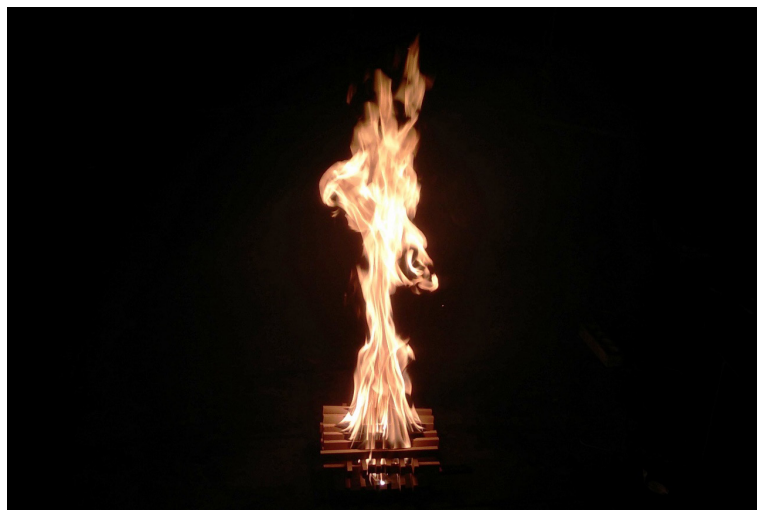
Ryc. 7. Ułożenie drewnianych beleczek na płycie grzewczej w pożarze testowym do spalania bezpłomieniowego
Fig. 7. Beams used in the experiments as a source of non-flaming combustion

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 8. Ułożenie drewnianych beleczek w pożarze testowym do spalania płomieniowego
Fig. 8. Beams used in the experiments as a source of flaming combustion

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 9. Pożar testowy w trakcie badania

Fig. 9. Test fire during the experiments

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

3. Wyniki badań

Przeprowadzono po trzy próby dla wszystkich rodzajów drewna zarówno przy spalaniu bezpłomieniowym, jak i płomieniowym. Warunki panujące w komorze badawczej były zbliżone dla wszystkich prób:

- temperatura: 21°C;
- ciśnienie: 1005-1020 hPa;
- wilgotność powietrza: 40-60%.

Dane rejestrowane przez program Polon-agent przetwarzano za pomocą programu Microsoft Excel 2013, co pozwoliło przedstawić wyniki badań w formie wykresów. Program OSID Diagnostic Tool nie posiada funkcji zapisu parametrów pracy czujki Xtralis OSID w formie danych do dalszego przetworzenia. Wobec tej niedogodności wykonywano zrzuty ekranu z otwartym oknem głównym oraz oknem wykresu pochłaniania wiązek promieniowania emitowanych przez nadajnik czujki OSID. Zrzuty wykonywano w momencie startu próby (czyli położenia drewnianych beleczek na powierzchni płyty grzewczej dla badania ze spalaniem bezpłomieniowym oraz podpalenia denaturatu w badaniu ze spalaniem płomieniowym) i w momencie wejścia poszczególnych czujek w stan alarmu. Na ekranie komputera cały czas widoczny był zegar z sekundnikiem, co pozwoliło na późniejsze spisanie czasów zadziałania czujek z dokładnością do 1 sekundy.

Wykresy liniowe dla czujki DOP-6001 oraz wykresy słupkowe wykonano w programie Microsoft Excel 2013 na podstawie danych wyjściowych programu Polon-agent i tabel z wynikami badań. Wykresy liniowe dla czujki OSID mają postać zrzutu ekranu z okna wykresu osłabienia wiązek światła w zakresie UV i IR w funkcji czasu wg programu OSID Diagnostic Tool. W związku z tym przedstawiono po jednym wykresie dla każdego gatunku drewna dla spalania bezpłomieniowego i płomieniowego. Wykresy czujki OSID dla wszystkich trzech prób w ramach jednego gatunku drewna wyglądają bardzo podobnie, różnicą jest tylko zmiana skali osi czasu. Na wykresach w celu łatwiejszego odczytu czarną linią zaznaczono odcinek czasu o długości odpowiadającej wartości umieszczonej nad linią. Ponieważ wykresy czujki OSID są niezbyt czytelne, zostały przytoczone jedynie w celach orientacyjnych.

3. Results

Three tests were performed for all types of wood, with both non-flaming and flaming combustion. The conditions inside the test chamber were similar for all the tests:

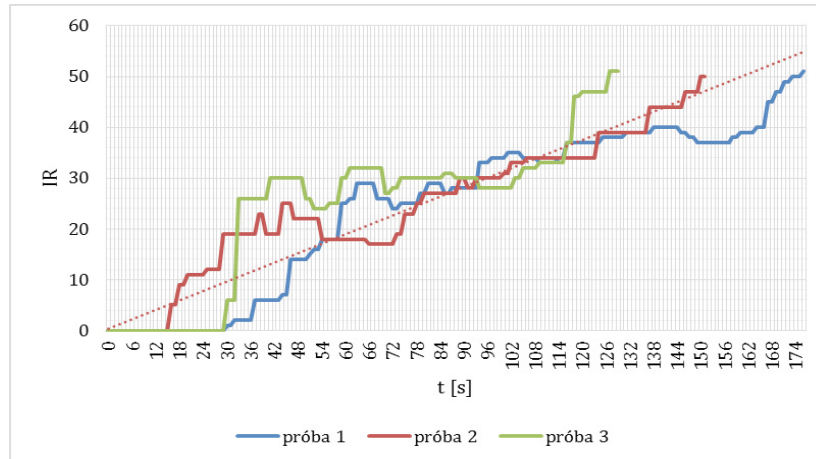
- temperature: 21°C;
- pressure: 1005-1020 hPa;
- humidity: 40-60%.

The data recorded by Polon-agent software were processed with Microsoft Excel 2013, which allowed the results to be presented as charts. The OSID Diagnostic Tool does not offer the function of saving the operating parameters of the Xtralis OSID detector as data ready for further processing. In view of this inconvenience, screenshots were taken of the main window and the chart showing the absorption of radiation beams emitted by the OSID detector's transmitter. Screenshots were taken when the test started (i.e. when the wooden beams were arranged on the hotplate surface for the non-flaming combustion test, and when the denatured alcohol was set on fire in the flaming-combustion test) and each of the detectors entered the alarm mode. For the entire duration of the experiment, the computer display showed the exact time, so the moment when the detectors activated could be recorded with an accuracy of up to 1 second.

The line charts for the DOP-6001 detector and the bar charts were drawn in Microsoft Excel 2013 on the basis of output data from the Polon-agent software and tables containing the results of the experiments. The line charts for the OSID detector are presented in a screenshot with the diagram showing the suppression of light beams in the UV and IR spectrum against the function of time, as interpreted by the OSID Diagnostic Tool. Therefore, one chart for each wood type was presented for non-flaming and flaming combustion. The charts for the OSID detector for all three tests within one type of wood are very similar, the only difference being a change in the scale of the timeline. For easier reading, each chart includes a black line which depicts the stretch of time with its length corresponding to the value above the line. As the charts for the OSID detector are not clearly legible, they were provided for reference only.

3.1. Parametry czujek podczas prób

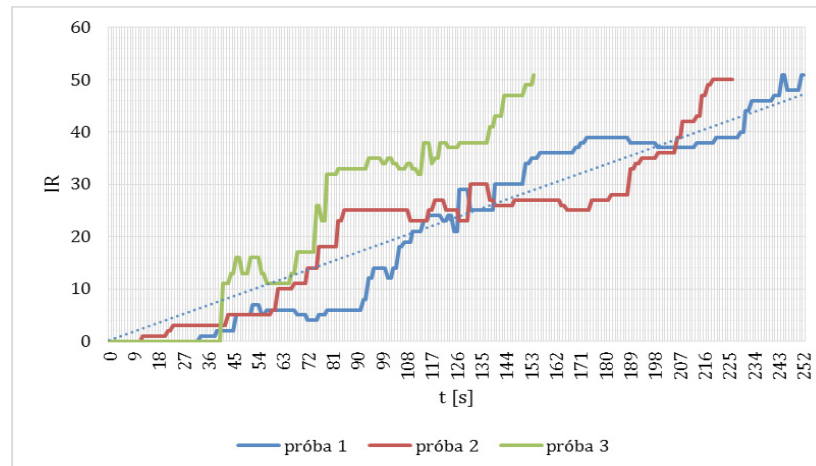
3.1. Detector parameters during the tests



Ryc. 10. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna sosnowego – spalanie bezpłomieniowe
 Fig. 10. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time
 for pine wood – non-flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

Źródło: Opracowanie własne.

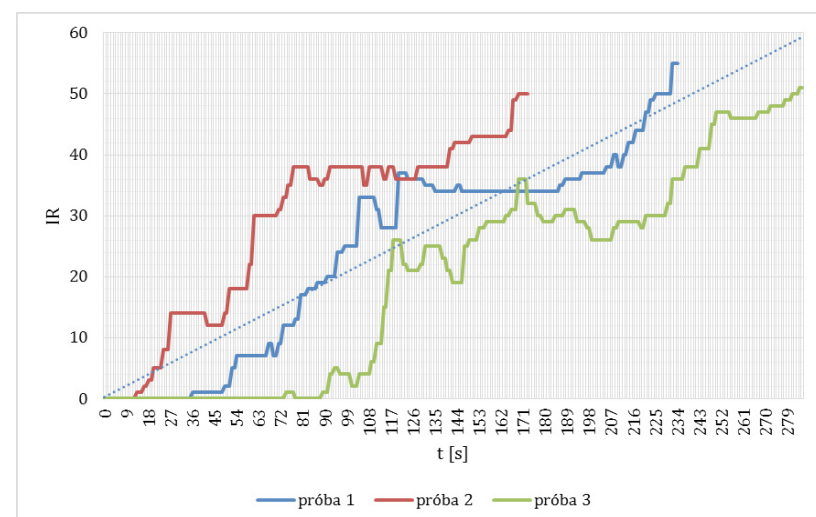
Source: Own elaboration.



Ryc. 11. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna brzoźowego – spalanie bezpłomieniowe
 Fig. 11. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time
 for birch-tree wood – non-flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

Źródło: Opracowanie własne.

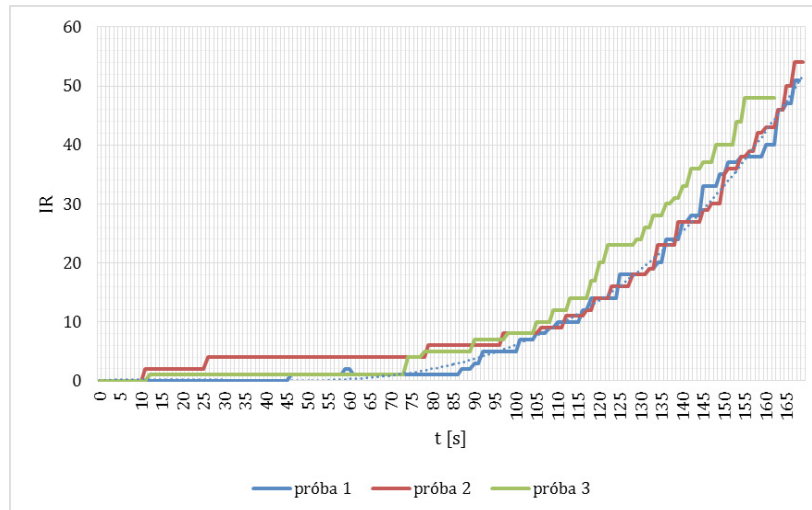
Source: Own elaboration.



Ryc. 12. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna jesionowego – spalanie bezpłomieniowe
 Fig. 12. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time
 for ash wood – non-flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

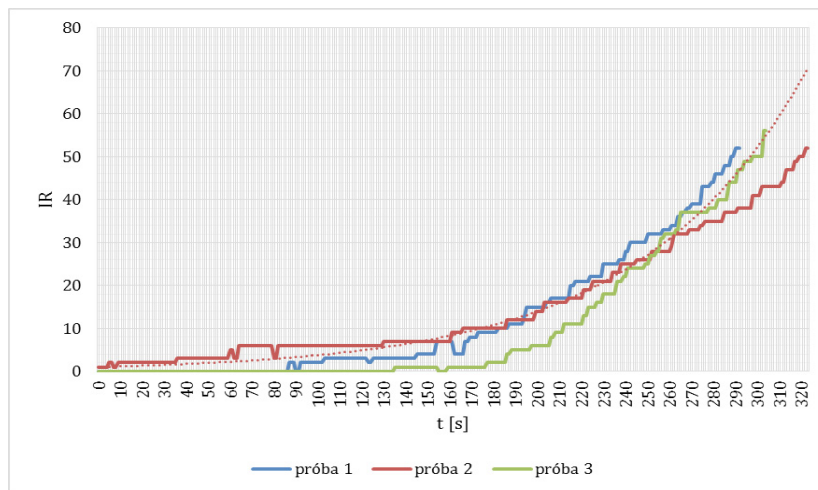
Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



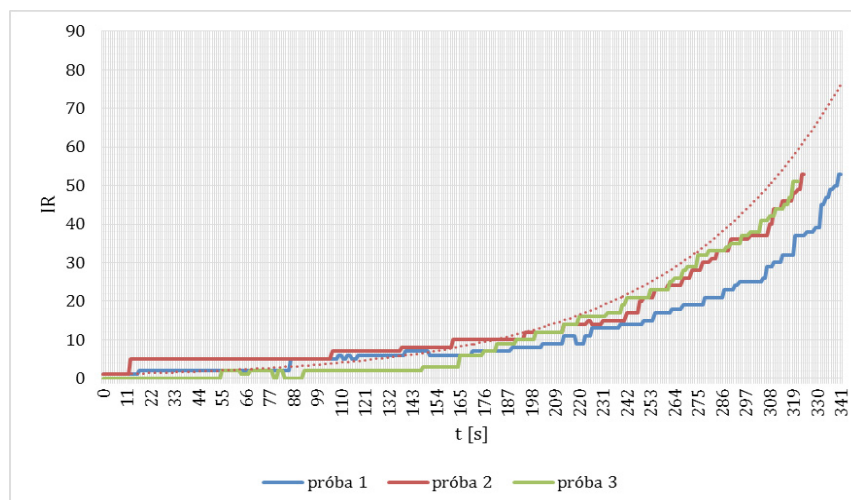
Ryc. 13. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna sosnowego – spalanie płomieniowe
 Fig. 13. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time for pine wood – flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

Źródło: Opracowanie własne.
 Source: Own elaboration.



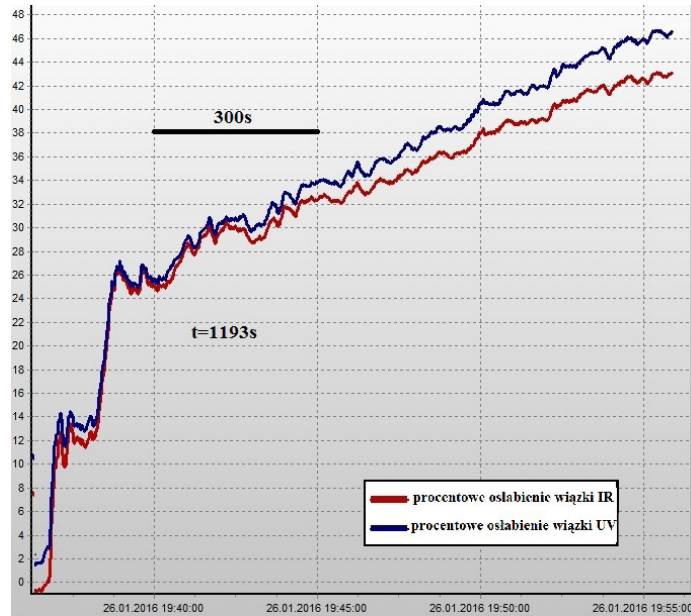
Ryc. 14. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna brzoźowego – spalanie płomieniowe
 Fig. 14. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time for birch-tree wood – flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

Źródło: Opracowanie własne.
 Source: Own elaboration.



Ryc. 15. Przebieg parametru IR czujki DOP-6001 w czasie dla drewna jesionowego – spalanie płomieniowe
 Fig. 15. Evolution of the IR parameter of the DOP-6001 optical beam smoke detector over time for ash wood – flaming combustion (test 1 / 2 / 3)

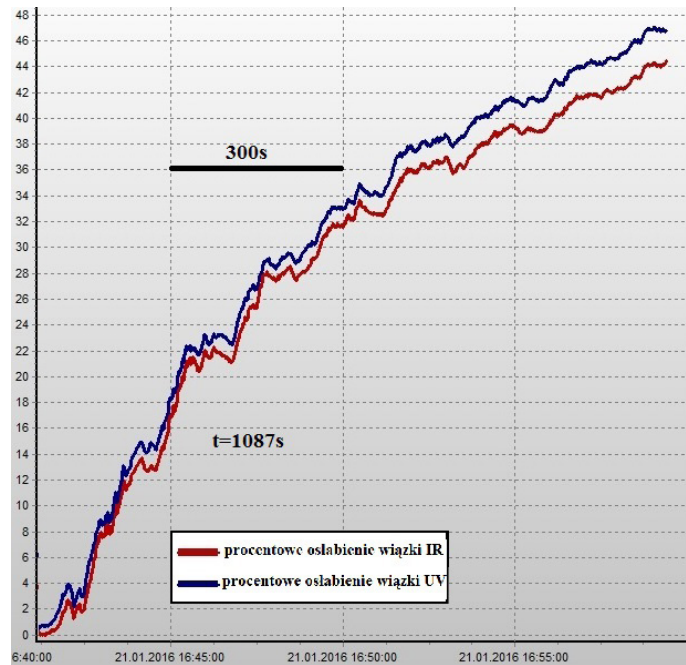
Źródło: Opracowanie własne.
 Source: Own elaboration.



Ryc. 16. Przebieg osłabienia wiązek światła czujki OSID dla drewna sosnowego – spalanie bezpłomieniowe
Fig. 16. Evolution of the light-beam suppression of the OSID optical beam smoke detector for pine wood – non-flaming combustion;
 red colour – suppression of VR beam (%), blue colour - suppression of UV beam (%)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



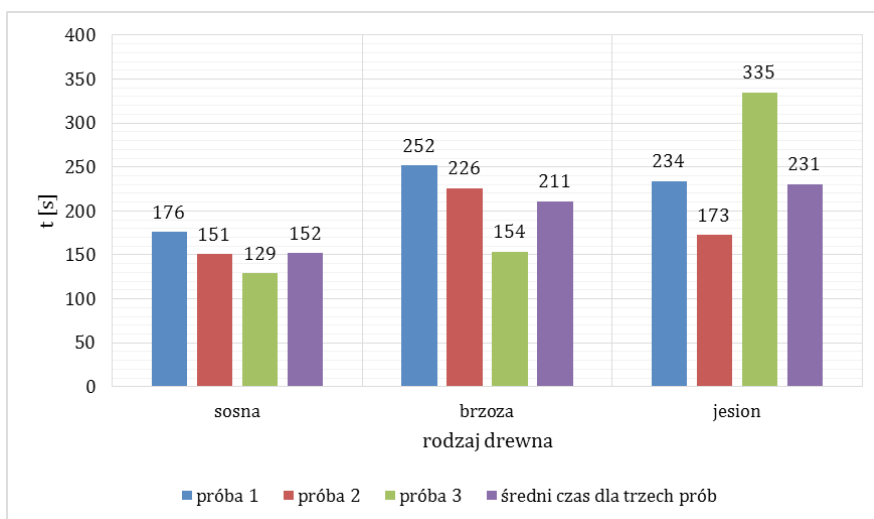
Ryc. 17. Przebieg osłabienia wiązek światła czujki OSID dla drewna brzoźowego – spalanie bezpłomieniowe
Fig. 17. Evolution of the light-beam suppression of the OSID optical beam smoke detector for birch-tree wood – non-flaming combustion;
 red colour – suppression of VR beam (%), blue colour – suppression of UV beam (%)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

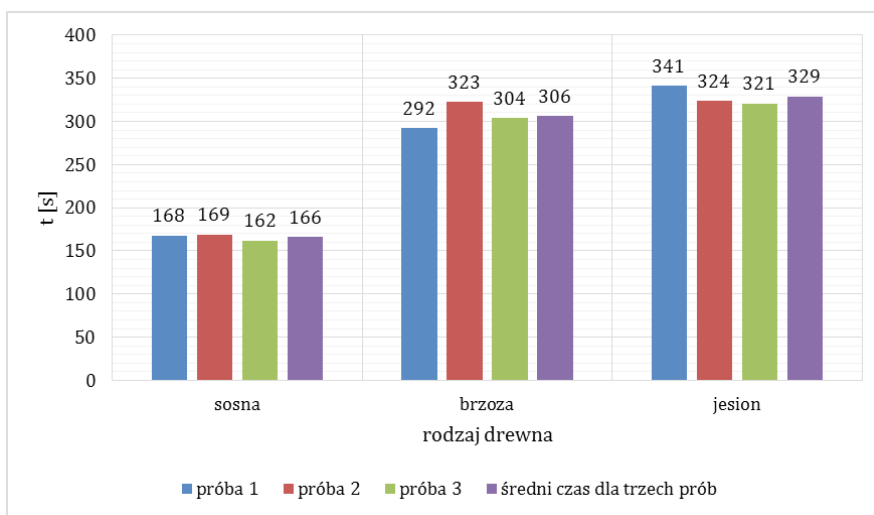
3.2. Porównanie czasów zadziałania czujki DOP-6001 dla wszystkich prób

3.2. Comparison of the activation times of the DOP-6001 optical beam smoke detector for all tests



Ryc. 18. Porównanie czasów zadziałania czujki DOP-6001 dla wszystkich prób – spalanie bezpłomieniowe
 Fig. 18. Comparison of the activation times of the DOP-6001 detector for all tests – non-flaming combustion.
 Horizontal axis (from left) - wood type: pine, birch, ash; blue - test 1, red - test 2, green - test 3, purple - average time for three tests

Źródło: Opracowanie własne.
 Source: Own elaboration.

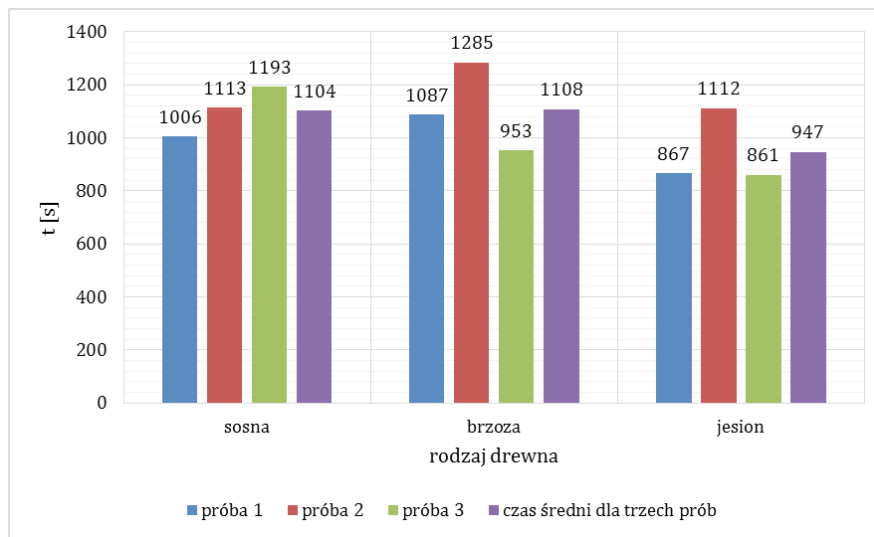


Ryc. 19. Porównanie czasów zadziałania czujki DOP-6001 dla wszystkich prób – spalanie płomieniowe
 Fig. 19. Comparison of the activation times of the DOP-6001 detector for all tests – flaming combustion.
 Horizontal axis (from left) - wood type: pine, birch, ash; blue - test 1, red - test 2, green - test 3, purple - average time for three tests

Źródło: Opracowanie własne.
 Source: Own elaboration.

3.3. Porównanie czasów zadziałania czujki OSID dla wszystkich prób

3.3. Comparison of the activation times of the OSID detector for all tests



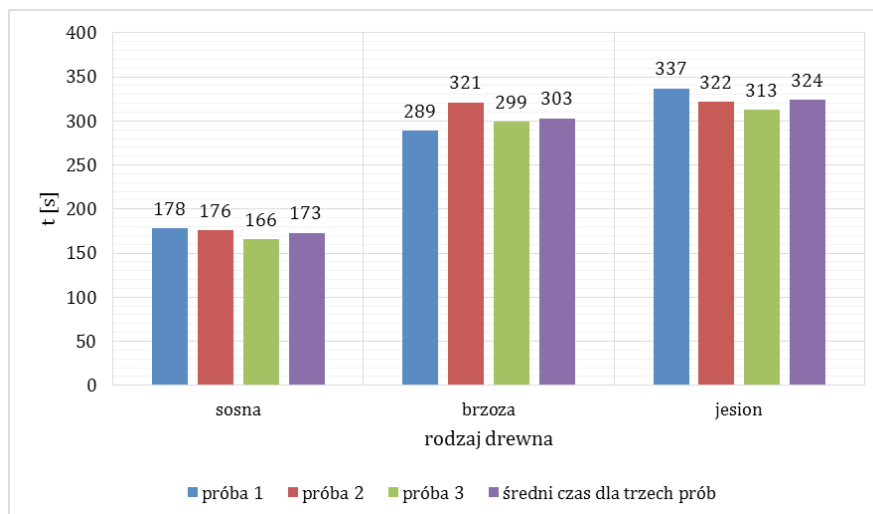
Ryc. 20. Porównanie czasów zadziałania czujki OSID dla wszystkich prób – spalanie bezpłomieniowe

Fig. 20. Comparison of the activation times of the OSID detector for all tests – non-flaming combustion.

Horizontal axis (from left) - wood type: pine, birch, ash; blue - test 1, red - test 2, green - test 3, purple - average time for three tests

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 21. Porównanie czasów zadziałania czujki OSID dla wszystkich prób – spalanie płomieniowe

Fig. 21. Comparison of the activation times of the OSID detector for all tests – flaming combustion.

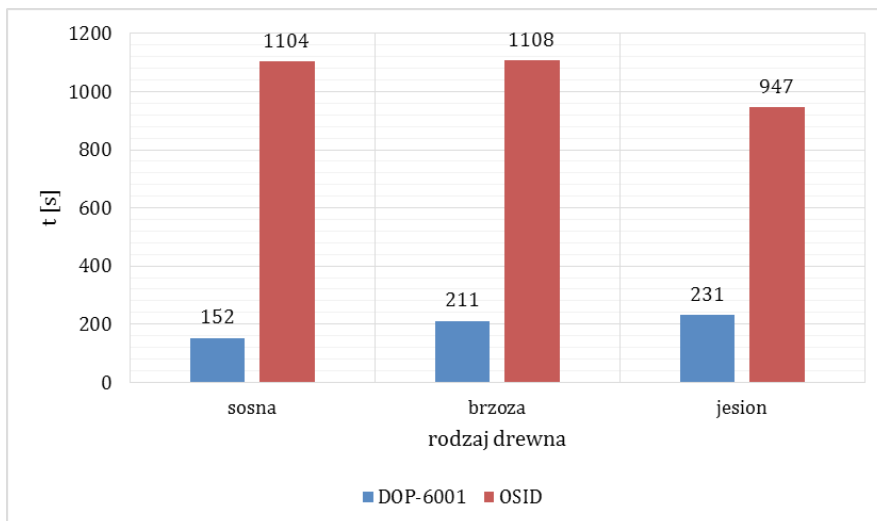
Horizontal axis (from left) - wood type: pine, birch, ash; blue - test 1, red - test 2, green - test 3, purple - average time for three tests

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

3.4. Porównanie średnich czasów zadziałania obydwu czujek dla różnych gatunków drewna

3.4. Comparison of the activation times of both detectors for all tested wood types

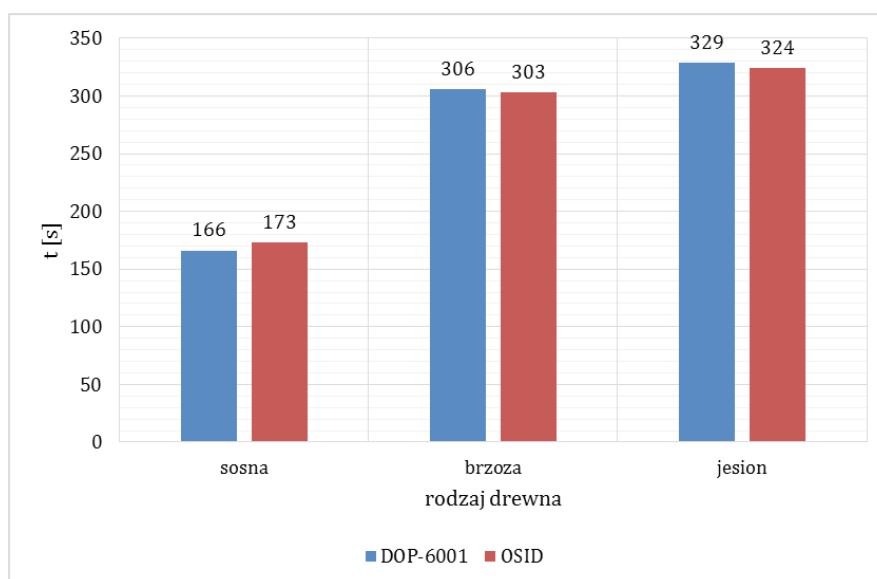


Ryc. 22. Porównanie średnich czasów zadziałania obydwu czujek dla różnych gatunków drewna – spalanie bezpłomieniowe
Fig. 22. Comparison of the activation times of both detectors for all tested wood types – non-flaming combustion.

Horizontal axis (from left) – wood type: pine, birch, ash

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 23. Porównanie średnich czasów zadziałania obydwu czujek dla różnych gatunków drewna – spalanie płomieniowe
Fig. 23. Comparison of the activation times of both detectors for all tested wood types – flaming combustion.

Horizontal axis (from left) – wood type: pine, birch, ash

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

4. Podsumowanie

W próbach ze spalaniem bezpłomieniowym dym zaczął się wydzielać niezwłocznie po umieszczeniu drewna na płycie grzewczej, a proces tlenia się drewna był jednostajny. Przebieg parametrów pracy czujek w czasie jest w dużym przybliżeniu liniowy, co oznacza jednostajne tempo zmniejszania się przezroczystości powietrza w komorze badawczej. Spalanie płomieniowe rozpoczynało się od małego płomienia podpalonego alkoholu, który inicjował spalanie drewna. Szybkość spalania, a co za tym idzie ilość wydzielanego dymu, cały czas rosła, co powodowało przebieg parametrów pracy

4. Summary

In the non-flaming combustion tests, smoke started to be produced as soon as the wood was laid on the hotplate, and the wood-smouldering process was uniform. The evolution of the detectors' operating parameters over time is roughly exponential, which means that the air in the test chamber loses its transparency at an even pace. The flaming combustion started with a small flame from the alcohol set on fire, which initiated the combustion of the wood. The burning rate and the resulting amount of smoke continued to rise throughout the entire test, causing operating parameters of the beam

czujek liniowych dymu w czasie zbliżony do wykładniczego. Tłumienie wiązek światła wysyłanych przez nadajnik czujki OSID, przebiega różnie, w zależności od typu spalania. Dym pochodzący ze spalania bezpłomieniowego początkowo tłumii obie wiązki jednakowo, dopiero po pewnym czasie (ok. 5 min) pojawia się znacząca różnica pomiędzy tłumieniem UV oraz IR. Podczas spalania płomieniowego różnica jest widoczna natychmiast i wyraźnie powiększa się wraz z rozwojem pożaru testowego.

Kryteria wejścia czujki OSID w stan alarmu są złożone. Dla spalania płomieniowego czujka reagowała przy różnicy w tłumieniu dwóch wiązek na poziomie 20-25% (średnio 22%). Przy spalaniu bezpłomieniowym było to 2-8% (średnio 4%). Niejednokrotnie czujka rejestrowała taką różnicę na długo przed wejściem w stan alarmu.

Dla obydwu typów czujek stwierdzono mniejsze rozbieżności w czasie zadziałania pomiędzy poszczególnymi próbami dla jednego rodzaju drewna przy spalaniu płomieniowym w porównaniu do bezpłomieniowego. Może to wynikać z faktu, że proces spalania płomieniowego charakteryzuje się większą dynamiką rozwoju, natomiast tlenie zachodzi równomiernie z małą szybkością, na którą wpływ mają wszelkie cechy budowy użytych próbek drewna. Występują bardzo duże różnice w czasie zadziałania każdej z dwóch czujek w warunkach spalania bezpłomieniowego. Czujka OSID reaguje po kilkakrotnie dłuższym czasie podczas tej samej próby. Obydwie czujki reagują w bardzo zbliżonym czasie w przypadku spalania płomieniowego, różnice wynoszą maksymalnie kilkanaście sekund.

Wraz ze wzrostem gęstości drewna rośnie czas wykrycia jego pożaru. Jedynym wyjątkiem jest działanie czujki OSID podczas prób ze spalaniem bezpłomieniowym. Płomieniowe spalanie drewna sosnowego wykrywane jest po upływie wyraźnie krótszego czasu niż pozostałych gatunków, na co oprócz mniejszej gęstości, ma wpływ duża zawartość żywicy. Podczas pirolizy drewno sosnowe wydziela więcej lotnych produktów, które przyspieszają rozwój pożaru.

Literatura / Literature

- [1] SITP WP – 02:2010 Wytyczne projektowania instalacji sygnalizacji pożarowej
- [2] Wnęć W., Kustra P., Gancarczyk P., Tuzimek Z., Łoza H., *Laboratorium technicznych systemów zabezpieczeń*, SGSP, Warszawa 1999.
- [3] Karta katalogowa optycznej liniowej czujki dymu DOP 6001,

smoke detectors to evolve nearly exponentially over time. The lights beams sent by the transmitter of the OSID detector are suppressed with a varied intensity, depending on the type of combustion. Initially, the smoke from non-flaming combustion suppresses both beams evenly and it is only after some time (approx. 5 minutes) that a marked difference occurs between the suppression of UV and IR. During flaming combustion, the difference is visible immediately and clearly intensifies as the test fire develops.

The criteria for entering into the alarm mode by the OSID detectors are complex. For flaming combustion, the detector responded when the difference between the suppression of two beams reached 20-25% (22% on average). For non-flaming combustion, this was 2-8%, (4% on average). It was often the case that the detector recorded such a difference long before it entered the alarm mode.

For both detectors, minor discrepancies were found in the moment of activation between individual tests for one type of wood in flaming combustion, as compared to non-flaming combustion. This might stem from the fact that the process of flaming combustion is characterised by greater developmental dynamics; smouldering, in turn, develops uniformly, at a low pace affected by all the properties of the wood samples used. Major differences can be observed as regards the moment of activation of both detectors in non-flaming combustion. In the same test, the OSID detector needs substantially more time to respond. The response time of both detectors in flaming combustion is very similar, with differences of no more than 10-20 seconds.

As the density of wood grows, it takes more time for a fire from such wood to be detected. The only exception is how the OSID detector works during non-flaming combustion tests. The flaming combustion of pine wood is detected after a noticeably shorter time than of other types of wood, which, in addition to lower density, results from the high amount of resin. During pyrolysis, pine wood emits more volatile products that accelerate the rate at which the fire develops.

- [4] POLON-ALFA http://www.polon-alfa.pl/sites/default/files/polon/pliki/DOP-6001_d.pdf, [dostęp: 09.02.2016].
- [4] http://www.hochikiamerica.com/products/literature/instructions/15204_A4_OSID_Product_Guide_A4_IE_lores.pdf, [dostęp: 09.02.2016].
- [5] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, SFPE, 2015.

Artykuł został przetłumaczony ze środków MNiSW w ramach zadania:

Stworzenie anglojęzycznych wersji oryginalnych artykułów naukowych wydawanych w kwartalniku „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza - typ zadania: stworzenie anglojęzycznych wersji wydawanych publikacji finansowane w ramach umowy 935/P-DUN/2016 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

* * *

mł. bryg. dr inż. Rafał Porowski – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz Politechniki Warszawskiej. W latach 2009-2010 w ramach stypendium Fulbrighta pracował w California Institute of Technology w USA. Obecnie pracuje jako adiunkt w Szkole Głównej Służby Pożarniczej na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego.

Rafał Porowski, Ph.D., Eng. – a graduate from the Main School of Fire Service in Warsaw and the Warsaw University of Technology. In 2009-2010, under Fulbright scholarship, he worked at the California Institute of Technology. Currently, he is assistant professor at the Faculty of Fire Safety Engineering, the Main School of Fire Service.

inż. Norbert Janik – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.

Norbert Janik, Eng. – a graduate from the Main School of Fire Service in Warsaw.

inż. Tomasz Wdowiak – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Obecnie pracuje w Szkole Głównej Służby Pożarniczej na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego.

Tomasz Wdowiak, Eng. – a graduate from the Main School of Fire Service in Warsaw. Currently works at the Faculty of Fire Safety Engineering, the Main School of Fire Service.

st. bryg. dr inż. Waldemar Wnęk – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz Politechniki Warszawskiej. Obecnie pełni funkcję kierownika Katedry Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej.

Waldemar Wnęk, Ph.D., Eng. – a graduate from the Main School of Fire Service in Warsaw and the Warsaw University of Technology. Head of the Chair of Structure Safety and Hazard Detection at the Faculty of Fire Safety Engineering, the Main School of Fire Service.