

Kalina Szafarczyk^{a)*}

^{a)} The Main School of Fire Service / Szkoła Główna Służby Pożarniczej

* Corresponding author / Autor korespondencyjny: kalina.szafarczyk@ibt.org.pl

Reducing the Multi-Sensor Smoke Detectors Susceptibility to False Triggering

Ograniczenie podatności wielodetektorowych czujek pożarowych na mylne wzbudzenia

ABSTRACT

Purpose: An assessment of the possibility of reducing the susceptibility of fire detectors to false alarms was carried out by: 1) analysing the impact of changing the operating modes of a multi-sensor detector on minimizing false alarms, and 2) verifying, using ANOVA tests, two hypotheses: either the settings or the sensitivity of the sensor affect the susceptibility of the detectors to false alarms.

Project and methods: In order to assess the impact of false alarms on the operation of facilities equipped with a Fire Alarm System, a survey was conducted, directed at their administrators. A study of the fire detectors susceptibility to false alarms included placing the DTC-6046 multi-sensor detector in a closed test chamber and initiating the detector's triggering by a deceptive agent. It was then observed whether the detector would initiate a fire alarm depending on different operating mode settings. The operation of the sensors was changed to interdependent, independent or coincidence work. Sensitivity settings of the sensors were changed from normal to increased by 20%, decreased by 20% or by 40%. An analysis using ANOVA test was conducted to verify which settings have a significant impact on minimising false alarms. Based on the results, example configuration guidelines were developed.

Results: Based on the study, the following main results were formulated. The configuration least prone to false triggering is the one in which the sensors operate interdependently and the sensitivity is reduced by 40%. The highest number of false alarms was observed when sensitivity was increased by 20% with independent sensors and in coincidence, as well as for independent sensors working at normal sensitivity. Performing verification using ANOVA analysis of variance, the hypothesis that sensor settings have a statistically significant effect on minimising false alarms was rejected.

Conclusions: There is a need to search for and implement ways to minimise false alarms of Fire Alarm Systems. The most common reason for false triggering of fire detectors are external factors that are not fire hazards (e.g. dust, dirt). The way of minimising false alarms is a proper setting of the detector operating modes (not often used in practice). The operating modes are based on changing the settings of sensor cooperation and detector sensitivity, where changing only the settings of the sensors does not result in such significant changes as changing the sensitivity of the detectors to increased or decreased compared to normal (result of ANOVA analysis).

Keywords: fire detector, false alarms, detector operating modes, reduction of false triggering of fire detectors

Type of article: original scientific article

Received: 30.10.2022; Reviewed: 14.11.2022; Accepted: 17.11.2022;

Author's ORCID ID: K. Szafarczyk – 0000-0003-0947-7529;

Please cite as: SFT Vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 164–174, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.9>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Ocena możliwości ograniczenia podatności czujek pożarowych na mylne wzbudzenia wykonana na podstawie: 1) analizy wpływu zmiany trybów pracy czujki wielodetektorowej na minimalizację fałszywych alarmów oraz 2) weryfikacji przy wykorzystaniu testów ANOVA dwóch hipotez: nastawy albo czułość sensorów wpływają na podatność czujek na mylne wzbudzenia.

Projekt i metody: Aby ocenić wpływ fałszywych alarmów na funkcjonowanie obiektów, przeprowadzono ankietę, skierowaną do administratorów obiektów wyposażonych w system sygnalizacji pożarowej. Badania laboratoryjne podatności czujek pożarowych na mylne wzbudzenia polegały na umieszczeniu czujki wielodetektorowej DTC-6046 w zamkniętej komorze badawczej i próbie wzbudzenia jej czynnikiem zwodniczym. Obserwowano, czy czujka zainicjuje alarm pożarowy w zależności od różnych ustawień trybów pracy. Zmianiane były parametry określające pracę sensorów (współzależnie, niezależnie, w koincydencji) oraz ustawienia ich czułości z normalnej na podwyższoną o 20%, obniżoną o 20% bądź 40%. Przebadano 12 konfiguracji. Wyniki poddano analizie statystycznej metodą ANOVA, która pozwoliła na weryfikację, które ustawienia wpływają znacząco na minimalizację fałszywych alarmów. Na tej podstawie opracowane zostały przykładowe wytyczne konfiguracji.

Wyniki: Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano poniższe główne ich wyniki. Najmniej podatna na fałszywe zadziałania jest konfiguracja, w której sensory działają współzależnie, a czułość jest obniżona o 40%. Najwyższą liczbą fałszywych alarmów charakteryzują się ustawienia czułości podwyższonej o 20% w przypadku sensorów niezależnych oraz będących w koincydencji, jak i dla sensorów niezależnych zadziałanie przy czułości normalnej. Przeprowadzenie weryfikacji, wykorzystując analizę wariancji ANOVA, pozwoliło odrzucić hipotezę, jakoby nastawy sensorów w istotnie statystyczny sposób wpływały na minimalizację fałszywych alarmów.

Wnioski: Występuje konieczność poszukiwania i wdrażania sposobów minimalizowania fałszywych alarmów SSP. Najczęstszym powodem mylnego wzbudzenia czujek pożarowych są czynniki zewnętrzne, niebędące zagrożeniem pożarowym (np. pył, kurz). Sposobem na ograniczenie tego zjawiska jest właściwe ustawienie trybów pracy czujki (stosowane w praktyce niezbyt często). Tryby pracy opierają się na zmianie ustawień współpracy sensorów oraz czułości czujki, gdzie zmiana tylko ustawień sensorów nie powoduje tak znaczących zmian, jak zmiana czułości czujek na podwyższoną bądź obniżoną w stosunku do normalnej (wynik analizy ANOVA).

Słowa kluczowe: czujka pożarowa, fałszywe alarmy, tryby pracy czujki, ograniczenie mylnych wzbudzeń czujek pożarowych

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 30.10.2022; **Zrecenzowany:** 14.11.2022; **Zaakceptowany:** 17.11.2022;

Identyfikator ORCID autora: K. Szafarczyk – 0000-0003-0947-7529;

Proszę cytować: SFT Vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 164–174, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.9>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

The article is based on research conducted at the School of Fire Service as part of a thesis on analysing the possibility of reducing the susceptibility of multi-sensor fire detectors to false triggering. The reason for addressing such a topic are numerous reports of false fire alarms in buildings equipped with a fire alarm system (SSP). These alarms are caused by factors that occur under normal conditions of use and are not fire factors. A way to reduce them can be the use of multi-sensor detectors, which can operate in different modes, according to the configuration of the sensors. Often, deceptive non-fire substances present in rooms, such as dust, wood dust or steam, can cause unwanted fire signalling by the SSP. Multiple false triggering of fire detectors is capable of leading building occupants to become indifferent to or ignore alarms, which can particularly affect those responsible for monitoring the fire control panel. Such actions can lead to fatal consequences, caused by ignoring a fire alarm that may, among numerous other false alarms, actually warn of a real threat.

In order to assess how false alarms affect the operation of SSP-equipped facilities, a survey was conducted among their administrators. The results were collected from 40 respondents. The obtained results clearly indicate that the problem of false alarms is widespread (see Figure 1). The most common reason for false triggering of fire detectors is an external factor that is not a fire hazard (see Figure 2).

Wprowadzenie

Artykuł powstał na podstawie badań przeprowadzonych w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w ramach pracy dyplomowej dotyczącej analizy możliwości ograniczania podatności wielodetektorowych czujek pożarowych na mylne wzbudzenia. Podjęcie takiego tematu spowodowane jest licznymi doniesieniami o fałszywych alarmach pożarowych w obiektach budowlanych wyposażonych w system sygnalizacji pożarowej (SSP). Alarmy te powodowane są czynnikami występującymi w normalnych warunkach użytkowania, a nie będącymi czynnikami pożarowymi. Sposobem ich ograniczenia może być zastosowanie czujek wielodetektorowych, które mogą pracować w różnych trybach pracy, odpowiednio do konfiguracji sensorów. Często obecne w pomieszczeniach substancje zwodnicze, niebędące wynikiem pożaru, jak kurz, pył drzewny czy para wodna, mogą powodować niepożądane sygnalizowanie pożaru przez SSP. Liczne mylne wzbudzenia czujek pożarowych są w stanie prowadzić do zubożnienia użytkowników budynku na alarmy bądź ich ignorowanie, co w szczególności może dotyczyć osób odpowiedzialnych za nadzorowanie centrali pożarowej. Takie działania mogą prowadzić do fatalnych w skutkach konsekwencji, spowodowanych zignorowaniem alarmu pożarowego, który wśród licznych innych alarmów zwodniczych może faktycznie ostrzegać przed rzeczywistym zagrożeniem.

W celu oceny, jak fałszywe alarmy wpływają na funkcjonowanie obiektów wyposażonych w SSP, przeprowadzono ankietę skierowaną do ich administratorów. Wyniki zebrano od 40 ankietowanych. Otrzymane rezultaty jasno wskazują, że problem fałszywych alarmów jest powszechny (zob. ryc. 1). Najczęstszym powodem mylnego wzbudzenia detektorów pożarowych jest czynnik zewnętrzny niebędący zagrożeniem pożarowym (zob. ryc. 2).

Did your facilities experience a false alarm in 2021? / Czy w 2021 roku w Państwa obiektach doszło do fałszywego alarmu?

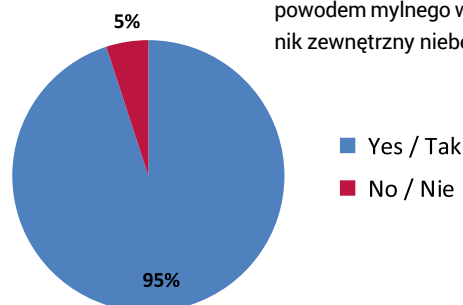


Figure 1. Survey results on the impact of false fire alarms on the operation of a facility – occurrence of at least one false alarm per year

Rycina 1. Wyniki ankiety dotyczącej wpływu fałszywych alarmów pożarowych na funkcjonowanie obiektu – wystąpienie co najmniej jednego fałszywego alarmu w ciągu roku

Source / Źródło: Own elaboration / Opracowanie własne.

**What were the likely causes of false triggering of the fire alarm system? (multiple choice) /
Jakie były prawdopodobne przyczyny fałszywego uruchomienia systemu sygnalizacji pożarowej? (wielokrotny wybór)**

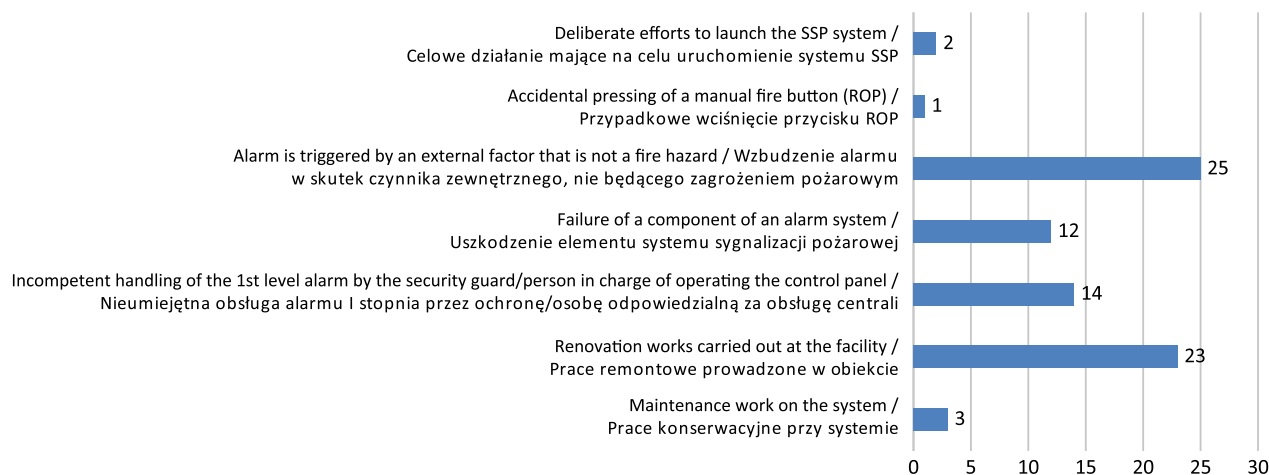


Figure 2. Results of a survey on the impact of false fire alarms on the operation of a facility – probable causes of false triggering of the SSP
Rycina 2. Wyniki ankiety dotyczącej wpływu fałszywych alarmów pożarowych na funkcjonowanie obiektu – prawdopodobne przyczyny fałszywego uruchomienia SSP

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

In case of frequent false alarms, measures should be taken to minimize such situations in the future [5]. In 70% of the cases, such activities were carried out and had a positive effect. Most often, these measures consisted of increasing the frequency of training of the operators of the fire control panel and replacing the alarm reporting component with a new one. One potential way to reduce the possibility of unwanted false alarms is to use multi-sensor detectors with appropriate operating algorithms that take into account the readings from its sensors. Although the systems have this option, it is still a practice that is not very often used. This conclusion was based on the results of the survey, the results of which are presented below (see Figure 3). Therefore, specialized laboratory tests were conducted to determine the effect of selecting different modes of operation on reducing the number of false alarms. The mentioned modes of operation refer to the settings of the fire detector – the number of the activated sensors, their cooperation and the sensitivity of the smoke sensors. There are 3 detector interactions:

1. OR function – independent sensors.
2. AND as their coincidence, in which case the alarm is signalled when at least two sensors exceed the alarm threshold, and
3. Interdependent operation of sensors, in which the increase of one fire factor accelerates the response to the others.

The sensitivity of the smoke detectors can be set in four ways. The factory setting is the so-called normal sensitivity. The 20% increase in sensitivity makes the detector more responsive to the fire factor. The next modes are a 20% or 40% decrease in

W przypadku występujących często fałszywych alarmów należy podjąć działania mające na celu zminimalizowanie takich sytuacji w przyszłości [5]. W 70% przypadków takie czynności zostały zrealizowane i przyniosły skutek pozytywny. Najczęściej działania te polegały na zwiększeniu częstotliwości szkoleń osób zajmujących się obsługą centrali pożarowej oraz wymianie elementu zgłaszającego alarm na nowy. Jednym z potencjalnych sposobów ograniczenia możliwości wystąpienia niepożądanych, fałszywych alarmów jest stosowanie czujek wielosensorowych o odpowiednich algorytmach pracy, uwzględniających odczyty z jej sensorów. Pomimo że systemy mają takie możliwości, to nadal praktyka ta jest niezbyt często wykorzystywana. Wniosek ten sformułowano na podstawie badań ankietowych, których wyniki przedstawiono poniżej (zob. ryc. 3). Z tego powodu zostały przeprowadzone specjalistyczne badania laboratoryjne mające na celu określenie wpływu ustawienia różnych trybów pracy na zmniejszenie liczby fałszywych alarmów. Wspomniane tryby pracy dotyczą ustawień czujki pożarowej – liczby włączonych sensorów, ich współpracy oraz czułości sensorów dymu. Istnieją 3 interakcje sensorów:

1. Funkcja OR – sensory niezależne.
2. AND jako ich koincydencja, wówczas zasygnalizowanie alarmu następuje w momencie przekroczenia progu alarmowego co najmniej dwóch sensorów.
3. Współzależne działanie sensorów, w którym podwyższenie jednego czynnika pożarowego przyspiesza reakcję na pozostałe.

Czułość sensorów dymu można ustawić na cztery sposoby. Fabrycznym ustawieniem jest tzw. czułość normalna. Podwyższenie czułości o 20% powoduje, że czujka lepiej reaguje na czynnik

sensitivity. In reduced sensitivity modes, the detector is less susceptible to an alarm triggering agent. It should be noted here that in each sensitivity mode the detector meets the standard requirements [6, s. 59–68] confirmed by qualification tests in the process of product conformity assessment [7].

pożarowy. Kolejnymi trybami są obniżenie czułości o 20% lub 40%. W trybach obniżonej czułości, czujka jest mniej podatna na czynnik wzbudzający alarm. Należy przy tym zaznaczyć, że w każdym trybie czułości czujka spełnia wymagania normowe [6, s. 59–68], potwierdzone badaniami kwalifikacyjnym w procesie oceny zgodności wyrobu [7].

**What steps have been taken to reduce the number of false alarms? (multiple choice) /
Jakie czynności zostały podjęte w celu zmniejszenia liczby fałszywych alarmów? (wielokrotny wybór)**

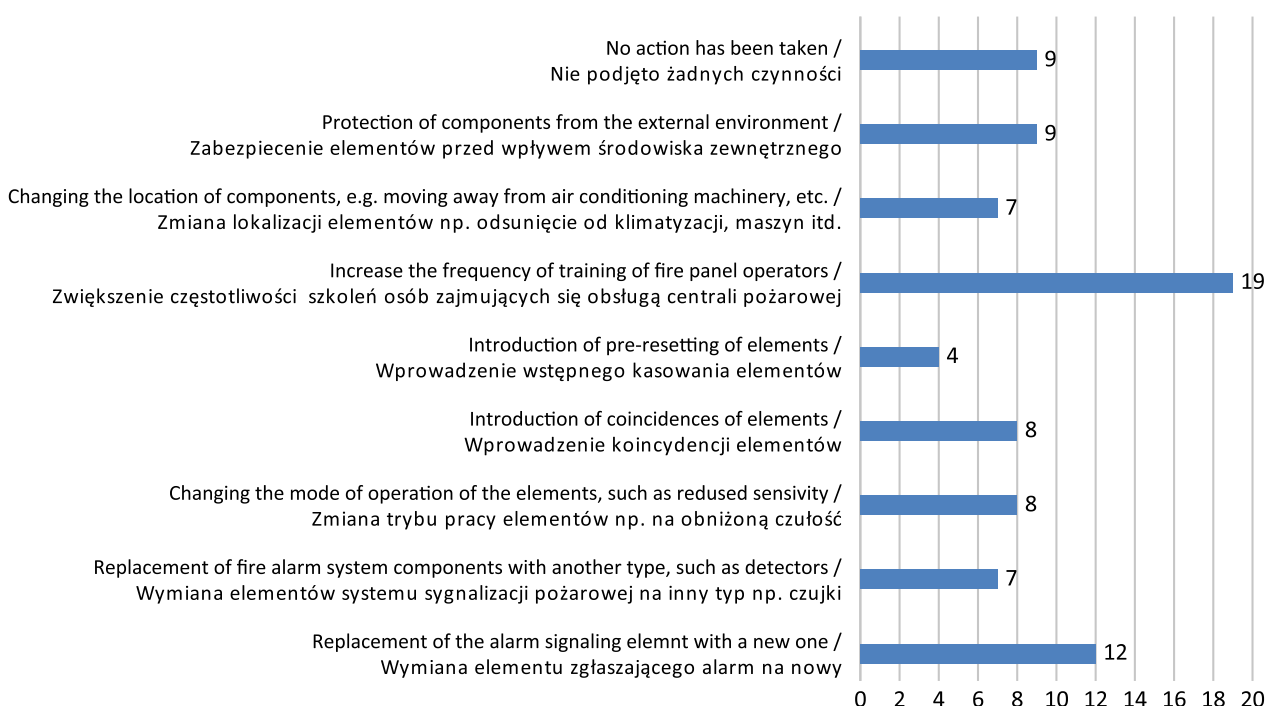


Figure 3. Survey results on the impact of false fire alarms on facility operations – steps taken to reduce false alarms

Rycina 3. Wyniki ankiety dotyczącej wpływu fałszywych alarmów pożarowych na funkcjonowanie obiektu – czynności podjęte w celu zmniejszenia liczby fałszywych alarmów

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Testing method

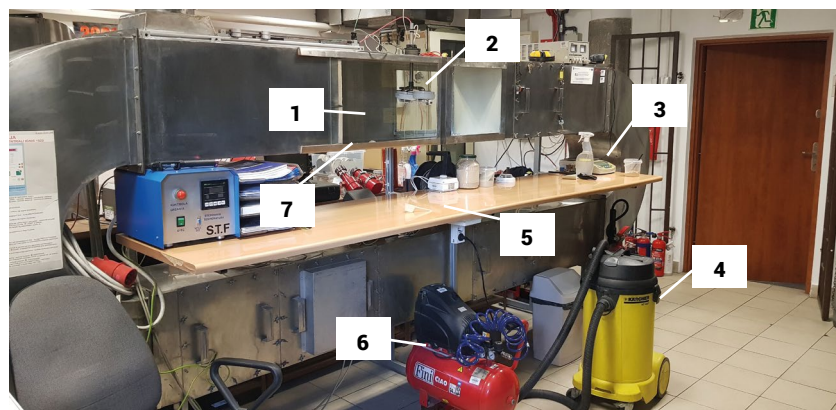
Description of the test system

A test stand located in the Laboratory of Technical Security Systems at the School of Fire Service was used to simulate conditions in an enclosed space (see Figure 4). The subject of the test were 2 multi-sensor DTC-6046 smoke, heat and carbon monoxide detectors. The tests were mainly based on smoke detectors operating on the principle of the Tyndall phenomenon, which involves scattering of light by a colloid, resulting in a light cone.

Metoda badawcza

Opis układu badawczego

Do symulacji warunków panujących w zamkniętej przestrzeni wykorzystano stanowisko badawcze znajdujące się w Pracowni Technicznych Systemów Zabezpieczeń w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (zob. ryc. 4). Przedmiotem badań były 2 wielodetektorowe czujki dymu, tj. ciepła i tlenku węgla DTC-6046. Badania zostały oparte w głównej mierze na detektorach dymu działających na zasadzie zjawiska Tyndalla, polegającego na rozpraszaniu światła przez koloid, czego efektem jest powstanie stożka świetlnego.



- 1 – 1.13 x 0.415 x 0.42 m test chamber / Komora badawcza 1,13 x 0,415 x 0,42 m
- 2 – DTC-6046 fire detectors / Czujki pożarowe DTC-6046
- 3 – Laboratory scale / Waga laboratoryjna
- 4 – Vacuum cleaner / Odkurzacz
- 5 – Measuring device / Miarka
- 6 – Kompresor / Kompresor
- 7 – Tested dust / Badany pył

Figure 4. View of the test stand
Rycina 4. Widok stanowiska badawczego

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

The test chamber was enclosed by walls on two sides – in order to close off the space where the dust cloud can spread. The components of the test stand include: a POLON 6000 control panel connected to a computer with PSNET software, two DTC-6046 detectors, an enclosed test chamber (enclosed on two sides by walls), a laboratory scale, a deceptive agent – wood dust of 71–100 μm (2 g in each sample).

Course of the research

The first stage of the research was to determine the weight of a sample of the wood dust mentioned above of a certain weight. Using a laboratory scale and a measuring cup, 2 g of the test substance was measured. The mass of the sample was selected experimentally according to the dissertation [1, pp. 69–70] in such a manner that the smallest amount of dust that caused the detectors to operate was determined. The first of the configurations for both detectors was then set in the fire control panel. The settings included the cooperation of IR and UV sensors (3 possible settings), as well as the sensitivity of the fire detector to the deceptive agent (4 possibilities) – a total of 12 possible configurations. Once one was set, the measured wood dust was placed in the test chamber centrally under the opening at the top of the chamber. Using compressed air from a compressor, the tip of which was placed through the top opening of the chamber into the centre of the chamber, a cloud of dust was induced and spread through the chamber space. The panel's display and PSNET software verified that the fire detector signalled an alarm. After about 2 minutes, the stand was thoroughly cleaned of dust residue with a vacuum cleaner. The detector was also cleaned using compressed air. After cleaning the stand in this manner, the next test was performed. For each configuration, it was conducted five times. The result of the test was either a fire alarm at the SSP control panel or no alarm.

Komora badawcza została z dwóch stron ograniczona ścianami w celu zamknięcia przestrzeni, w której może rozprzestrzenić się chmura pyłu. Skład stanowiska badawczego to, m.in.: centrala POLON 6000 podłączona do komputera z oprogramowaniem PSNET, dwie czujki DTC-6046, zamknięta komora badawcza (z dwóch stron ograniczona ścianami), waga laboratoryjna, czynnik zwodniczy – pył drzewny o gramaturze 71–100 μm (2 g w każdej próbce).

Przebieg badań

Pierwszym etapem badań były czynności mające na celu wyznaczenie wyżej wspomnianej masy próbki pyłu drzewnego o określonej gramaturze. Przy użyciu wagi laboratoryjnej oraz miarki odmierzono 2 g badanej substancji. Masę próbki dobrano drogą eksperymentalną zgodnie z rozprawą doktorską [1, s. 69–70] w taki sposób, iż ustalano najmniejszą ilość pyłu, która powodowała zadziałanie detektorów. Następnie w centrali pożarowej ustawiano pierwszą z konfiguracji dla obu czujek. Ustawieniom podlegała współpraca sensorów IR oraz UV (3 możliwe ustawienia), jak i czułość czujki pożarowej na czynnik zwodniczy (4 możliwości) – łącznie możliwych 12 konfiguracji. Po ustawieniu jednej z nich odmierzony pył drzewny umieszczano w komorze badawczej centralnie pod otworem w jej górnej części. Przy użyciu sprężonego powietrza z kompresora, którego końcówkę umieszczono przez górny otwór komory do jej środka, wzbudzano chmurę pyłu, która rozprzestrzeniała się w przestrzeni komory. Na wyświetlaczu centrali oraz w programie PSNET sprawdzano, czy czujka pożarowa zasygnalizowała alarm. Po około 2 minutach stanowisko dokładnie czyszczono z pozostałości pyłowych przy pomocy odkurzacza. Przedmuchiwano też czujkę sprężonym powietrzem. Po takim oczyszczeniu stanowiska przechodzono do kolejnej próby. Dla każdej konfiguracji przeprowadzona została ona pięciokrotnie. Wynikiem próby było wystąpienie alarmu pożarowego w centrali SSP bądź nie.

Presentation of results

Przedstawienie wyników

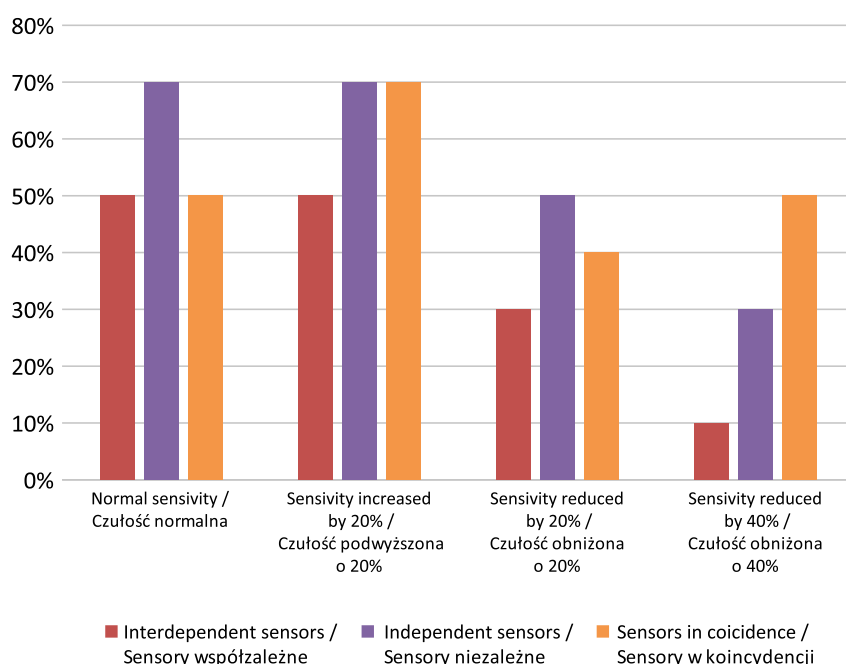


Figure 5. Triggering the detector when a deceptive factor occurs depending on the sensitivity setting and the way the sensors work – in percentages
Rycina 5. Uruchomienie czujki przy wystąpieniu czynnika zwodniczego w zależności od ustawienia czułości oraz sposobu działania sensorów – w ujęciu procentowym

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The results are presented in the form of a graph (see Figure 5), which illustrates, in percentages, the cases of triggering a detector due to a deceptive factor at the set sensitivity settings and for individual sensor configurations.

The collected results allow to conclude that the least susceptible to false triggering is a configuration in which the sensors operate interdependently, and the sensitivity is reduced by 40%. The highest number of false alarms is characterized by sensitivity settings increased by 20% at independent sensors and in coincidence, and for independent sensors triggered at normal sensitivity.

Verification of statistical hypothesis using ANOVA tests

Analysis of ANOVA variance is a statistical method that assists in testing the significance of differences between multiple sample averages for multiple statistical communities [2, pp. 148–159]. It was conducted in order to demonstrate whether the results are not a coincidence.

The following hypotheses were formulated:

1. Sensor settings affect the susceptibility of the detectors to false triggering.
2. Sensor sensitivity affects the susceptibility of the detectors to false triggering.

Wyniki zostały przedstawione w formie wykresu (zob. ryc. 5), który ilustruje w ujęciu procentowym przypadki zadziałania czujki wskutek wystąpienia czynnika zwodniczego przy zadanych nastawach czułości oraz dla poszczególnych konfiguracji sensorów.

Zgromadzone wyniki upoważniają do stwierdzenia, iż najmniej podatna na fałszywe zadziałania jest konfiguracja, w której sensory działają współzależnie, a czułość jest obniżona o 40%. Najwyższą liczbą fałszywych alarmów charakteryzują się ustawienia czułości podwyższonej o 20% przy sensorach niezależnych oraz w koincydencji, a także dla sensorów niezależnych zadziałanie przy czułości normalnej.

Weryfikacja hipotezy statystycznej przy wykorzystaniu testów ANOVA

Analiza wariancji ANOVA to metoda statystyczna, która wspomaga badania istotności różnic między wieloma średnimi z prób losowych dla wielu zbiorowości statystycznych [2, s. 148–159]. Została ona przeprowadzona w celu wykazania, czy wyniki nie są przypadkowe.

Postawiono następujące dwie hipotezy:

1. Nastawy sensorów wpływa na podatność czujek na mylne wzbudzenia.
2. Czułość sensorów wpływa na podatność czujek na mylne wzbudzenia.

In the test, the variables, or quantities determined during the test, were detector sensitivity, sensor settings, and false triggers, which were the dependent variables in the test, or measured quantities (the result of the dependent variables, or values changed to obtain the result). The purpose of the ANOVA analysis was to determine the level of significance and statistical significance. Statistical significance is the probability that relationships that have been observed, or differences in a sample, did not occur by chance. The greater the measure of this value, the truer, the greater the representativeness. The smaller the value, the less certain that the observed relationship is a reliable indicator of the outcome. The significance level, in turn, is a set value. It is equal to a fixed, acceptable probability of error that can be made. A value of 0.05 was used as an acceptable level. This means that a 5 percent probability is allowed for the value to be a coincidence. If the value of the significance level is less than or equal to 0.05, it indicates a statistically significant result, i.e. it is unlikely to have occurred by chance [3].

By calculating the F coefficient (Fisher's), it was possible to determine whether the within-group variance was greater than the between-group variance. If it were less than 1, there would be random and unplanned differences between the test values, and it would be difficult to analyse such a situation [4]. For this reason, only cases where F is greater than 1 are considered. Due to the expected result of the analysis, "sensitivity" and "sensor" are taken into account (see Table 1).

W badaniu zmiennymi, czyli wielkościami ustalonymi w trakcie badań, były: czułość czujki, nastawy sensorów oraz fałszywe zadziałania, które były zmiennymi zależnymi w badaniu, czyli wielkościami mierzonymi (wynik zmiennych zależnych, czyli wartości zmienianych w celu otrzymania wyniku). Celem analizy ANOVA było ustalenie poziomu istotności oraz istotności statystycznej. Istotność statystyczna to prawdopodobieństwo, że związki, które zostały zaobserwowane, bądź różnice w próbkę, nie pojawiły się przypadkowo. Im większa miara tej wartości, tym prawdziwość, reprezentatywność jest większa. Im wartość ta jest mniejsza, tym mniejsza pewność, że obserwowana relacja jest wiarygodnym wskaźnikiem rezultatu. Poziom istotności z kolei to wartość ustalana. Równa jest określonemu, dopuszczalnemu prawdopodobieństwu błędu, który może być popełniony. Jako poziom akceptowalny przyjęto wartość 0,05. Oznacza to, że dopuszcza się 5-procentowe prawdopodobieństwo, że wartość będzie dziełem przypadku. Jeśli wartość poziomu istotności jest mniejsza bądź równa 0,05, oznacza to rezultat statystycznie istotny, czyli jest mało prawdopodobne, że wystąpił przypadkiem [3].

Obliczenie współczynnika F (Fisiera), pozwoliło określić, czy wariancja wewnątrzgrupowa jest większa od wariancji międzygrupowej. W przypadku gdy byłby on mniejszy od 1, zachodziłyby losowe i niezaplansowane różnice między wartościami badanymi i trudno byłoby poddać taką sytuację analizie [4]. Z tego powodu rozpatruje się tylko przypadki, w których F jest większe od 1. Ze względu na oczekiwany wynik analizy bierze się pod uwagę „czułość” oraz „sensor” (zob. tabela 1).

Table 1. Tests of inter-object effects for the carried out analysis
Tabela 1. Testy efektów międzyobektowych dla przeprowadzonej analizy

Tests of inter-object effects / Test efektów międzyobektowych					
Dependent variable: false triggering / Zmienna zależna: fałszywe zadziałania					
Source / Źródło	Type III sum of squares / Typ III sumy kwadratów	df	Average square / Średni kwadrat	F	Level of significance / Poziom istotności
Sensitivity / Czułość	2.09	3	0.70	2.86	0.04
Sensors setting / Ustawienie sensorów	0.95	2	0.48	1.95	0.15
Sensitivity * Sensor / Czułość * Sensor	0.58	6	0.10	0.40	0.88

Source: Own elaboration based on the calculations of the IBM SPSS Statistics program.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie obliczeń programu IBM SPSS Statistics.

The analysis of the results allows to conclude that sensitivity settings significantly differentiate whether a detector will be falsely triggered (significance ≤ 0.05). Since the significance for the sensor is greater than 0.05, it can be concluded that the sensor setting does not play as big a role in detector triggering due

Analiza wyników pozwala stwierdzić, że nastawy czułości istotnie różnicują to, czy czujka zostanie mylnie wzbudzona (istotność $\leq 0,05$). Ze względu na to, że istotność dla sensora jest większa od 0,05, można uznać, że ustawienie sensorów nie odgrywa tak dużej roli w uruchomieniu czujki wskutek czynnika

to the deceptive factor as the sensitivity setting. When considering the sensors themselves as a factor in reducing the number of false triggers, it is possible to obtain results that are the work of chance. Therefore, it is harder to predict how the detector will behave than with a single sensitivity setting.

The next step of the analysis was to conduct multiple comparisons. Table 2 shows an excerpt from the results of comparisons of multiple sensitivity settings for the performed analysis. They indicate that significant differences in performance occur between sensitivity increased by 20% and decreased by 40%. This is because the setting of sensitivity increased by 20%, i.e. more sensitive to the factor intended to cause triggering than normal, in most cases resulted in the occurrence of a large number of false triggering. On the other hand, setting the sensitivity lowered by 40% resulted in reducing the detector's susceptibility to false triggering. Thus, comparing the two settings with each other, a statistically significant (≤ 0.05) difference is found between the two. The least different settings are normal sensitivity and that increased by 20%.

zwodniczego, jak ustawienie czułości. Przy rozpatrywaniu samych sensorów jako czynnika zmniejszającego liczbę fałszywych zadań możliwe jest otrzymanie wyników, będących dziełem przypadku. Ciężiej jest więc przewidzieć sposób zachowania się czujki niż przy ustawieniu jednej z czułości.

Kolejnym krokiem analizy było przeprowadzenie porównań wielokrotnych. Tabela 2 ukazuje fragment wyników porównań wielokrotnych ustawień czułości dla przeprowadzonej analizy. Wskazują one na to, że istotne różnice w wynikach zachodzą między czułością podwyższoną o 20%, a obniżoną o 40%. Wynika to z tego, iż nastaw czułości podwyższonej o 20%, czyli bardziej czulej na czynnik mający powodować zadziałanie niż normalnie, w większości przypadków skutkowało występowaniem dużej liczby mylnych wzbudzeń. Z kolei ustawienie czułości obniżonej o 40% powodowało zmniejszenie podatności czujki na mylne wzbudzenia. Porównując zatem między sobą te dwa ustawienia, stwierdza się istotną statystycznie ($\leq 0,05$) różnicę między nimi. Najmniej z kolei różniące się między sobą ustawienia to czułość normalna oraz podwyższona o 20%.

Table 2. Multiple comparisons of sensitivity settings for the performed analysis (excerpt)
Tabela 2. Porównania wielokrotne ustawień czułości dla przeprowadzonej analizy (fragment)

Multiple comparisons / Porównania wielokrotne				
Dependent variable: false triggers / Zmienna zależna: fałszywe zadziałania				
Turkey's HSD test / Test Turkey'a HSD				
(I) Sensitivity / (I) Czułość	(J) Sensitivity / (J) Czułość	Difference in averages (I-J) / Różnica średnich (I-J)	Standard error / Błąd standardowy	Level of significance / Poziom istotności
Normal / Normalna	Increased by 20% / Podwyższona o 20%	-0.07	0.13	0.95
Decreased by 40% / Obniżona o 40%	Increased by 20% / Podwyższona o 20%	-0.33	0.13	0.05

Source: Own elaboration based on the calculations of the IBM SPSS Statistics program.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie obliczeń programu IBM SPSS Statistics.

In case of comparisons of multiple sensor settings (see Table 3), the analysis it was observed that when juxtaposing the sensors, no significantly statistical differences between them could be found (significance in each case > 0.05). However, the results differ most between setting the sensors interdependently versus independently. This group of results has the largest differences among themselves. Setting the sensors independently of each other leads to more false triggers. On the other hand, the smallest differences in performance exist between independent sensors and in coincidence.

W przypadku porównań wielokrotnych ustawień sensorów (zob. tabela 3) w ramach przeprowadzonej analizy zauważono, że zestawiając ze sobą sensory, nie można stwierdzić istotnie statystycznych różnic między nimi (istotność w każdym przypadku $> 0,05$). Najbardziej różnią się jednak wyniki między ustawieniem sensorów współzależnie a niezależnie. W tej grupie wyników występują największe różnice między sobą. Ustawienie sensorów niezależnie od siebie prowadzi do większej liczby mylnych wzbudzeń. Najmniejsze różnice w wynikach z kolei istnieją między sensorami niezależnymi a w koincydencji.

Table 3. Multiple comparisons of sensor cooperation settings for the performed analysis (excerpt)
Tabela 3. Porównania wielokrotne ustawień współpracy sensorów dla przeprowadzonej analizy (fragment)

Multiple comparisons / Porównania wielokrotne				
Dependent variable: false triggers / Zmienna zależna: fałszywe zadziałania				
Turkey's HSD test / Test Turkey'a HSD				
(I) Sensitivity / (I) Sensor	(J) Sensitivity / (J) Sensor	Difference in averages (I-J) / Różnica średnich (I-J)	Standard error / Błąd standardowy	Level of significance / Poziom istotności
Independent/ Niezależne	In coincidence/ W koincydencji	0.03	0.11	0.97
	Interdependent/ Współzależne	0.20	0.11	0.17

Source: Own elaboration based on the calculations of the IBM SPSS Statistics program.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie obliczeń programu IBM SPSS Statistics.

The analysis confirms that hypothesis 1 is not statistically significant at the 0.05 level. On the other hand, there is no basis for rejecting hypothesis 2, which turned out to be statistically significant at the established level of statistical significance, so the sensitivity of the sensors affects the susceptibility of the detectors to false triggering.

The problem of the carried out multiple comparisons is the juxtaposition of sensitivities and sensors without considering their interaction. Hence, their mutual influence on each other cannot be clearly established. This is due to the fact that there are random and unplanned differences between the values.

Conclusion

Based on the obtained test results, recommended applications of sample configurations of the fire detector in the selected environmental conditions indicated below were developed:

1. Rooms with high degree of cleanliness: independent sensors, sensitivity increased;
2. Standard rooms: interdependent or coincident sensors, normal sensitivity;
3. Rooms where dusts, aerosols, etc. may be present: interdependent sensors, sensitivity reduced by 40%.

Taking into account the assessment of the impact of false alarms on the operation of buildings, which was carried out in the form of a survey, the methodology of conducting activities and the verification of the statistical hypothesis using ANOVA tests, the obtained results were analysed and, based on this, the following conclusions were formulated:

Przeprowadzona analiza potwierdza, iż hipoteza 1 nie jest istotna statystycznie na poziomie 0,05. Nie ma z kolei podstaw do odrzucenia hipotezy 2, która okazała się istotna statystycznie na poziomie ustalonego poziomu statystyczności, zatem czułość sensorów wpływa na podatność czujek na mylne wzbudzenia.

Problemem przeprowadzonych porównań wielokrotnych jest zestawienie czułości i sensorów bez rozpatrywania ich współdziałania. Stąd nie można jednoznacznie stwierdzić ich wzajemnego wpływu na siebie. Wynika to z tego, że zachodzą losowe i niezaplanowane różnice między wartościami.

Podsumowanie

Na podstawie otrzymanych wyników badań opracowano rekomendowane zastosowania przykładowych konfiguracji czujek pożarowych w wybranych, niżej wskazanych warunkach środowiskowych:

1. Pomieszczenia o dużej czystości: sensory niezależne, czułość podwyższona.
2. Pomieszczenia standardowe: sensory współzależne lub w koincydencji, czułość normalna.
3. Pomieszczenia, w których mogą występować pyły, aerozole itp.: sensory współzależne, czułość obniżona o 40%.

Uwzględniając ocenę wpływu fałszywych alarmów na funkcjonowanie budynków, przeprowadzoną w formie ankiety, metodykę prowadzenia działań oraz weryfikację hipotezy statystycznej przy wykorzystaniu testów ANOVA, przeanalizowano otrzymane wyniki i na tej podstawie sformułowano następujące wnioski:

1. There is a need to seek and implement ways to minimize false alarms of the SSP.
2. The most common reason why fire detectors are falsely triggered is due to external factors that are not a fire hazard, such as dust, vapour, smoke from cigarettes.
3. One way to minimize false alarms caused by detectors is to properly set the detector modes, which is rarely used in fire engineering practice, according to the survey.
4. Testing the detector with a configuration in which the sensors operate interdependently and the sensitivity is reduced by 40% had the lowest susceptibility to false triggers.
5. The highest number of false alarms was shown when setting the sensitivity increased by 20% with independent sensors and in coincidence, as well as sensors operating independently at normal sensitivity.
6. Changing only the settings of the sensors does not result in such significant differences as changing the sensitivity of the detectors to either increased or decreased from normal (ANOVA analysis result).
7. Decreasing the sensitivity of the fire detectors may result in a later response to a fire agent, but it does not exceed the fire sensitivity requirements specified in the test standards under which detectors are admitted for use in construction.
8. The tests were conducted for wood dust (oak wood) with a specific distribution of the particle size. However, it should be noted that due to the principle of light scattering detector (Tyndall effect), there is a rationale for generalizing these results, for other factors.

The performed tests and the reached conclusions have certain practical value for designers, fire alarm system contractors, specialists and appraisers, as well as facility owners. Actually, there is not much research in this area, but those conducted provide, to varying degrees, valuable and reliable knowledge and evidence for use in practice [8–9]. The indicated relationships and their impact on reducing the number of false alarms are therefore a reliable basis for the practical application of fire detection. Research in this area should continue.

List of abbreviations

ANOVA	– analysis of variance
DTC-6046	– universal smoke, heat and carbon monoxide detector
F	– Fisher's coefficient
SSP	– fire alarm system

1. Występuje konieczność poszukiwania i wdrażania sposobów na minimalizację fałszywych alarmów SSP.
2. Najczęstszym powodem mylnego wzbudzenia czujek pożarowych są czynniki zewnętrzne, niebędące zagrożeniem pożarowym, takie jak pył, para, kurz, dym z papierosów.
3. Jednym ze sposobów minimalizacji fałszywych alarmów powodowanych przez czujki jest właściwe ustawienie trybów pracy czujki, co zgodnie z wynikami ankiety jest rzadko wykorzystywane w praktyce inżynierii pożarowej.
4. Przebadanie czujki przy konfiguracji, w której sensory działają współzależnie, a czułość jest obniżona o 40%, charakteryzowało się najmniejszą podatnością na fałszywe zadziałania.
5. Najwyższą liczbę fałszywych alarmów wykazało ustawienie czułości podwyższonej o 20% przy sensorach niezależnych oraz w koincydencji, jak i sensorów działających niezależnie przy czułości normalnej.
6. Zmiana tylko ustawień sensorów nie powoduje tak znaczących zmian, jak zmiana czułości czujek na podwyższoną bądź obniżoną w stosunku do normalnej (wynik analizy ANOVA).
7. Zmniejszenie czułości czujek pożarowych może powodować późniejszą reakcję na czynnik pożarowy, ale nie wykracza poza wymagania czułości pożarowej określonej w normach badawczych, na podstawie których czujki dopuszczane są do stosowania w budownictwie.
8. Badania prowadzono dla pyłu drzewnego (drewno dębowe) o określonym rozkładzie wielkości cząstek. Należy jednak zaznaczyć, że z uwagi na zasadę działania czujek rozproszeniowych (efekt Tyndalla), istnieją przesłanki do uogólnienia tych wyników dla innych czynników.

Przeprowadzone badania i sformułowane wnioski mają określone walory praktyczne dla projektantów, wykonawców systemu sygnalizacji pożaru, specjalistów i rzeczoznawców oraz właścicieli obiektów. Faktycznie nie prowadzi się w tym zakresie zbyt licznych badań, ale te prowadzone dostarczają w różnym zakresie cennej i wiarygodnej wiedzy oraz dowodów do wykorzystania w praktyce [8–9]. Wskazane zależności i ich wpływ na ograniczenie liczby fałszywych alarmów są zatem wiarygodnymi podstawami do wykorzystania w praktyce stosowania detekcji pożaru. Badania w tym zakresie powinny być kontynuowane.

Wykaz skrótów

ANOVA	– analysis of variance (analiza wariancji)
DTC-6046	– uniwersalna czujka dymu, ciepła i tlenku węgla
F	– współczynnik Fishera
SSP	– system sygnalizacji pożarowej

Literature / Literatura

- [1] Antos J., *Wpływ wybranych parametrów środowiska na automatyczną detekcję pożaru*, „Zeszyty naukowe SGSP” 2020, 69–70.
- [2] Maska W., Twaróg B., *Testy Anova jako narzędzie wspomagające weryfikację hipotez statystycznych*, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów 2017.
- [3] https://www.statsoft.pl/textbook/stathome_stat.html?https%3A%2F%2Fwww.statsoft.pl%2Ftextbook%2Fesc.html [dostęp: 29.03.2022].
- [4] <https://pogotowiestatystyczne.pl/slowniki/anova/> [dostęp: 04.04.2022].
- [5] Kubica P., *Praktyczne sposoby ograniczania fałszywych alarmów z systemu sygnalizacji pożarowej*, XVII Seminarium Naukowo-Techniczne „Ochrona Przeciwożarowa Obiektów Budowlanych”, Zakopane 2022.
- [6] Zboina J., *Bezpieczeństwo pożarowe – właściwości stosowany wyrobów i jakości świadczonych usług*, w: *Administracja Bezpieczeństwa Wybrane problemy*, t. 4, B. Wiśniewski, A. Babiński, A. Osierda, P. Kobes (red.), Wyższa Szkoła Administracji w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2017.
- [7] Standard CNBOP-PIB 0001:2022: Wprowadzenie do obrotu i użytkowania wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej, CNBOP-PIB, Józefów 2022.
- [8] Garlińska U., Iwańska M., Śliwiński R., Florek P., *Rola czujek dymu i czujek tlenku węgla w bezpieczeństwie pożarowym obiektów mieszkalnych*, SFT Vol. 57 Issue 1, 2021, pp. 114–133, <https://doi.org/10.12845/sft.57.1.2021.8>.
- [9] Karwat B., Górski A., Stańczyk E., *Badania reakcji czujek pożarowych w różnych warunkach pożaru*, BITP Vol. 37 Issue 1, pp. 57–64, <https://doi.org/10.12845/bitp.37.1.2015.5>.
- [10] CNBOP-PIB BA04P:2015 Badania laboratoryjne sieci central według procedury badawczej PB/BA/41.
- [11] Guzewski P., Wróblewski D., Małozieć D., *Czerwona Księga Pożarów. Wybrane problemy pożarów oraz ich skutków*, t. 2, CNBOP-PIB, Józefów 2016.

KALINA SZAFARCZYK, ENG. – In June 2022, as an engineer, she graduated from the School of Fire Service with a degree in Safety Engineering, in the area of fire safety engineering, from the Faculty of Environmental Engineering and Civil Protection in Warsaw. In the same year, she also completed postgraduate studies in occupational health and safety at the School of Business and Health Sciences in Łódź. She is currently working in the area of explosion protection.

INŻ. KALINA SZAFARCZYK – w czerwcu 2022 ukończyła studia inżynierskie w Szkole Głównej Służby Pożarniczej na kierunku Inżynierii Bezpieczeństwa, w zakresie inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, na Wydziale Inżynierii Środowiska i Ochrony Ludności w Warszawie. W tym samym roku ukończyła również studia podyplomowe z zakresu Bezpieczeństwa i Higieny Pracy w Wyższej Szkole Biznesu i Nauk o Zdrowiu w Łodzi. Aktualnie pracuje w dziedzinie ochrony przeciwybuchowej.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).