

dr inż. Dorota Markowska^{1)*}

ORCID: 0000-0002-5504-7725

dr inż. Paweł Wolny¹⁾

ORCID: 0000-0003-2161-4506

mgr inż. Mateusz Banaś²⁾

ORCID: 0000-0003-4521-6334

dr inż. Sławomir Kukfisz³⁾

dr hab. inż. Bożena Kukfisz, prof. uczelni⁴⁾

ORCID: 0000-0001-5049-7316

Metoda oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego na przykładzie budynków zabytkowych

Method of the fire safety level assessment on the example of historic buildings

DOI: 10.15199/33.2024.06.06

Streszczenie. W artykule zaprezentowano innowacyjną półilościową metodę analizy i oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego względem sformułowanych celów strategii ochrony przeciwpożarowej w kontekście budynków zabytkowych. Metoda ta bazuje na metodzie delfickiej i brytyjskim standardzie PAS 911:2007. Polega ona na ocenie punktowej zaproponowanych dwudziestu czterech składowych systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych w badanym obiekcie na podstawie precyzyjnie zdefiniowanych kryteriów i podkryteriów, a także wyznaczeniu wskaźnika poziomu bezpieczeństwa w oparciu o przyjęte strategie przeciwpożarowe. Zaproponowana metoda została zweryfikowana na dwóch rzeczywistych budynkach zabytkowych. Wykazano, że w analizowanych obiektach budowlanych należy wprowadzić dodatkowe zabezpieczenia przeciwpożarowe. Analizowane przypadki potwierdzają skuteczność zaproponowanej metody.

Słowa kluczowe: zabezpieczenia przeciwpożarowe; strategię przeciwpożarowe; bezpieczeństwo; budynek zabytkowy.

Abstract. The article presents an innovative semi-quantitative method of analysis and assessment of the level of safety in relation to the formulated objectives of the fire protection strategy in the context of historic buildings. This method is based on the Delphi method and the British standard PAS 911:2007. It involves a point assessment of the proposed twenty four components of the fire protection system in the tested facility based on precisely defined criteria and sub-criteria, as well as determining the fire safety level indicator based on the adopted fire protection strategies. The proposed method was verified on two real historic buildings. It was shown that additional fire protection measures should be introduced in the analyzed buildings. The analyzed cases confirm the effectiveness of the proposed method.

Keywords: fire protections; fire protection strategies; safety; historic building.

Wymagania dotyczące standardów bezpieczeństwa pożarowego stawiane budynkom i obiektom budowlanym zmieniają się w miarę rozwoju nowoczesnych technologii począwszy od materiałów budowlanych, dzięki którym można wybudować budynki wysokościowe z zastosowaniem konstrukcji drewnianej, przez rozwój czynnej ochrony przeciwpożarowej, np. systemów gaśniczych, takich jak mgła wodna [1] czy piana mgłowa, po coraz powszechniejsze stosowanie paneli fotowoltaicznych, które mogą sprowadzać zagrożenia pożarowe z nieznanej do niedawna strony, a przez to nie są ujęte

w przepisach. Zgodnie z łacińską zasadą prawną, obowiązującą do dziś „Lex retro non agit”, czyli „prawo nie działa wstecz” budynki czy obiekty budowlane wykonane zgodnie z przepisami obowiązującymi będą podlegały tym samym uregulowaniom w dniu ich odbioru do użytkowania do momentu przebudowy, rozbudowy czy zmiany sposobu użytkowania z wyjątkiem sytuacji, w której brak wprowadzenia jakichkolwiek zmian będzie zagrożeniem dla zdrowia i życia użytkowników obiektu lub znacznym utrudnieniem ich ewakuacji (tak przynajmniej wskazują polskie przepisy). W pozostałych przypadkach nie jest wymagane dostosowanie do aktualnych przepisów. Na przykładach spektakularnych katastrof związanych z pożarami w USA, które najczęściej mają miejsce w budynkach historycznych, eksploatowanych ponad 100 lat, a niekiedy i więcej, jak np. Ghost Ship

Warehouse w Oakland, Kalifornia (2016); centrum historyczne Manistee w Michigan (2018); śródmieście Charleston w Karolinie Południowej (2020), można stwierdzić, że sama zgodność z przepisami dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej nie daje gwarancji bezpieczeństwa.

W sytuacji, kiedy chcemy zapoznać się z poziomem bezpieczeństwa danego budynku czy obiektu budowlanego, mamy do dyspozycji kilka różnych metod. W Polsce najczęściej stosowane są rozwiązania polegające na dopasowaniu koncepcji techniczno-organizacyjnych, w celu zapewnienia oczekiwanego poziomu bezpieczeństwa do aktualnie obowiązujących przepisów prawnych [2]. Podejście nakazowe, na podstawie przepisów prawa, uzupełnia się zwykle podejściem inżynierskim do projektowania zaawansowanych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Coraz częściej for-

¹⁾ Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

²⁾ Akademia Pożarnicza, Dział Projektów

³⁾ Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej

⁴⁾ Akademia Pożarnicza, Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa

* Adres do korespondencji: dorota.siuta@p.lodz.pl

mułowane przepisy nie narzucają konkretnego rozwiązania – wymaganiem jest jedynie spełnienie określonego celu funkcjonalnego. Tak jest np. w przypadku rozwiązań stosowanych w wentylacji pożarowej, czy zabezpieczeniach otworów technologicznych w budynkach produkcyjno-magazynowych. To inżynier decyduje o doborze rozwiązań i zabezpieczeń, które zapewnią usunięcie dymu z wymaganą wydajnością lub też nie dopuszczą do rozprzestrzeniania się pożaru pomiędzy strefami pożarowymi. W § 207.1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U.2022.0.1225) [3] wskazano wymagania podstawowe dotyczące budynku i urządzeń z nim związanych, które zostały sformułowane w sposób na tyle ogólny, że otwierają drogę do inżynierskiego podejścia przy projektowaniu systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych [4]. Szczególne zastosowanie przepisów ogólnych ma miejsce przy projektowaniu bezpieczeństwa pożarowego obiektów historycznych i zabytkowych, które często nie spełniają wymagań obowiązujących przepisów.

W artykule przedstawiono kompleksową metodę analizy i oceny komponentów systemu zabezpieczeń oraz poziomu ich efektywności, nakierowaną na cele strategii ochrony przeciwpożarowej w budynkach zabytkowych. Metoda bazuje na podejściu delfickim [5] oraz brytyjskim standardzie PAS 911:2007 [6]. W jej ramach dokonano dopasowania środków zabezpieczeń poddawanych ocenie, aby lepiej odpowiadały polskiemu ustrojowi prawnemu. Dodatkowo zmodyfikowano kryteria i podkryteria oceny zabezpieczeń względem głównych celów i szczegółowych strategii przeciwpożarowych. Zaletą proponowanego rozwiązania jest prostota i nie wymaga ono posiadania zaawansowanej wiedzy eksperckiej. Metoda ta ukazuje w przejrzysty sposób poziom zaawansowania zabezpieczeń przeciwpożarowych w budynku, a także umożliwia dokonanie analizy porównawczej budynków o podobnym przeznaczeniu i konstrukcji. Na jej podstawie możliwe jest oszacowanie różnicy poziomu bezpieczeństwa pożarowe-

go budynków i ustalenie hierarchii wykonania kolejnych inwestycji w celu minimalizacji skutków pożaru w sytuacji, gdy wszystkie te obiekty mają jednego właściciela lub finansowane są z jednego budżetu. Zaproponowana metoda została zweryfikowana na dwóch rzeczywistych budynkach zabytkowych.

Metoda analityczna

Zaproponowana metoda analizy i oceny poszczególnych elementów systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz poziomu bezpieczeństwa w budynkach zabytkowych bazowała na metodzie delfickiej oraz wytycznych podanych w standardzie PAS 911:2007 [6, 7]. Nadrzędnym celem analizy (CN) było obliczenie wskaźnika bezpieczeństwa pożarowego analizowanych budynków. Wzięto pod uwagę **cztery główne cele: ochronę życia i zdrowia ludzkiego (CW₁); ochronę budynku (CW₂); ochronę środowiska (CW₃); ciągłość produkcji (CW₄).** Każdy z tych celów, bazując na [8], podzielono na **pięć aspektów szczegółowych (CS): nośność i statyka konstrukcji (CS₁); ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i ognia we wnętrzu obiektu budowlanego (CS₂); możliwość bezpiecznej ewakuacji użytkowników budynku lub uratowania ich w sposób alternatywny (CS₃); ograniczenie rozwoju pożaru na sąsiednie strefy pożarowe, obiekty budowlane i tereny przyległe (CS₄) i zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych (CS₅).**

W następnym etapie zespół ekspercki wyznaczył współczynniki wagowe głównych i szczegółowych celów strategii. W skład zespołu wchodził projektanci i rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, przedstawiciele organów ochrony przeciwpożarowej, konserwator zabytków, ubezpieczyciele i osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo pożarowe w trakcie eksploatacji budynków. W pierwszej kolejności zaproponowano wartości współczynników wagowych w przypadku głównych celów strategii ochrony przeciwpożarowej względem celu nadrzędnego (WW_{CW_i-CN}) oraz wartości współczynników wagowych w odniesieniu do celów szczegółowych strategii względem głównych celów ochrony

przeciwpożarowej (WW_{CS_i-CW_i}). Dane zostały zaprezentowane w tabelach 1 i 2, natomiast współczynniki wagowe w przypadku celów szczegółowych strategii (WW_{CS_i}) względem celu nadrzędnego (W_{CN}) uzyskano jako iloczyn współczynników wagowych wiodących celów strategii (WW_{CW_i-CN}) oraz współczynników wagowych strategii względem tych celów (WW_{CS_i-CW_i}), zgodnie z równaniem (1). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 3.

$$WW_{CS_i-CN} = \sum_{CS_i-CW_i} WW_{CW_i-CN} \cdot WW_{CS_i-CW_i} \quad (1)$$

Tabela 1. Zaproponowane współczynniki wagowe głównych celów strategii ochrony przeciwpożarowej

Table 1. Proposed weighting factors for the main objectives of the fire protection strategy

Cel główny strategii (CG _i)	Współczynniki wagowe (WW _{CW_i-CN})
Ochrona życia i zdrowia ludzkiego	0,60
Ochrona budynku	0,20
Ochrona środowiska	0,05
Ciągłość funkcjonowania/produktywności	0,15

Zgodnie z wartościami przedstawionymi w tabeli 1, priorytetem w zarządzaniu bezpieczeństwem pożarowym budynku zabytkowego jest minimalizacja zagrożeń życia i zdrowia jego użytkowników. W opinii ekspertów współczynnik wagowy 0,6 wskazuje na kluczowy charakter tego parametru. W rozważanym przypadku ochrona środowiska została wyceniona przez ekspertów jako parametr o najmniejszym znaczeniu, co przełożyło się na mały współczynnik wagowy wynoszący 0,05. Na ochronę życia i zdrowia ludzkiego największy wpływ mają czynniki zapewniające bezpieczną ewakuację osób z budynku. W przypadku ochrony budynku, ochrony środowiska i ciągłości funkcjonowania, strategia ewakuacyjna wywiera znikomy wpływ. Największy wpływ na ochronę budynku mają natomiast nośność i statyka konstrukcji. Pod względem dbałości o środowisko naturalne największe znaczenie ma strategia koncentrująca się na ograniczeniu rozprzestrzeniania się dymu i ognia we wnętrzu obiektu budowlanego oraz powstrzymaniu rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie strefy pożarowe, inne budynki i przyległe tereny. Strategia

Tabela 2. Zaproponowane współczynniki wagowe szczegółowych celów strategii ochrony przeciwpożarowej

Table 2. Proposed weighting factors for the detailed objectives of the fire protection strategy

Cel szczegółowy strategii (CS _i)	Współczynniki wagowe			
	WW _{CSI-CW1} ochrona życia i zdrowia ludzkiego	WW _{CSI-CW2} ochrona budynku	WW _{CSI-CW3} ochrona środowiska	WW _{CSI-CW4} ciągłość funkcjonowania/ produktywności
Nośność i statyka konstrukcji	0,22	0,36	0,22	0,20
Ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i ognia we wnętrzu obiektu budowlanego	0,14	0,25	0,34	0,34
Możliwość bezpiecznej ewakuacji użytkowników budynku lub uratowania ich w sposób alternatywny	0,32	0,05	0,04	0,05
Ograniczenie rozwoju pożaru na sąsiednie strefy pożarowe, obiekty budowlane i tereny przyległe	0,14	0,24	0,36	0,31
Zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych	0,18	0,10	0,04	0,10

Tabela 3. Otrzymane współczynniki wagowe szczegółowych celów strategii ochrony przeciwpożarowej względem celu nadrzędnego

Table 3. The resulting weighting factors of the detailed objectives of the fire protection strategy in relation to the primary objective

Cele szczegółowe strategii (CS _i)	Współczynniki wagowe (WW _{CSI-CN})
Nośność i statyka konstrukcji	0,245
Ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i ognia we wnętrzu obiektu budowlanego	0,202
Możliwość bezpiecznej ewakuacji użytkowników budynku lub uratowania ich w sposób alternatywny	0,212
Ograniczenie rozwoju pożaru na sąsiednie strefy pożarowe, obiekty budowlane i tereny przyległe	0,197
Zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych	0,145

dotycząca zapewnienia ciągłości funkcjonowania w przypadku budynków użytkowych, takich jak muzea, archiwa i inne obiekty kulturowe, jest złożonym procesem, który obejmuje wiele działań mających na celu zachowanie integralności zbiorów oraz ich dostępności nawet w przypadku wystąpienia pożaru lub innych sytuacji awaryjnych. Celem analizowanego sposobu postępowania są działania mające największy wpływ na ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu i ognia we wnętrzu obiektu budowlanego.

W kolejnym etapie, oprócz kryteriów organizacyjnych i technicznych systemów zabezpieczeń uwzględniono obszary uzależnione od jakości organizacji i zachowań ludzkich w przypadku pojawienia się pożaru. W wyniku przeprowadzonych analiz zdefiniowano 24 elementy systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych (tabela 4), które podzielono na 4 warstwy zabezpieczeń: **zarządzanie bezpieczeństwem pożarowym, bierny**

system przeciwpożarowy, aktywny system przeciwpożarowy i działania ekip ratowniczych. Zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego budynku zależy od synergii wszystkich wymienionych elementów systemu zabezpieczeń w analizowanym budynku. Brak lub awaria któregokolwiek z tych komponentów może prowadzić do negatywnych skutków, mogących się nasilić w przypadku wystąpienia pożaru. Na podstawie wiedzy, doświadczenia i analizy literatury [5, 9, 10] przydzielono poszczególnym elementom odpowiednie wartości punktowe (WW_{PSZi}) z zakresu od 0 (brak wpływu) do 5 (kluczowe znaczenie). Nie wszystkie elementy mogły zostać ocenione wyłącznie na podstawie jednego kryterium. Niektóre z nich wymagały sformułowania dodatkowych podkryteriów, których ocena łączna miała wpływ na wynik kryterium głównego. Ze względu na ograniczenie objętości artykułu, w tabeli 5 przedstawiono przyjęte wartości punktowe dotyczące tylko systemu

organizacji bezpiecznej ewakuacji, w tabeli 6 dotyczące odległości od sąsiednich budynków, a w tabeli 7 systemu detekcji pożaru.

W kolejnym etapie analizy wyznaczono wpływ poszczególnych elementów systemu zabezpieczeń (SZ_i) na założone cele strategii szczegółowych. Oddziaływanie określono na podstawie przyznanych wartości punktowych (WP_{SZi-Si}) z zakresu od 0 (brak wpływu) do 5 (kluczowe znaczenie). W przypadku, gdy dany cel strategii mógł zostać zrealizowany bez uwzględnienia konkretnego systemu zabezpieczeń lub gdy jego wpływ na realizację strategii był minimalny, przypisywano odpowiednio mniejsze wartości punktowe (tabela 4). Współczynniki wagowe poszczególnych elementów systemu zabezpieczeń pożarowych, odnoszące się do realizacji nadrzędnego celu strategii ochrony przeciwpożarowej, określono na podstawie iloczynu współczynników wagowych strategii (WW_{CSI-CN}) oraz wartości punktowych poszczególnych elementów systemu zabezpieczeń (WP_{SZi-CSi}). Otrzymane wyniki poddano normalizacji, zgodnie z równaniem (2).

$$WW_{SZi+CN} = WP_{SZi-CN} / \sum_{i=1}^n WP_{SZi-CN} \quad (2)$$

Analizując tabelę 4, stwierdzono, że czynnikiem, który najbardziej wpływa na wartość wskaźnika poziomu bezpieczeństwa pożarowego, jest materiał konstrukcyjny lub wykończeniowy budynku. W jeszcze bardziej zaawansowanych analizach poziomu bezpieczeństwa można byłoby wziąć pod uwagę nie tylko odporność ogniową materiałów, ale także trwałość, izolacyjność termiczną czy ekologiczność, aby wybrać optymalne rozwiązanie z punktu widzenia bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju budownictwa. Następnie wyznaczono wskaźnik poziomu bezpieczeństwa pożarowego budynku (IBP), korzystając z równania (3), jako sumę iloczynów współczynnika wagowego dwudziestu czterech parametrów (WW_{SZi-CSi}) i wartości punktowych zastosowanych środków zabezpieczeń przeciwpożarowych w analizowanym budynku (WP_{SZi}):

$$IBP = \sum_{i=1}^n WW_{SZi-CN} \cdot WP_{SZi} \quad (3)$$

Tabela 4. Otrzymane współczynniki wagowe elementów systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych
Table 4. Weighting factors for elements of the fire protection system

Warstwy zabezpieczeń	L.p.	Elementy systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych	Cel szczegółowy					Współczynniki wagowe (WW _{SZ-CN})
			CS ₁	CS ₂	CS ₃	CS ₄	CS ₅	
Zarządzanie bezpieczeństwem pożarowym	SZ1.1.	zgodność z przepisami, normami i standardami bezpieczeństwa	5	4	4	4	4	0,052
	SZ1.2.	szkolenia pracowników i kadry zarządzającej	2	5	5	3	2	0,042
	SZ1.3.	dokumentacja w zakresie bezpieczeństwa pożarowego	3	2	4	2	4	0,036
	SZ1.4.	serwisowanie i przeglądy wszystkich urządzeń przeciwpożarowych	4	5	5	3	5	0,054
	SZ1.5.	służba ochrony budynku	2	5	4	4	3	0,044
	SZ1.6.	organizacja bezpiecznej ewakuacji	2	5	5	1	3	0,039
Bierny system przeciwpożarowy	SZ2.1.	drzwi ewakuacyjne, drzwi ograniczające rozpyły dymu po budynku	2	5	5	2	4	0,043
	SZ2.2.	elementy konstrukcyjne i wykończeniowe budynku (palne, niepalne, NRO)	5	5	5	5	5	0,061
	SZ2.3.	zabezpieczenia przeciwpożarowe instalacji elektrycznych	2	2	3	3	5	0,035
	SZ2.4.	odległość od sąsiednich budynków	4	3	1	5	4	0,041
	SZ2.5.	drogi ewakuacyjne	2	5	5	0	4	0,039
Aktywny system przeciwpożarowy	SZ3.1.	system sygnalizacji pożarowej	2	5	5	4	4	0,048
	SZ3.2.	dźwiękowy system ostrzegawczy	2	1	5	0	0	0,021
	SZ3.3.	instalacja odgromowa	2	0	2	2	1	0,018
	SZ3.4.	urządzenia transmisji alarmu do służb ratowniczych	2	3	3	5	3	0,039
	SZ3.5.	system wentylacji pożarowej (grawitacyjna, mechaniczna) w tym urządzenia do usuwania dymu i ciepła oraz urządzenia zapobiegające zadymieniu	4	5	5	5	4	0,057
	SZ3.6.	hydranty wewnętrzne	4	4	5	4	2	0,048
	SZ3.7.	przeciwpożarowy wyłącznik prądu	0	1	1	0	5	0,014
	SZ3.8.	awaryjne odcięcie instalacji użytkowej i przemysłowej gazowej	3	1	4	4	5	0,040
	SZ3.9.	system tłumienia pożaru – stałe urządzenia gaśnicze wodne (zraszacze, tryskacze, mgłowe), systemy gazowe (gazy gaśnicze, gazy inertne), proszkowe, pianowe	4	5	5	5	5	0,058
	SZ3.10.	instalacja oświetlenia ewakuacyjnego	0	0	5	0	2	0,017
Działania ratownicze (Ochotnicza Straż Pożarna, Zakładowa Straż Pożarna, Państwowa Straż Pożarna)	SZ4.1.	czas dojazdu ekip ratowniczych	5	3	5	5	5	0,056
	SZ4.2.	dostęp do budynku, drogi dojazdowe dla ekip ratowniczych	5	3	2	5	5	0,049
	SZ4.3.	zaopatrzenie wodne do zewnętrznego gaszenia pożaru	5	3	2	5	5	0,049

Tabela 5. Zaproponowane kryteria i podkryteria systemu organizacji bezpiecznej ewakuacji (SZ1.6.)

Table 5. Proposed criteria and subcriteria of the system for organizing safe evacuation (SZ1.6.)

Kryterium K1.6.1.Koordynatorzy ewakuacji		WP _{K1.6.1.}					
Brak wyznaczonych, przeszkolonych koordynatorów ewakuacji		1					
Wyznaczeni, przeszkoleni koordynatorzy ewakuacji		2					
Kryterium K1.6.2.Próbne ewakuacje		WP _{K1.6.2.}					
Nieregularnie przeprowadzane próbne ewakuacje w obiekcie		1					
Regularnie, minimum co dwa lata		2					
Regularnie, minimum raz w roku, z podsumowaniem i wnioskami		3					
Wartość punktowa systemu zabezpieczeń SZ1.6. Organizacja bezpiecznej ewakuacji	Reguły oceny						
	WP _{SZ1.6.}	1	2	2	1	3	4
	WP _{K1.6.1.}	1	1	1	2	2	2
Koordinatory ewakuacji	WP _{K1.6.2.}	1	2	3	1	2	3

Tabela 6. Zaproponowane kryterium oceny odległości od sąsiednich budynków (SZ2.4.)

Table 6. Proposed criteria and subcriteria of the distance from neighboring buildings (SZ2.4.)

Wartość punktowa systemu zabezpieczeń SZ2.4. Odległość (O) od sąsiednich budynków	WP _{SZ2.4.}
O < 6 m	1
6 m ≤ O < 8 m	2
8 m ≤ O < 12 m	3
O ≥ 20 m	4

Poziom bezpieczeństwa pożarowego w budynku, pod względem ochrony i zdrowia ludzi, mienia, środowiska

Tabela 7. Zaproponowane kryteria i podkryteria systemu sygnalizacji pożarowej (SZ3.1)
Table 7. Proposed criteria and subcriteria of the fire detection system (SZ3.1)

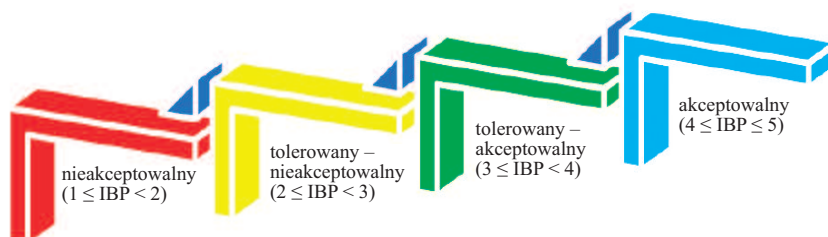
Kryterium K3.1.1. Lokalizacja systemu sygnalizacji pożarowej w obiekcie																		
Podkryterium PK3.1.1.1. Rozmieszczenie systemu detekcji w obiekcie									WP _{PK3.1.1.1}									
Brak									1									
System detekcji w strefie									2									
System detekcji w obiekcie									3									
Podkryterium PK3.1.1.2. Efektywność systemu sygnalizacji pożarowej na drodze ewakuacyjnej									WP _{PK3.1.1.2}									
Nie									1									
Tak									2									
Wartość punktowa kryterium PK3.1.1.		Reguły oceny																
		WP _{PK3.1.1}	1	2	2	2	3	3	4									
Rozmieszczenie systemu detekcji w obiekcie		WP _{PK3.1.1.1}	1	1	2	3	2	3										
Efektywność systemu detekcji na drodze ewakuacyjnej		WP _{PK3.1.1.2}	1	2	1	1	2	2										
Kryterium K3.1.2. Wiarygodność systemu sygnalizacji pożarowej																		
PK3.1.2.1. Dobór odpowiednich detektorów do rodzajów zagrożeń w obiekcie									WP _{PK3.1.2.1}									
Niewłaściwy dobór									1									
Czujki jednosensorowe									2									
Czujki wielosensorowe									3									
PK3.1.2.2. Niezawodność systemu sygnalizacji pożarowej									WP _{PK3.1.2.2}									
Certyfikacja systemu CNBOP									1									
Certyfikacja systemu, wykonanie zgodne z projektem									2									
Certyfikacja systemu, wykonanie zgodne z projektem, certyfikowana firma instalacyjna									3									
PK3.1.2.3. System powiadamiania straży pożarnej (urządzenia transmisji alarmu)									WP _{PK3.1.2.3}									
Brak automatycznego systemu powiadamiania jednostek straży pożarnej									1									
Jednostopniowy system powiadamiania jednostek straży pożarnej									2									
Dwustopniowy system powiadamiania jednostek straży pożarnej									3									
Wartość punktowa kryterium		WP _{K3.1.2}	Reguły oceny															
			1	1	2	1	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	4
PK3.1.2.1.		WP _{PK3.1.2.1}	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
PK3.1.2.2.		WP _{PK3.1.2.2}	1	2	2	3	3	3	1	2	2	3	3	1	2	2	3	3
PK3.1.2.3.		WP _{PK3.1.2.3}	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Wartość punktowa systemu zabezpieczeń SZ3.1. System sygnalizacji pożarowej, reguły oceny		WP _{SZ3.1}	Reguły oceny															
			1	2	3	3	3	4	4	4	5	5						
Lokalizacja systemu sygnalizacji pożarowej w obiekcie		WP _{K3.1.1}	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4						
Wiarygodność systemu sygnalizacji pożarowej w obiekcie		WP _{K3.1.2}	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3						

i ciągłości funkcjonowania w sytuacji wystąpienia pożaru, może osiągać wartość w czterostopniowej skali, przedstawionej na rysunku 1.

Przykłady

W celu weryfikacji prawidłowości przyjętych założeń, do oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego wybrano dwa obiekty zabytkowe wybudowane w zupełnie innych realiach historycznych, a tym samym w innych warun-

kach ochrony przeciwpożarowej. Oba budynki pełnią funkcję archiwum akt państwowych i spełniają minimalne wymagania prawne dotyczące budynków historycznych o tego typu przeznaczeniu. Budynek A koszarowy z cegły pełnej, ukończony w 1903 r. ma ściany o grubości 65 – 100 cm. Więźba dachowa oddzielona została od pomieszczeń ognioochronną płytą gipsowo-kartonową. Budynek wzniesiony został na planie czworokąta, czterokondygnacyjny, bez kondygnacji podziemnych, wysokości 14,2 m, zakwalifikowany jako średniowysoki (SW). Ma on dwie klatki schodowe po przeciwległych stronach. Z każdego miejsca budynku zapewniono dwa kierunki ewakuacji. Klatki schodowe są obudowane, wyposażone w drzwi wykonane w klasie EI 30. Korytarze podzielone zostały na odcinki-strefy dymowe za pomocą drzwi EIS30. Budynek stanowi jedną strefę pożarową o powierzchni wewnętrznej 3850 m². Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej nie została przekroczona. Budynek nie jest ocieplony, w związku z czym nie ma zagrożenia od rozprzestrzeniającego się pożaru elewacyjnego. Posiada on klasę odporności pożarowej B, co oznacza, że elementy konstrukcyjne budynku spełniają co najmniej następujące wymagania dotyczące odporności ogniowej, pełniąc funkcję nośności (R), szczelności (E) i izolacyjności (I) podczas pożaru: główna konstrukcja nośna R 120, konstrukcja dachu R 30 m, stropy REI 60 m ściany zewnętrzne EI 30 m, ściany wewnętrzne EI 30; przykrycie dachu RE 30. Natomiast budynek B wzniesiony został w 1956 r., jest w kształcie rotundy o trzech kondygnacjach i stanowi jedną strefę pożarową. Połączony łącznikiem z budynkiem magazynowym o osmiu

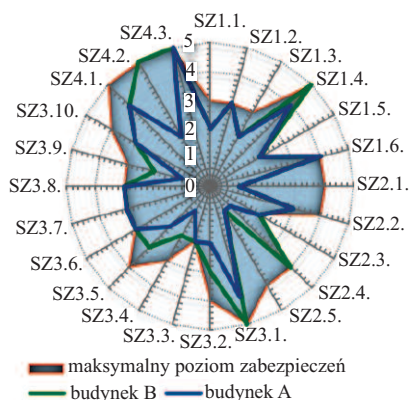


Rys.1. Skala oceny bezpieczeństwa pożarowego na podstawie wartości wskaźnika bezpieczeństwa pożarowego w budynkach zabytkowych

Fig. 1. Fire safety assessment scale based on the value of the fire safety index in historic buildings

kondygnacjach nadziemnych w kształcie prostokąta, gdzie każda kondygnacja jest odrębną strefą pożarową. Konstrukcja rotundy jest murowana, o grubości ścian 50 cm, a budynku magazynowego i łącznika żelbetowa. Całość została podpiwniczona. Zastosowano stropy Kleina i Akermana. Klatki schodowe wykonane jako żelbetowe, obudowane drzwiami EI 30, dach żelbetowy płaski pokryty papą. Budynek ma klasę odporności pożarowej C, co oznacza, że elementy konstrukcyjne budynku spełniają minimum następujące wymagania: główna konstrukcja nośna R 60; konstrukcja dachu R 15; stropy REI 60; ściany zewnętrzne EI 30; ściany wewnętrzne EI 15; przekrycie dachu RE 15.

Wyniki analizy porównawczej istniejących systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych w budynkach A i B przedstawiono na wykresie radarowym (rysunek 2). Widoczny jest zróżnicowany poziom zabezpieczeń przeciwpożarowych w zakresie: odległości od sąsiednich budynków (SZ2.4); systemu sygnalizacji pożarowej (SZ3.1); dźwiękowego systemu ostrzegawczego (SZ3.2); urządzeń transmisji alarmu (SZ3.4); systemu tłumienia pożaru (SZ3.9) oraz dostępu ekip ratowniczych do budynków (SZ4.2). W przypadku budynku A obliczony wskaźnik poziomu bezpieczeństwa pożarowego wynosi $IBP = 2,5$, co oznacza, że budynek został zakwalifikowany jako niespełniający bezpiecznych warunków użytkowania (wg przyjętych parametrów). Analiza wykazała dopuszczalność zaproponowanych rozwiązań, ale wciąż nie spełniają one żą-



Rys. 2. Siatka oceny zabezpieczeń przeciwpożarowych budynków zabytkowych
 Fig. 2. Fire safety assessment grid for historic buildings

danego poziomu bezpieczeństwa. Wyniki analiz potwierdzają potrzebę wprowadzenia dodatkowych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Budynek A należy doposażyć w techniczne systemy zabezpieczeń, takie jak system sygnalizacji pożarowej umożliwiający automatyczne powiadamianie o pożarze i przekazywanie alarmu II stopnia do PSP, a w pomieszczeniach o krytycznym znaczeniu zastosować systemy gaśnicze mgłowe lub gazowe. Najłatwiejszym do osiągnięcia i jednocześnie najtańszym rozwiązaniem byłaby poprawa związana z działaniami organizacyjnymi, takimi jak zapewnienie regularnego serwisu i przeglądów istniejących systemów ochrony przeciwpożarowej. W przypadku budynku B uzyskano natomiast wartość wskaźnika poziomu bezpieczeństwa $IBP = 3,05$. Oznacza to, że budynek ten został zakwalifikowany jako spełniający minimalne akceptowalne wymagania bezpieczeństwa.

Podsumowanie

Przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej, szczególnie w przypadku budynków zabytkowych, nie dają jednoznacznych wytycznych dotyczących określenia adekwatności istniejących systemów zabezpieczeń wobec występujących zagrożeń oraz wyznaczenia akceptowanego poziomu bezpieczeństwa. Może się okazać, że ten poziom zostanie uznany za wystarczający w jednym województwie, podczas gdy w innym taki sam budynek nie będzie spełniał określonych wymagań lub standardów bezpieczeństwa i nie będzie dopuszczony do użytkowania.

W artykule przedstawiono innowacyjną półilościową metodę analizy i oceny systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych i poziomu bezpieczeństwa pożarowego względem sformułowanych celów strategii ochrony przeciwpożarowej. Opracowana metoda uwzględnia kompleksowo przepisy prawne dotyczące ochrony przeciwpożarowej obowiązujące na terenie Polski, jednocześnie wdrażając zarówno krajowe, jak i międzynarodowe najlepsze praktyki i normy. Umożliwia usystematyzowaną i obiektywną analizę elementów systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych i ocenę poziomu bezpieczeństwa. Dzięki temu

można precyzyjnie identyfikować obszary wymagające dodatkowej ochrony, podejmować skuteczne działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa oraz minimalizację ryzyka wystąpienia pożaru. Jest to metoda prosta, szybka i nie wymaga posiadania zaawansowanej wiedzy eksperckiej. Umożliwia właścicielowi lub zarządcy budynku samodzielną ocenę stanu faktycznego oraz takiego wyboru rozwiązań, które będą najtańsze, najprostsze i najbardziej efektywne w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

Literatura

- [1] Wolny P, Markowska D. Wpływ czynnika napędowego na skuteczność gaśniczą stałych urządzeń mgłowych wykorzystywanych do ochrony obiektów. *Materiały Budowlane*. 2023; 7: ISSN 0137-2971, e-ISSN 2449-951X, DOI 10.15199/33.2023.07.08.
- [2] Bryant P, Brzezińska D. Strategie ochrony przeciwpożarowej budynków. Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2018. ISBN: 978-83-7283-899-5.
- [3] Bryant P. Fire Strategies – Strategic Thinking, London 2013.
- [4] Obwieszczenie Ministra Rozwoju i Technologii z 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z 15 kwietnia 2022 r., (Dz.U. 2022 poz. 1225).
- [5] Larsson D. Developing the structure of a fire risk index method for timber-frame multi-storey apartment buildings. Lund: Department of fire safety engineering Lund University, 2000. ISSN: 1402-3504.
- [6] British Standard PAS 911:2007 – Fire Strategies – Guidance And Framework For Their Formulation.
- [7] British Standard PD 7974-7: 2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment.
- [8] Ustawa z 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 1991 nr 81 poz. 351, z późn. zm.).
- [9] Danzi E, Fiorentini L, Marmo L. FLAME: A Parametric Fire Risk Assessment Method Supporting Performance Based Approaches. *Fire Technol*. 2021; <https://doi.org/10.1007/s10694-020-01014-9>.
- [10] Watts JM. Jr. Fire Risk Indexing, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineers. 2016; DOI: 10.1007/978-1-4939-2565-0_82.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu „Opracowanie założeń zintegrowanego systemu gromadzenia i przetwarzania wiedzy ratowniczej dla faz: przygotowania, zapobiegania, reagowania i odbudowy, na potrzeby ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności” na podstawie umowy GOSPOSTRATEG9/001G/2022.

Przyjęto do druku: 01.06.2024 r.