

**mgr inż. Paul Bryant**

**PÓLILOŚCIOWA METODA OCENY  
HOLISTYCZNYCH STRATEGII  
PRZECIWPOŻAROWYCH  
DLA NIESTANDARDOWYCH BUDYNKÓW  
UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ**

**Rozprawa doktorska**

**Streszczenie**

**Promotor: dr hab. inż. Dorota Brzezińska**

Łódź 2021

Praca zatytułowana "Półilościowa metoda oceny holistycznych strategii przeciwpożarowych dla niestandardowych budynków użyteczności publicznej" odzwierciedla 30-letnie doświadczenie autora w obszarze inżynierii bezpieczeństwa pożarowego zdobyte na arenie międzynarodowej i przedstawia kluczowe elementy jego badań w ramach nowej półilościowej metody oceny holistycznych strategii przeciwpożarowych dla niestandardowych budynków użyteczności publicznej. Metoda ta uwzględnia środki organizacyjne, elementy pasywnej ochrony przeciwpożarowej, systemy wykrywania pożaru oraz aktywne środki ochrony przeciwpożarowej i działania służb ratowniczo-gaśniczych. Znajduje ona zastosowanie w projektowaniu budynków nowych i istniejących. Proponowana procedura prowadzi przez proces budowlany od wstępnej koncepcji do fazy realizacji. Jest ona propozycją jednolitego globalnego rozwiązania zarówno w zakresie formułowania strategii przeciwpożarowych, jak i oceny ich przewidywanego funkcjonowania. Praca składa się z siedmiu rozdziałów:

Rozdział 1 ma charakter wprowadzający. Autor stwierdza w nim, że strategie przeciwpożarowe dla budynków w różnych krajach, ich formułowanie i weryfikacja, nie cechują się spójnym podejściem i nawet dla budynków o takim samym profilu ryzyka, mogą się znacznie różnić. Stało się to motywacją Autora do podjęcia badań przedstawionych w niniejszej pracy. Rozdział ten także omawia ogólnie zagadnienie inżynierii pożarowej i koncepcję strategii przeciwpożarowych oraz przedstawia przegląd literatury przedmiotu. Ilustruje on wyjątkowość i złożoność inżynierii pożarowej, która łączy w sobie wiele dyscyplin zarówno z dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych jak i nauk społecznych, w tym między innymi inżynierię lądową, inżynierię chemiczną, inżynierię środowiska, inżynierię mechaniczną, czy wreszcie nauki o bezpieczeństwie i nauki o zarządzaniu.

Rozdział 2 analizuje rozwój przepisów przeciwpożarowych na świecie i obrazuje współczesne rozwiązania inżynierii pożarowej, coraz częściej stosowane alternatywnie do tradycyjnych przepisów nakazowych, w szczególności w przypadku bardziej złożonych obiektów budowlanych i niestandardowych budynków użyteczności publicznej. W tym rozdziale wprowadzono także pojęcie "strategia przeciwpożarowa" i przedstawiono sposób, w jaki jest ono wykorzystywane i interpretowane w krajowych i międzynarodowych normach i przepisach przeciwpożarowych. Jednym z celów pracy jest weryfikacja możliwości opracowania metody globalnej (nie lokalnej - krajowej). Przeprowadzono w tym celu analizę podstawowych wymagań przepisów przeciwpożarowych w sześciu krajach, która dowiodła, że w wielu obszarach wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego istnieją pomiędzy nimi duże podobieństwa, a niekiedy nawet pełna zgodność. Potwierdziło to przypuszczenia

Rozdział 3 wprowadza autorskie pojęcie holistycznych strategii przeciwpożarowych i omawia jego szczegóły, ze szczególnym naciskiem na kwestie związane z proponowanym globalnym ujednoczeniem metody oceny tych strategii. Omówiono tu także podstawowe cele strategii przeciwpożarowych, do których należą ochrona życia ludzi, mienia, ciągłości produkcji i środowiska naturalnego. Każdy z tych celów Autor dzieli na cztery cele cząstkowe, w konsekwencji proponując, aby każda strategia przeciwpożarowa uwzględniała wszystkie 16 podcelów dla każdego projektu budowlanego. W rozdziale tym opisano, jak nowa metoda umożliwi ocenę strategii przeciwpożarowych w aspekcie ich dostosowania do określonego nadrzędnego celu ochrony budynku. Ponadto poruszono tu kwestie spójności proponowanej metody z podejściem rozwoju zrównoważonego, oraz możliwości

jej wdrożenia do nowoczesnych technik projektowania przy użyciu metod informatycznych (ang. building information modelling – BIM).

Rozdział 4 wprowadza pojęcie scenariusza pożarowego oraz przedstawia przegląd metod oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego i ryzyka pożarowego budynków. Zaproponowano tu nową metodę oceny ryzyka dla przyjętego scenariusza pożarowego. Opiera się ona na analizie prawdopodobieństwa zapłonu i prawdopodobieństwa rozwoju pożaru w aspekcie przewidywanych skutków jego wystąpienia. Wynik analizy w postaci wartości Scenariuszowego Ryzyka Pożaru (ang. Scenario Fire Risk) pozwala na wytypowanie najbardziej niekorzystnych scenariuszy pożarowych dla danego budynku, które następnie powinny być podstawą do prowadzenia dalszych analiz i oceny strategii przeciwpożarowej.

Rozdział 5 opisuje autorską, półilościową metodę indeksową do oceny strategii przeciwpożarowej. Pozwala ona na dokonywanie oceny poziomu bezpieczeństwa pożarowego budynków w oparciu o ocenę punktową ośmiu podstawowych środków zabezpieczeń przeciwpożarowych, wchodzących w skład strategii przeciwpożarowej. Jest ona metodą porównawczą ponieważ zaproponowana ocena prawidłowości zastosowanych w danym budynku rozwiązań polega na porównaniu wartości indeksu ryzyka strategii przeciwpożarowej rzeczywistej ( $FSRI_{actual}$ ) ze wstępnie przygotowanym poziomem odniesienia, jakim jest indeks ryzyka strategii przeciwpożarowej oczekiwanej ( $FSRI_{baseline}$ ). Przedstawiona metoda oceny strategii przeciwpożarowej została zainspirowana brytyjskimi zasadami tworzenia strategii przeciwpożarowych opracowanymi przez Autora w standardzie PAS 911:2007, w połączeniu z metodą indeksową oceny ryzyka Maxa Gretenera. Przewiduje ona usystematyzowany proces ewaluacyjny przebiegający w siedmiu etapach:

1. opis budynku,
2. analiza możliwych scenariuszy pożarowych i wytypowanie scenariusza najbardziej niekorzystnego,
3. określenie parametrów strategii oczekiwanej,
4. analizy wstępne służące do oceny strategii rzeczywistej,
5. ocena strategii rzeczywistej,
6. prezentacja strategii oczekiwanej i rzeczywistej na siatce wartości strategii przeciwpożarowej,
7. obliczenie i ocena indeksu ryzyka strategii przeciwpożarowej.

Opracowana metoda przewiduje analizę ośmiu środków zabezpieczeń: (1) zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru, organizacja i zarządzanie ochroną przeciwpożarową, (2) ograniczenie materiałów palnych i źródeł zapłonu, (3) bierne ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru i dymu, (4) detekcja i sygnalizacja, (5) systemy gaśnicze, (6) wentylacja pożarowa i warunki ewakuacji, (7) dyspozycyjność systemów ochrony przeciwpożarowej oraz (8) działania ratowniczo-gaśnicze. W celu międzynarodowego ujednolicenia oceny tworzonych strategii przeciwpożarowych, w ramach opracowanej metody, dla każdego ze środków zabezpieczeń opracowano listę szczegółowych pytań, które pozwalają na dokonanie jego oceny punktowej w skali od 0 do 25. W ten sposób dokonuje się oceny rzeczywistej strategii przeciwpożarowej. Strategie

oczekiwaną można ocenić podobnie, za punkt odniesienia przyjmując na przykład lokalne przepisy przeciwpożarowe lub skorzystać z przygotowanej przez autora tabeli wartości domyślnych przypisanych do poszczególnych profili ryzyka budynków (pojęcie profilu ryzyka budynku zaczerpnięto ze standardu brytyjskiego BS 9999:2018). Szczegółowe zestawienie domyślnych oczekiwanych wartości punktowych strategii przeciwpożarowych opartych o profile ryzyka budynku przedstawiono w Załączniku D. Dodatkowo w rozdziale tym przedstawiono, opracowane przez autora, domyślne wartości współczynników wagowych dla poszczególnych środków zabezpieczeń, które także zostały odniesione do profili ryzyka budynku.

Opisane powyżej wskaźniki i parametry liczbowe strategii przeciwpożarowej powiązane zostały przez autora zależnościami matematycznymi, pozwalającymi na obliczenie indeksu ryzyka strategii przeciwpożarowej, stanowiącego podstawę do dokonania oceny, czy zastosowane w środki zabezpieczeń przeciwpożarowych zapewniają wymagany poziom ochrony budynku w przypadku wystąpienia pożaru. Zaproponowana metoda umożliwia także dokonywanie porównań różnych strategii przeciwpożarowych dla jednego budynku, bądź podobnych strategii w różnych budynkach.

W rozdziale 6 przedstawiono trzy przykładowe analizy strategii przeciwpożarowych wybrane spośród opracowań, jakie w latach 2018-2020 zrealizowano dla budynków użyteczności publicznej w ramach testów przedstawionej metody. Prezentowane przykłady dotyczą budynków, które były przedmiotem przebudowy powiązanej ze zmianą przeznaczenia i jednocześnie posiadały nietypowy, skomplikowany układ architektoniczny, wymagający zastosowania rozwiązań ponadstandardowych i opracowania przedmiotowej oceny strategii ochrony przeciwpożarowej. Opracowania te stanowiły załączniki do sporządzanych ekspertyz pożarowych, które następnie podlegały ocenie władz lokalnych w ramach procedur zmierzających do uzyskania pozwoleń na zastosowanie w nich rozwiązań zamiennych i zastępczych w stosunku do wymaganych przez przepisy. Budynki, które wykorzystano jako przykłady to:

- a) Centrum Nauki i Techniki EC1 (City of Culture) w Łodzi (Polska) - pierwotnie obiekt przemysłowy (elektrociepłownia), przebudowany w latach 2015-19 na centrum kulturalno-rozrywkowe (budynek użyteczności publicznej ZLIII) o nietypowej architekturze, a w szczególności skomplikowanym geometrycznie, wielokondygnacyjnym atrium;
- b) Hotel Zamek Ryn w Rynie (Polska) - pierwotnie średniowieczny zamek krzyżacki (XIV w), przebudowany w latach 90-tych na obiekt hotelowy (budynek użyteczności publicznej ZLV) o nietypowej architekturze, z rozległym przekrytym dziedzińcem przeznaczonym do użytkowania dla dużych grup osób;
- c) Szpital Chelsea w Londynie (Wielka Brytania) - pierwotnie centrum handlowe, w roku 1992 przebudowane na budynek szpitalny (budynek użyteczności publicznej ZLII), o nietypowym układzie architektonicznym ze względu na znajdujące się w części centralnej wielokondygnacyjne, otwarte pasáže komunikacyjne (dawnej pasáže handlowe).

Dla każdego z powyższych przykładów, w ramach analizy strategii przeciwpożarowej opracowanej dla wybranych części budynków (najbardziej zagrożonych stref pożarowych)

przeprowadzono pełną procedurę, zgodną z opisaną tu nową metodą. Obejmowała ona wybór najbardziej niekorzystnego scenariusza pożaru do dalszej analizy (zgodnie z rozdziałem 4) oraz obliczenia indeksu ryzyka pożarowego strategii przeciwpożarowej FSRI dla warunków bazowych i rzeczywistych (zgodnie z rozdziałem 5). W rozdziale tym przedstawiono także wyniki analiz wstępnych i pomocniczych, w tym symulacji CFD rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu, które następnie posłużyły do dokonania ostatecznej oceny punktowej rzeczywistych strategii przeciwpożarowych. Na koniec dla każdego z przypadków obliczono indeks ryzyka strategii przeciwpożarowej rzeczywistej i oczekiwanej. W przypadku Centrum Nauki i Techniki EC1 analizy wykazały, że opracowana strategia przeciwpożarowa od razu była na zadawalającym poziomie ( $FSRI_{actual} \leq FSRI_{baseline}$ ), natomiast w przypadku Hotelu w Rynie i Szpitala Chelsea pierwsza ocena wykazała konieczność wprowadzenia korekt w stworzonej strategii rzeczywistej i dopiero po uwzględnieniu poprawek uzyskany wynik ewaluacji okazał się być pozytywny. Załączniki A, B i C prezentują szczegółowe dane ocen punktowych odpowiednio do trzech budynków, które stanowiły przykłady projektowe.

Rozdział 7 zawiera podsumowanie i wnioski dotyczące przedstawionej rozprawy doktorskiej oraz przewidywane perspektywy rozwoju zaproponowanej metody. Autor wykazał, iż inżynieria pożarowa jest specjalnością multidyscyplinarną, w skład której wchodzi takie dyscypliny jak inżynieria lądowa, inżynieria chemiczna, inżynieria środowiska, inżynieria mechaniczna, czy wreszcie nauki o bezpieczeństwie i nauki o zarządzaniu. Przedstawiony przegląd norm i przepisów przeciwpożarowych wybranych krajów potwierdził możliwości istnienia globalnej metody tworzenia i oceny strategii przeciwpożarowych. Zaproponowana technika analiz ryzyka scenariuszy pożarowych, pozwala na wyznaczanie najbardziej niekorzystnych scenariuszy pożaru stosowanych dalej do oceny bezpieczeństwa pożarowego budynków. Finalnie, opracowana nowa, półilościowa metoda wyznaczania indeksu ryzyka strategii przeciwpożarowej pozwala na tworzenie holistycznych strategii przeciwpożarowych i ich ocenę.

Praca zawiera 5 załączników. Załączniki A-C przedstawiają zestawienie szczegółowych wartości ocen punktowych strategii przykładowych opisanych w rozdziale 6, natomiast załącznik D przedstawia zestawienie ocen punktowych opracowanych do stworzenia bazy strategii oczekiwanych opartych na profilach ryzyka budynków. Załącznik E prezentuje szczegóły programu komputerowego stworzonego przez Autora do opracowywania strategii przeciwpożarowych, ich prezentowania oraz oceny, zgodnie z zaproponowaną metodyką. Program był dotychczas wykorzystywany do testowania metody tylko na rynku polskim, dlatego podano tu tylko wersję polskojęzyczną. W przyszłości planowane jest jego przetłumaczenie na kolejne języki.