



dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński  
Profesor Instytutu

Warszawa, 5.04.2021

Zakład Badań Ogniwych  
Instytut Techniki Budowlanej  
ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa

## Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Paula Bryanta

### „A semi-quantitative method for the evaluation of the holistic fire strategies for non-standard public buildings”

*“Półilościowa metoda oceny holistycznych strategii przeciwpożarowych dla niestandardowych budynków użyteczności publicznej”*

#### 1 Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 22.02.2021 r., na podstawie uchwały Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej z dnia 15.02.2021 r, oraz Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (nazywana dalej *Ustawą*).

#### 2 Przedmiot i cel recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Paula Bryanta pt. „A semi-quantitative method for the evaluation of the holistic fire strategies for non-standard public buildings” (“Półilościowa metoda oceny holistycznych strategii przeciwpożarowych dla niestandardowych budynków użyteczności publicznej”). Promotorem pracy jest dr hab. inż. Dorota Brzezińska. Ocena rozprawy jest prowadzona w odniesieniu do wymagań Ustawy, w tym przede wszystkim:

*Art. 187. 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*

*2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne*

### 3 Charakterystyka pracy

Główna część rozprawy została zawarta na 135 stronach i podzielona na 7 rozdziałów, zawierających wprowadzenie oraz podsumowanie wraz z wnioskami. Zasadnicza część pracy poprzedzona jest streszczeniem w języku polskim i angielskim, spisem treści i wykazem oznaczeń i skrótów, zaś zakończona spisem cytowanej literatury (171 pozycji). Do pracy dołączonych jest pięć załączników zawierających szczegółowe wyniki oszacowania ryzyka dla wybranych obiektów, przyporządkowanie podstawowego profilu ryzyka poszczególnym klasom budynków oraz przedstawiających interfejs użytkownika narzędzia wspomagającego projektowanie.

Tematyka pracy obejmuje metodę oceny ryzyka strategii przeciwpożarowych w szerokim ujęciu obejmującym aspekty techniczno-budowlane, organizacyjne i użytkowe. Podejście to Doktorant określa jako „półilościowe” oraz „holistyczne”.

W Rozdziale 1 Autor przedstawia wprowadzenie do pracy, rozpoczynając od sformułowania hipotezy badawczej. Hipoteza ta nie jest jednak określona wprost, a składają się na nią zidentyfikowane problemy z zapewnieniem bezpieczeństwa pożarowego, jak również składowe nowego podejścia. Autor przedstawia swój imponujący dorobek praktyczny w ochronie przeciwpożarowej. Następnie przedstawia przegląd stanu wiedzy, na który składa się przedstawienie zawartości czterech wybranych publikacji naukowych. Następnie przedstawiono obszerny opis dyscyplin naukowych – inżynierii bezpieczeństwa pożarowego (IBP) i dyscyplin powiązanych. W dalszej części Doktorant przekonuje co do zasadności klasyfikacji IBP jako składowej inżynierii lądowej, co w ocenie recenzenta jest bezsporne, oraz w bogaty i interesujący sposób przedstawia rys historyczny związany z praktyką bezpieczeństwa pożarowego.

W Rozdziale 2 Autor opisuje historię wymagań przeciwpożarowych, oraz podejścia projektowego nakierowanego na cel (ang. *performance based design*). Przedstawione są narzędzia komputerowe (modele ewakuacji i CFD). W szczególności przedstawiono model matematyczny narzędzia do obliczeń z wykorzystaniem metody CFD - modelu FDS. W tym samym rozdziale Autor omawia także czym jest strategia przeciwpożarowa. Autor przedstawia przegląd podstaw prawnych inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Ostatni podrozdział (2.5) zawiera wyniki ankiety wśród inżynierów bezpieczeństwa pożarowego z siedmiu krajów, odnośnie stosowania w ich krajach przepisów i standardów ppoż., projektowania dróg ewakuacji, przegród ppoż. i systemów alarmowania.

Rozdział 3 jest przeglądem literatury w zakresie wykorzystania strategii przeciwpożarowych. Zdefiniowany jest punkt odniesienia (strategia wynikająca z krajowych przepisów techniczno-budowlanych). Autor przedstawia podstawy formułowania strategii w oparciu o własną wcześniejszą publikację (BS PAS 911). W rozdziale 3.4 przedstawiono koncepcję zrównoważonego rozwoju i umiejscowienie w niej bezpieczeństwa pożarowego, a w kolejnym rozdziale metodę BIM.

Rozdział 4 pracy omawia nowoczesne podejście do analiz ryzyka pożaru w obiektach budowlanych, w tym przepisy brytyjskie, zapisy *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* i normy ISO. Przedstawiono sposób szacowania ryzyka i wykorzystanie macierzy ryzyka. Autor zaproponował także metodę profilowania ryzyka oraz szacowania wartości ryzyka dla scenariuszy pożarowych.

W rozdziale 5 przedstawiono metodę oceny wartości strategii przeciwpożarowej. Najpierw przedstawiono pierwszą koncepcję z 2007 r, a następnie jej drugą iterację. Na jej podstawie powstała półilościowa metoda opisana w Rozprawie. Przedstawiono metodologię oceny, oraz sposób przypisania „punktów” poszczególnym elementom strategii przeciwpożarowej (rozdział 5.3.3). Punktacja ta jest kluczowa w praktycznym wykorzystaniu metody i będzie poruszona w dalszej części recenzji. W odniesieniu do profilu ryzyka obiektu Autor proponuje współczynniki przeliczeniowe dla wartości profilu ryzyka. Wynik może być porównany z wartością dla strategii podstawowej.

W rozdziale 6 Autor przedstawia wykorzystanie proponowanej metody dla trzech obiektów budowlanych:

- centrum kultury EC1 w Łodzi;
- hotel w historycznym zamku w Rynie;
- szpital zlokalizowany w dzielnicy Chelsea, Londyn, UK.

Opisano uzyskane wyniki punktowe dla strategii (oryginalnych i proponowanych), co dodatkowo uzupełniono w sposób szczegółowy w załącznikach do pracy.

Ostatni rozdział podsumowuje zawartość pracy i przedstawia praktyczne wnioski.

#### 4 Główne osiągnięcia i innowacyjne aspekty pracy

Zakres rozprawy jest bardzo obszerny i obejmuje zagadnienia od organizacyjnych po specyficzne rozwiązania techniczne oraz zaawansowane narzędzia komputerowego modelowania pożarów. W pracy w sposób ewidentny uwidacznia się ponad trzydziestolenie doświadczenie Doktoranta w praktyce bezpieczeństwa pożarowego. Autor także w sposób przystępny przedstawia dość specyficzne wymagania brytyjskiego systemu prawa budowlanego, bardzo odmienne od polskich. Nie sprawia to jednak trudności w zrozumieniu pracy, lecz stanowi wartość dodaną i wypełnienie myśli o globalnym charakterze oceny strategii przeciwpożarowych.

Autor w podsumowaniu jako swoje główne osiągnięcia wskazuje:

- analizę stanu prawnego i formalnego dot. kształtowania strategii bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych w siedmiu krajach;
- opracowanie nowatorskiego podejścia do oceny ryzyka scenariuszy pożarowych (*Scenario Fire Risk*);
- opracowanie półilościowej metody oceny strategii ochrony przeciwpożarowych.

W ocenie recenzenta, innymi ważnymi osiągnięciami Doktoranta są:

- zaproponowanie całościowej metody oceny bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych, z uwzględnieniem aspektów organizacyjnych, techniczno-budowlanych i użytkowych;
- wykorzystanie narzędzia oceny ryzyka scenariuszy pożarowych jako generatora scenariuszy do oceny w ramach oceny strategii przeciwpożarowej (oceniany jest scenariusz najgorszy). W mojej ocenie czasem warto przeprowadzić analizę dla wszystkich scenariuszy, ale dla ogólnej oceny budynku wykorzystanie metody pół-ilościowej do wyznaczenia właściwego scenariusza stanowi dużą oszczędność czasu.
- zaproponowanie użytecznego i prostego systemu porównania wyników analizy ryzyka w postaci linii odniesienia na wykresie radarowym.

Do innowacyjnych aspektów pracy należy zaliczyć spójną metodę przejścia od identyfikacji rozwiązań po porównanie „bezpieczeństwa” równoległych strategii pożarowych. Zaproponowana metoda nadaje się także do oceny „podstawowej wartości bezpieczeństwa” wynikającej z przepisów techniczno-budowlanych, co zazwyczaj jest zadaniem bardzo trudnym. Autor opracował i przedstawił także narzędzie informatyczne wspomagające proces projektowania.

Doktorant wykorzystał przedstawioną metodologię do oceny ryzyka strategii przeciwpożarowych w trzech różnych obiektach budowlanych. Narzędzie pozwoliło odnieść zaprojektowaną strategię do wartości podstawowych (ang. baseline) a następnie zaproponować modyfikacje strategii w obszarach w których wynik nie był satysfakcjonujący. Z dużą łatwością przeprowadzono porównanie różnych strategii, ilustrując zalety i wady każdej z nich. Przedstawione przykłady praktyczne świadczą o dużej użyteczności praktycznej opracowanej metody.

## 5 Uwagi o charakterze polemicznym

Po zapoznaniu się z treścią Rozprawy oraz proponowaną metodologią oceny ryzyka strategii przeciwpożarowych mam dwie zasadnicze uwagi o charakterze polemicznym.

W odniesieniu do treści Rozprawy, w mojej ocenie Doktorant w niewielkim stopniu posługuje się dostępną literaturą naukową tematu. Sama praca jest w minimalnym stopniu oparta o publikacje w poruszające kwestie bezpieczeństwa pożarowego czy oceny ryzyka opublikowane w czołowych czasopismach inżynierii bezpieczeństwa pożarowego (do takich zaliczam *Fire Safety J.*, *Fire Technology*, *Fire and Materials*, *Fire Safety Eng.*, *Fire Safety Science* i *Safety Science*); inżynierii lądowej (np. *Building and Environment*, *Journal of Building Engineering*) czy bezpieczeństwa procesowego (np. *J of Loss Prevention in Process Industries*, *Hazardous Materials*). W grupie 171 odwołań doliczyłem się zaledwie siedmiu cytowań prac z wiodącego nurtu inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, w tym trzech prac z *Fire Safety J.*, jednej z *J of Building Engineering*, jednej z *Fire and Materials* i dwóch z *Fire Safety Science*. Jednocześnie, Doktorant 56 razy cytuje dokumenty o charakterze normatywnym a 60 razy (sic!) odnosi się do stron internetowych. W mojej ocenie to dobrze, że Autor swobodnie porusza się w świecie norm czy dostępnych dla każdego źródeł naukowych w Internecie, jednak od pracy naukowej oczekiwałbym głębszego osadzenia jej w literaturze przedmiotu i bieżącym dyskursie dyscypliny – który ma miejsce właśnie w recenzowanych czasopismach branżowych o globalnym zasięgu. Za znamienny przykład mogę uznać skomentowanie roli bezpieczeństwa pożarowego w zrównoważonym budownictwie (str. 49) i odniesienie tych rozważań do witryny internetowej jednego z producentów szkła (sic!), podczas gdy w obiegu naukowym znajduje się fundamentalna dla dyscypliny pozycja „*IAFSS agenda 2030 for a fire safe world*” (*Fire Safety J.*, **110**, 2019). Praca ta nakreśla w szczególności rolę nauki pożarniczej w dążeniu do zrównoważonej gospodarki i jest sygnowana przez 24 wybitnych profesorów (w tym dwóch profesorów wizytujących PŁ). Ponadto, uważam że do osiągnięcia rzeczywistego sukcesu naukowego osoba rozpoczynająca swoją samodzielną karierę naukową musi być w stanie odróżnić źródła rzetelne od niekoniecznie wiarygodnych materiałów reklamowych, czy tzw. *predatory journals*, oraz zidentyfikować miejsca, w których publikacja pracy zostanie odnotowana przez środowisko naukowe.

Moja druga uwaga zasadnicza dotyczy przedstawionej w rozdz. 5.3.3 metody punktacji poszczególnych strategii pożarowych. Jest to podstawowe narzędzie ilościowej metody oceny, na wynikach którego oparto cały dalszy proces. Autor nie podaje źródeł wartości punktowych dla poszczególnych ocenianych aspektów strategii, zatem domnimam że jest to jego Autorskie opracowanie. Nie umiem odnieść się do grup [ORG], [MAI] i [FB] gdyż są poza moim zakresem kompetencji. Dogłębna analiza grup [LIP],[PAS],[DET],[SUP] czy [SC] budzi jednak moje wątpliwości. Nie rozumiem dlaczego sam przebieg pożaru (np. LIM2, DET2) jest punktowany obok cech materiałowych (np. LIM5) czy architektonicznych (np. PAS5) które przecież na ten przebieg wpływają? Niektóre oceniane cechy w mojej ocenie niekoniecznie wpływają na bezpieczeństwo (np. PAS1-3 wyższe punktowanie przegród/klap o wyższych odpornościach ogniowych, SUP2 zmiana wartości RTI tryskaczy) podczas gdy elementy krytyczne jak np. stopień ochrony tryskaczowej (SUP1) są wycenione dość „nisko” (0-3 pkt). Co więcej, niektóre punktacje według mnie są przyznane niewłaściwie – np. PAS5. W mojej ocenie bezpieczniejsze są obiekty większe, a w mojej praktyce raczej dążę do łączenia stref pożarowych w jedną (szczególnie w obiektach handlowych) co wyraźnie poprawia możliwości projektowania oddymiania – według przedstawionej metody za to odjęto by punkty. Dane są też miejscami niespójne – np. 1 pkt za tryskacze szybkiej reakcji (RTI<50) w SUP1 i jednocześnie 4 pkt za to samo w SUP2. Do niektórych grup nie mam większych uwag (np. grupa SC jest opisana dość dobrze), przy czym także tam widzę elementy do polemiki z Autorem. W mojej ocenie Autor podjął się tytanicznego wysiłku oceny wszystkich aspektów bezpieczeństwa, czego normalnie spodziewałbym się po dużym interdyscyplinarnym zespole ekspertów z poszczególnych obszarów. W związku z moją krytyczną oceną co do przypisanych wartości, traktuję je jako przykładowe do późniejszej dyskusji – w bieżącej formie nie jestem pewien czy mogą one być wykorzystane bezpośrednio do oceny strategii w każdym niestandardowym budynku. Alternatywnie, chętnie zapoznam się z materiałem źródłowym i sposobem dojścia do tych wartości, co być może rozwieje to niektóre z moich wątpliwości.

## 6 Inne uwagi do pracy

W trakcie lektury nasunęły mi się także następujące uwagi o charakterze edycyjnym i merytorycznym, nie wpływające na moją całościową ocenę pracy:

- w jaki sposób Autor rozumie pojęcie „holistyczny”? Moje rozumienie tego pojęcia odnosi się do poglądu holizmu, gdzie układy charakteryzują się prawidłowością których nie można ocenić na podstawie oceny sumy składowych. Być może lepszym określeniem metody były by synonimy - „globalny” lub „całościowy”?
- nie do końca rozumiem kontekst globalnego wykorzystania przedstawionej metody i jego wpływ na rozwój metody. Czy fakt istnienia różnych wymagań przepisów techniczno-budowlanych w różnych krajach (rozdział 2.5) w jakiś sposób wpłynął na kształtowaną metodę oceny strategii przeciwpożarowych?
- w jakiej formie prowadzona była ankieta opisana w rozdziale 2.5? Czy ankieta uwzględniała także zróżnicowanie lokalne w przedstawianych krajach (np. przepisy stanowe czy lokalne warianty IBC w USA?)
- podane w rozdziale „1.2 State of the art.” cztery publikacje naukowe w mojej ocenie nie wyczerpują analizy literatury w obszarze oceny ryzyka pożarowego. Rozumiem potrzebę zwięzłości pracy i brak możliwości dogłębnej analizy literatury tak wielu obszarów wiedzy. Jednocześnie, w mojej ocenie Doktorant powinien raczej odesłać czytelnika do publikacji przeglądowych w poszczególnych obszarach, a nie do omówienia wybranych próbek stanu wiedzy.
- we wprowadzeniu Doktorant dużą wagę przykładą do modelu matematycznego programu FDS, jak i samej metody CFD. W samym sercu oceny strategii przeciwpożarowych metoda CFD nie odgrywa jednak znaczącej roli. W przykładach w Rozdziale 6, Autor prezentuje wyniki symulacji CFD jako wyniki wstępne przed wyborem strategii, jednak nie przekładające się na uzyskany wynik wybranej strategii. Czy Doktorant mógłby przybliżyć jaką dokładnie rolę pełnią analizy CFD w przedstawionej metodologii? Jednocześnie, skoro analizy CFD są wykorzystane we wszystkich przedstawionych przykładach, czy ich wynik (ilościowy) nie mógłby być w jakiś sposób oceniany w trakcie oceny strategii (czy nie da się wynikiem CFD, np. odniesionym do czasu ewakuacji przypisać punktów w trakcie oceny?)
- Wydaje mi się, że w przykładzie 6.1 EC1 jest błąd w analizie polegający na wykorzystaniu krzywej rozwoju pożaru „medium” dla scenariusza F2B, podczas gdy scenariusz F2A oparto na krzywej „fast”. Różna szybkość rozwoju pożaru przed zadziałaniem tryskaczy powoduje, że porównanie wyników scenariuszy między sobą jest niemożliwe. W opisie widnieje współczynnik  $\alpha$  dla pożaru „fast”, podczas gdy na rysunku przedstawiono krzywą „medium”.
- Czy Doktorant mógłby zaproponować zwięzłą definicję czym jest strategia przeciwpożarowa? Rozwinięta do pięciu punktów definicja z rozdz. 2.3. jest dość zawiła i trudna w zrozumieniu.
- w rozdziale 4.2 Autor pisze: „*Deterministic methods can be used to determine potential worst-case scenarios. (...) deterministic methods could be highly quantitative*”. Metody deterministyczne są całkowicie ilościowe, a analiza deterministyczna przeprowadzona dla tych samych warunków początkowych i brzegowych da ten sam wynik. To odróżnia je od metod probabilistycznych.
- W mojej ocenie odnosząc się do publikacji SFPE Handbook of Fire Protection Engineering należy odnosić się do poszczególnych rozdziałów tej monografii, nie do całości. Każdy rozdział stanowi indywidualne dzieło i nie są one ze sobą w całości spójne. Stąd zapisy jak „*The SFPE (139) Handbook defines fire risk as (...)*” są nieprecyzyjne.
- Czy przedstawiony w tabeli 4 system oceny ryzyka scenariuszy jest wrażliwy na pożary małe, w przestrzeniach o małym ryzyku, ale o dużych konsekwencjach? (przykład – pożar wiązki przewodów w hucie stali którego konsekwencją było wygaszenie wielkiego pieca)
- Na stronie 90 podano opis czasu podjęcia interwencji przez Straż Pożarną. Obejmuje on czas dojazdu i 2 minuty na zlokalizowanie pożaru. W mojej ocenie jest to bardzo dyskusyjne – zupełnie inny jest czas na dotarcie do parteru hali produkcyjnej, czwartej kondygnacji podziemnej garażu czy na trzydziestą kondygnację budynku wysokościowego. Ponadto, podjęcie działań wymaga także rozwinięcia taktycznego, zaopatrzenia w wodę itp., co czasem

może być długotrwałe. Na Uniwersytecie w Gandawie opracowano metodologię szacowania czasu od przyjazdu Straży Pożarnej do podjęcia interwencji, być może takie narzędzie powinno zostać dołączone do przedstawionej tu metodologii. Czy podane 2 minuty na zlokalizowanie pożaru mają charakter uniwersalny?

- Nie do końca rozumiem rolę cytowań nr. 47 („*first published in this thesis*”) czy 54 („*Based upon personal career experience*”). Wydaje mi się, że takie odnośniki są zbędne, ponieważ nie da się zweryfikować źródła.

## 7 Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa doktorska mgr Paula Bryanta pt. „A semi-quantitative method for the evaluation of the holistic fire strategies for non-standard public buildings” (“Półilościowa metoda oceny holistycznych strategii przeciwpożarowych dla niestandardowych budynków użyteczności publicznej”) jest obszernym i spójnym dziełem, dotyczącym niezwykle szerokiego obszaru niemal całej dyscypliny bezpieczeństwa pożarowego. Autor podjął się opracowania niezwykle ambitnej metody oceny holistycznych strategii bezpieczeństwa pożarowego, i pomimo moich wątpliwości co do niektórych aspektów tej oceny, uważam że Swój cel zrealizował.

W kontekście art. 187 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiot pracy – ocena ryzyka strategii przeciwpożarowych jest problemem naukowym, a Autor zaproponował jego oryginalne rozwiązanie. W związku z powyższym, uważam że przedstawiona rozprawa spełnia wymagania Ustawy, oceniam ją pozytywnie i wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do jej publicznej obrony.

Dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński  
Profesor Instytutu Techniki Budowlanej