

mł. kpt. mgr inż. Mateusz FLISZKIEWICZ
mł. kpt. mgr inż. Andrzej KRAUZE
SGSP, Katedra Techniki Pożarniczej
Zakład Informatyki i Łączności
dr hab. inż. Tadeusz MACIAK prof. SGSP

MODELOWANIE PROBABILISTYCZNE NA POTRZEBY SZACOWANIA RYZYKA POŻAROWEGO

W artykule przedstawiono ogólny zarys i problematykę związaną z wykorzystaniem narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego jakim jest program *Probabilistic Fire Simulator*. Zaprezentowano zadanie projektowe, w którym przeprowadzono obliczenia wielokrotne z wykorzystaniem modelu strefowego oraz programu PFS.

This article describes general outline and main problems connected with using fire safety engineering tool like Probabilistic Fire Simulator. A design task using fire zone model and risk analysis tool to compute the distributions of fire model output variables, was presented.

1. WPROWADZENIE

Współczesne specjalistyczne programy komputerowe są używane również do oceny ryzyka pożarowego. Zgodnie ze stosowaną w praktyce definicją, formułowaną mianem inżynierskiej definicji ryzyka pożarowego, ryzyko pożarowe jest iloczynem prawdopodobnych strat pożarowych i częstotliwości powstawania pożarów w konkretnym obiekcie. Programy komputerowe umożliwiają wykonanie zaawansowanej analizy, począwszy od wskazania czynników, które mogą spowodować lub przyczynić się do powstania pożar-

ru, poprzez zaawansowane obliczenie prawdopodobieństwa ich wystąpienia, a skończywszy na szczegółowej symulacji skutków fizycznych, czyli negatywnych konsekwencji danego zdarzenia. Analizy inżynierskie posługują się sztywnymi wartościami parametrów wejściowych i pojedynczymi wartościami wyników, podczas gdy rozkład statystyczny danej wielkości najlepiej prezentuje niepewność zjawisk takich jak, np. pożar lub zachowanie ludzi. Dzisiejsze narzędzia pozwalają wyznaczyć prawdopodobieństwo wystąpienia danego zjawiska po określonym czasie, np. rozgorzenia, zniszczenia elementu konstrukcji, przejścia pożaru na wyższą kondygnację, zadziałania detektorów, ewakuacji w określonym przedziale czasu itd. Tego typu metody z powodzeniem mogą być stosowane podczas kontroli prowadzonej przez zakłady ubezpieczeń, a także wspomagająco przy doborze rozwiązań zamiennych. Mogą również okazać się przydatne podczas odbiorów prowadzonych przez wydziały kontrolno-rozpoznawcze Państwowej Straży Pożarnej. Niestety tego rodzaju modelowanie wymaga przeprowadzenia bardzo wielu symulacji, dlatego na potrzeby pokazania idei metody, w niniejszym artykule przedstawiono bardzo prosty przykład symulacji pożaru w jednym pomieszczeniu przy zastosowaniu modelu strefowego. W artykule przedstawiono charakterystykę modelu strefowego pożaru CFAST (*Consolidated Model of Fire And Smoke Transport*) oraz programu PFS (*Probabilistic Fire Simulator*). Zaprezentowano zadanie projektowe, w którym przeprowadzono obliczenia wielokrotne z wykorzystaniem modelu strefowego oraz programu PFS.

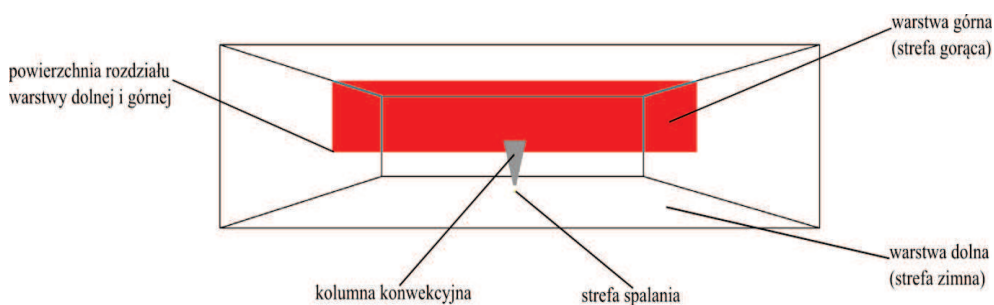
2. CHARAKTERYSTYKA PROGRAMÓW WYKORZYSTANYCH DO PRZEPROWADZENIA ANALIZY RYZYKA POŻAROWEGO

Consolidated Model of Fire And Smoke Transport (Połączony Model Rozwoju Pożaru i Rozprzestrzeniania się Dymu) jest to komputerowy model strefowy pożaru przeznaczony do analizy warunków i oddziaływania pożaru na wielopomieszczeniowe struktury budowlane [1]. Program został opracowany przez amerykański instytut naukowo-badawczy NIST [2]. Idea symulacji polega na podzieleniu każdego pomieszczenia na kilka stref, w których zakłada się jednorodność parametrów takich jak: temperatura, stężenie dymu i gorących gazów pożarowych w takiej strefie. Przeważnie CFAST dzieli dane pomieszczenie na dwie warstwy, dolną i górną. Przy takim założeniu parametry mogą różnić się jedynie między warstwą podłogową a sufitową. Tak skonstruowany model pozwala na badanie zmiany parametrów pożaru takich jak: ciśnienie, temperatura, moc pożaru. Model pożaru zaimplementowany

w programie **CFAST**, jest przeznaczony do symulowania rozwoju pożaru w jego początkowej fazie (przed rozgorzeniem). Model opiera się na trzech podstawowych założeniach:

1. Dym można opisać za pomocą dwóch różnych warstw.
2. Objętość płomienia jest pomijalna w stosunku do objętości pomieszczenia.
3. Przyjmujemy, że obiekty znajdujące się w pomieszczeniu (np. meble), nie mają dużego wpływu na pochłanianie ciepła i rozwój pożaru [3].

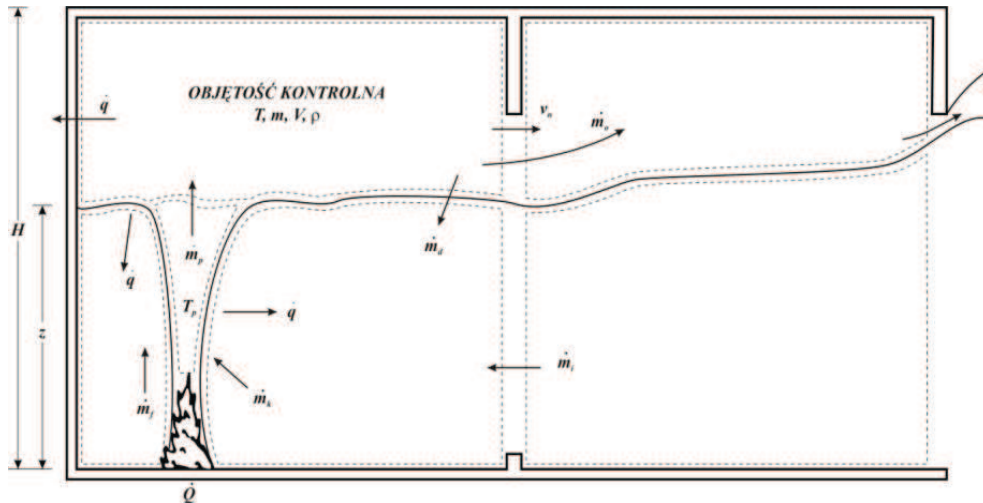
Założenia tego modelu motywowane są wynikami obserwacji rzeczywistych pożarów. Dane wejściowe to geometria i konstrukcja pomieszczeń (ściany, stropy), liczba otworów i ich wymiary oraz wielkość uwalnianej energii (rodzaj spalnego materiału). Program pozwala na wprowadzenie do 30 pomieszczeń, które możemy ze sobą łączyć poprzez otwory w ścianach (zarówno w kierunku poziomym jak i pionowym). Jako wyniki otrzymuje się zwykle czas aktywacji detektorów ognia, tryskaczy, temperatury w górnej i dolnej warstwie dymu oraz grubości warstw.



Rys. 1. Opis modelu strefowego na przykładzie pomieszczenia z rozwijającym się pożarem, stworzonym w programie **CFAST**

Źródło: Opracowanie własne.

Działanie programu **CFAST** jest oparte na rozwiązywaniu zestawu równań, które określają zmiany stanu (ciśnienia, temperatury itp.) w oparciu o entalpię i przepływ masy w małych czasowych przyrostach. Równania te są uzyskiwane z równania zachowania energii, pędu oraz z równania stanu gazu doskonałego. Ograniczeniem modelu **CFAST** jest brak możliwości przewidywania procesów zachodzących w strefie spalania. Nie ma również możliwości oceny wpływu wzrostu temperatury środowiska pożaru na stężenie toksycznych produktów spalania.



Rys. 2. Układ termodynamiczny dwóch pomieszczeń

Źródło: [4].

Oznaczenia na rysunku: H – wysokość pomieszczenia, z – wysokość dolnej warstwy, T – temperatura, m – masa, V – objętość górnej warstwy, ρ – gęstość górnej warstwy. Po lewej stronie zaznaczono pomieszczenie ze źródłem pożaru. Linie przerywane wyznaczają granice stref.

Dla sytuacji przedstawionej na rys. 2, omówiono wzory opisujące zasady zachowania masy, substancji i energii w modelu strefowym pożaru [4].

Zasada zachowania masy (ogólna forma równania):

$$\frac{dm}{dt} + \sum_{j=1}^n \dot{m}_j = 0 \quad (1)$$

gdzie: m – masa gazów w objętości kontrolnej, $m = \rho \cdot V$, \dot{m}_j – j -ty strumień gazów wpływający z objętości kontrolnej.

Zasada zachowania masy (równanie dla sytuacji przedstawionej na rys. 2):

$$A_p \frac{d}{dt} [\rho (H - z)] + \dot{m}_o + \dot{m}_d - \dot{m}_p = 0 \quad (2)$$

gdzie: A_p – oznacza powierzchnię pomieszczenia ze źródłem ognia, \dot{m}_o – strumień wypływający gazów z pomieszczenia ze źródłem ognia, \dot{m}_p – strumień gazów kolumny konwekcyjnej wpływający do objętości kontrolnej, $\dot{m}_p = \dot{m}_k + \dot{m}_f$, oznacza strumień powietrza wciągany do kolumny konwekcyjnej, \dot{m}_f jest strumieniem produktów rozkładu termicznego i spalania równym masowej szybkości spalania materiału, \dot{m}_d – strumień dymu cofanego w otworze wentylacyjnym.

Zasada zachowania masy dla produktu rozkładu termicznego i spalania „i”:

$$m \frac{dx_i}{dt} + \dot{m}_o x_i = \beta Y_i \dot{m}_s \quad (3)$$

x_i – jest stężeniem składnika „i” w objętości kontrolnej (ułamek masowy), Y_i – emisja i-tego składnika (produktu spalania) (kg/kg), \dot{m}_o – strumień wypływający gazów z pomieszczenia ze źródłem ognia, β – współczynnik efektywności spalania.

Zasada zachowania energii (ogólna forma równania):

$$\frac{dU}{dt} = \dot{Q} - \dot{q}_{st} - \dot{W} \quad (4)$$

gdzie: U – oznacza energię wewnętrzną, \dot{Q} – szybkość wydzielania ciepła w strefie spalania, \dot{q}_{st} – sumaryczny strumień ciepła traconego, jest strumieniem ciepła netto dodawanym do objętości kontrolnej, \dot{W} – praca wykonana przez gaz zgromadzony w objętości kontrolnej w jednostce czasu.

Zasada zachowania energii (równanie dla sytuacji przedstawionej na rysunku 2):

$$\rho V c_p \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_{netto} + c_p \dot{m}_o T - c_p \dot{m}_d T - V \frac{dp}{dt} \quad (5)$$

gdzie: V jest objętością kontrolną, p i T oznaczają średnie ciśnienie i temperaturę objętości kontrolnej, \dot{Q}_{netto} – zmiana ciepła gazu w objętości kontrolnej w jednostce czasu.

Powyższe równania są słuszne dla założeń tego modelu [4].

Probabilistic Fire Simulator (Probabilistyczny Symulator Pożaru) jest narzędziem opracowanym przez fiński instytut **VTT Technical Research Centre of Finland**. **PFS** został opracowany w trakcie realizacji projektów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego w elektrowniach atomowych. **PFS** jest aplikacją stworzoną jako skoroszyt *Microsoft Excel* w oparciu o język *Visual Basic*. Ponadto do programu **PFS** dołączono biblioteki, napisane w języku programowania **FORTRAN** umożliwiające współpracę m.in. z programami do symulacji rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu, jak **FDS** lub **CFAST**. Program wykorzystuje metodę symulacji *Monte Carlo* (**MC**) [5], czyli metodę stosowaną do modelowania matematycznego złożonych procesów (obliczania całek, łańcuchów procesów statystycznych). Podstawową rolę w metodzie *Monte Carlo* odgrywa losowanie (wybór przypadkowy) wielkości charakteryzujących pro-

ces, przy czym losowanie dokonywane jest zgodnie z wcześniej ustalonym rozkładem prawdopodobieństwa [5].

Głównym celem probabilistycznego procesu oceny bezpieczeństwa pożarowego jest ustalenie prawdopodobieństwa wystąpienia danego zdarzenia w trakcie trwania pożaru. Takim zdarzeniem może być np.: rozgorzenie, zniszczenie elementu konstrukcji, przejście pożaru na wyższą kondygnację, przekroczenie wartości granicznych temperatury oraz zasięgu widzialności na drogach ewakuacyjnych itp. Wyliczona w programie PFS wartość prawdopodobieństwa wystąpienia danego zdarzenia (np. przekroczenia temperatury 60°C) jest funkcją wszystkich rozpatrywanych czynników, które mogą wpłynąć na rozwój pożaru [6]. W obliczeniach najpierw określa się rozkłady prawdopodobieństwa parametrów wejściowych (szybkości rozwoju pożaru, maksymalnej mocy pożaru itp.). Parametry te możemy oznaczyć jako wielowymiarowy wektor „ x ”. Interesujące zdarzenie zadane jest poprzez malejącą w czasie funkcję $g(t,x)$, taką że zdarzenie to wystąpiło jeśli $g(t,x) \leq 0$ (np. została przekroczona temperatura 60°C), a dla $g(t,x) \geq 0$, zdarzenie nie wystąpiło. Wtedy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia jest obliczane ze wzoru:

$$P(t) = \iint_{\{x|g(t,x) \leq 0\}} \dots \int \Phi(x) dx \quad (6)$$

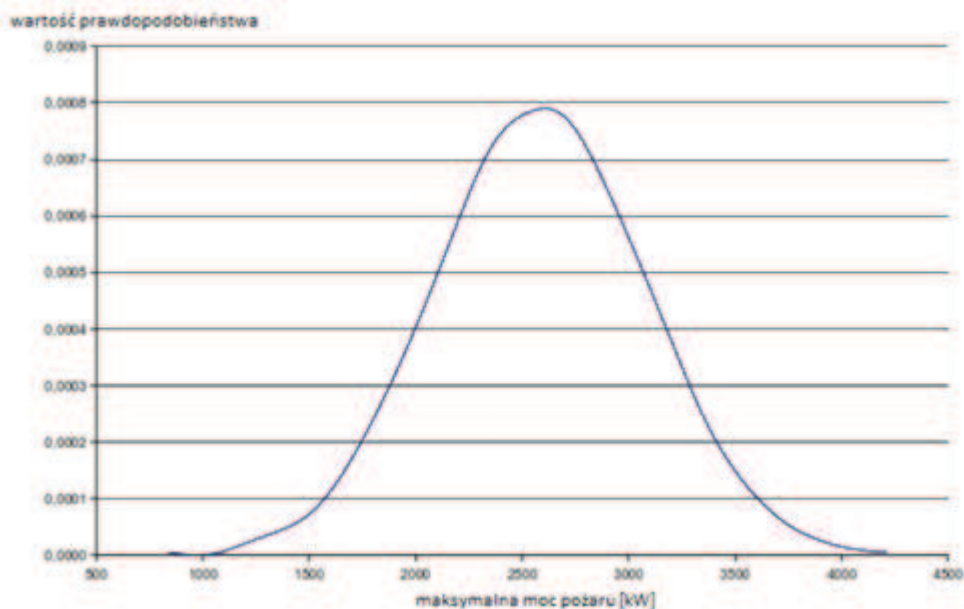
gdzie: $\Phi(x)$ to łączny rozkład prawdopodobieństwa parametrów wejściowych.

Bezpośrednie wyliczenie powyższej całki jest operacją trudną, bo niemożliwą do wykonania bez analitycznego rozwiązania modelu rozwoju pożaru. W związku z tym w programie *Probabilistic Fire Simulator* zastosowano metodę *Monte Carlo*. Taka metoda ma sens jedynie wtedy gdy niepewności wprowadzane przez stosowany algorytm (program symulujący skutki pożaru) są dużo mniejsze od niepewności rozkładu parametrów wejściowych. Uzyskanie miarodajnych rezultatów powyższych analiz wymaga wykonania dużej ilości symulacji. Z uwagi na powyższe, w tej chwili zastosowanie mają uproszczone modele pożarów (modele strefowe). Program został opracowany jako arkusz Microsoft Excel i może być używany jako interfejs użytkownika dla różnych modeli pożarów. Za pomocą metody Monte Carlo jest możliwe uzyskanie rozkładów zmiennych wyjściowych, przy uwzględnieniu ich wrażliwości na zmienne wejściowe. Typowymi danymi wyjściowymi są na przykład czasy wykrycia pożaru i rozgorzenia. Niestety obecnie nie jest możliwe zastosowanie zaawansowanych programów do symulacji w połączeniu z metodą Monte Carlo, ze względu na potrzebę użycia ogromnych mocy obliczeniowych. Obecnie korzysta się z modeli strefowych lub w pewnych przypadkach również z modeli CFD, ale tylko z siatkami podzielonymi na bardzo małą ilość

komórek. Natomiast w przyszłości wraz ze wzrostem mocy obliczeniowych, prawdopodobnie możliwe będzie stosowanie również modeli CFD oraz ewakuacji.

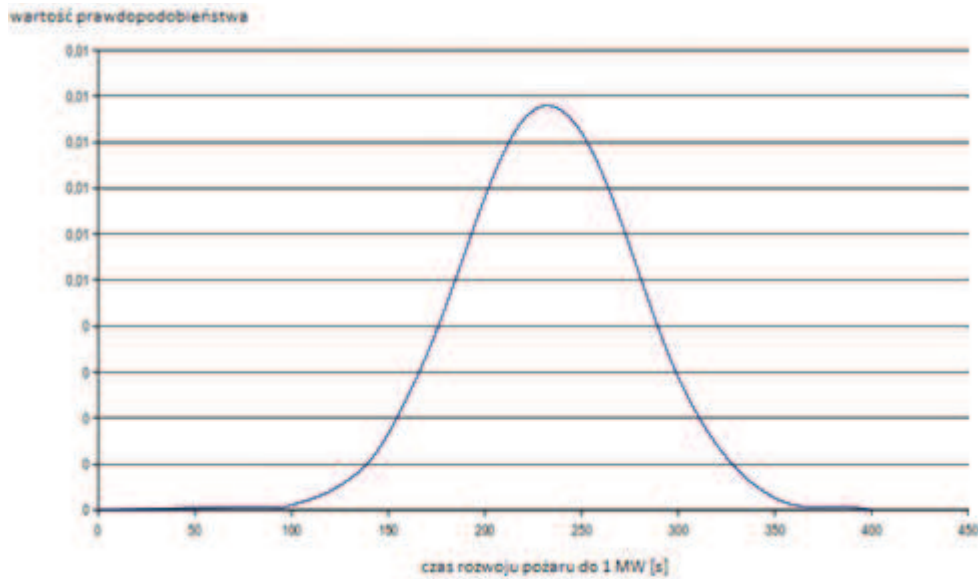
3. PRZYKŁAD OBLICZEŃ WIELOKROTNYCH PRZY WYKORZYSTANIU PROGRAMU CFAST ORAZ APLIKACJI PFS

Przykładowe zadanie projektowe zostało wykonane przy użyciu narzędzia *Probabilistic Fire Simulator*. Program ten pozwala m.in. na wykonanie obliczeń wielokrotnych przy wykorzystaniu m.in. aplikacji **CFAST** (model strefowy pożaru). Analizie poddano pomieszczenie o wymiarach 14 x 12 metrów, w którym znajdują się drzwi o wymiarach 2 x 1 m. Wysokość pomieszczenia wynosi 3,8 m. Założono, że pożar powstaje na środku pomieszczenia. Dane wejściowe to rozkłady prawdopodobieństw czasu wzrostu pożaru do 1 MW oraz maksymalnej mocy pożaru. Powyższe wartości zostały przyjęte jak dla obiektów użyteczności publicznej, na podstawie danych statystycznych z analiz popożarowych [7]. Poniżej znajdują się wykresy przedstawiające rozkłady prawdopodobieństw dla rozważanych parametrów wejściowych.



Rys. 3. Rozkład prawdopodobieństwa maksymalnej mocy pożaru (rozkład normalny, średnia 2500 kW, odchylenie standardowe 500 kW)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].



Rys. 4. Rozkład prawdopodobieństwa czasu rozwoju pożaru do 1 MW (rozkład normalny, średnia 225 sekund, odchylenie standardowe 45 sekund)
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

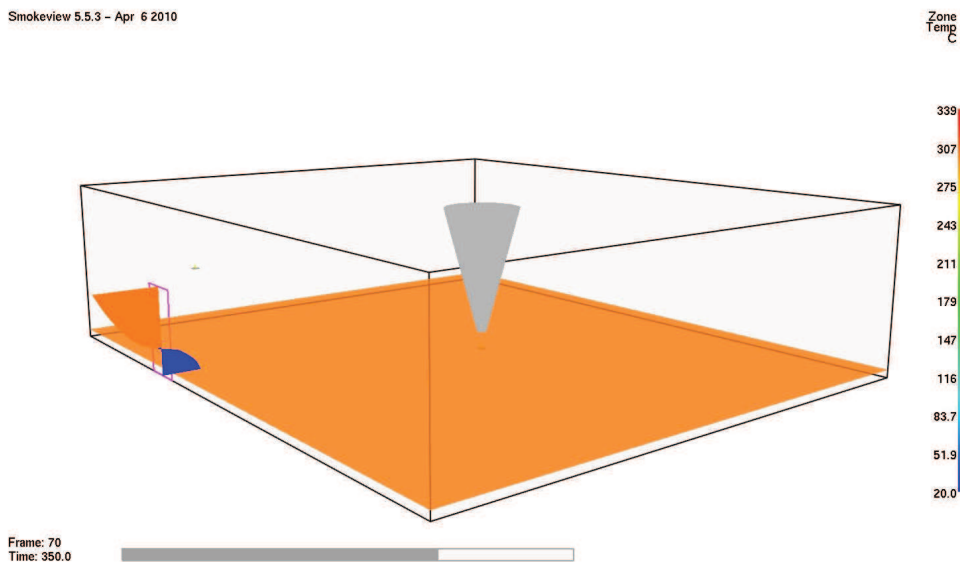
The screenshot shows the 'MC_RandomNumbers' spreadsheet. It contains the following data:

Monte Carlo Input Sheet: Random number generation			PFS: Probabilistic Fire Simulator v4.0												
VTT Technical Research Centre of Finland															
1	Give the distribution type and its parameters, the generated random numbers will appear on the column 'Value'.														
2	Put here all the inputs, whose correlations with the outputs are needed														
3															
4															
5	Number of MC iterations	3	Current (max 15)												
6	Number of Random Variables	2	Last (max 9)												
7	Max no of parameters	2	Parameters												
8		Distribution	iParam	Last	1	2	3	4	5	6	7	8	Average	Std dev	ITMMC
9	lgrowth	Normal	2	261.7073	225.00	45.00							223.0134	43.00632	
10	hrmax	Normal	2	2596.428	2500.00	500.00							2331.497	1368.317	
11		User 104													
12		Uniform													
13		Uniform													
14		Uniform													
15		Triangular													
16		Uniform													
17		Triangular													
18		Uniform													
19		Uniform													
20		Triangular													
21		Truncated Normal													
22		Normal													
23		Uniform													
24															24

Rys. 5. Zakładka MC_RandomNumbers programu PFS (arkusz kalkulacyjny programu Microsoft Office Excel)
 Źródło: Opracowanie własne.

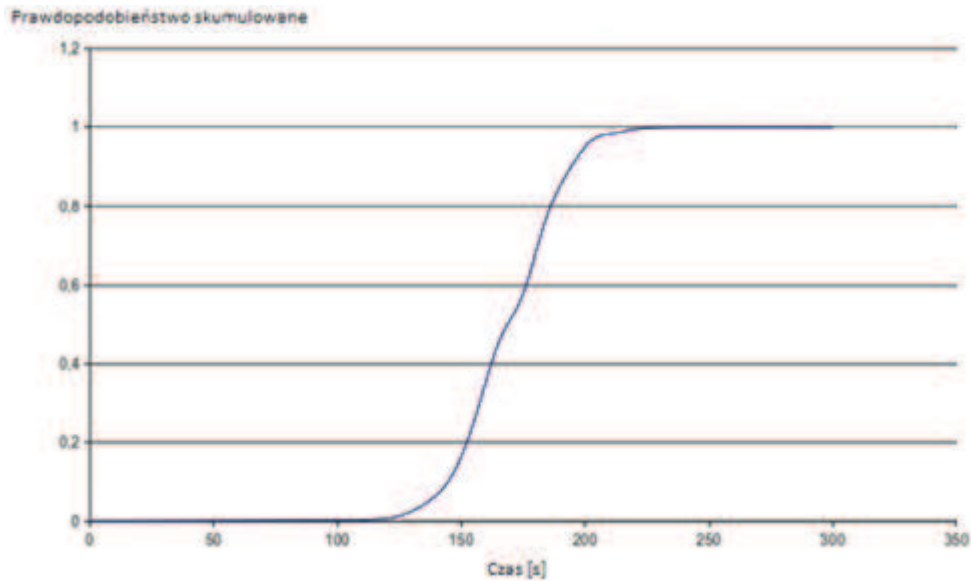
Korzystając z dostępnych opcji programu, powyższe dane wprowadzono jako rozkłady normalne. Rys. 5 przedstawia jedną z zakładkę programu PFS (arkusz kalkulacyjny programu *Microsoft Office Excel*), na której można określić rozkłady jakie charakteryzują poszczególne parametry wejściowe symulacji.

Na rys. 6 przedstawiono jedną z wykonanych symulacji, dla pożaru rozwijającego się w rozpatrywanym pomieszczeniu. Kolorem pomarańczowym zaznaczona jest płaszczyzna łącząca punkty o jednakowej wartości temperatury, po 350 sekundach od momentu powstania pożaru. Kolorem szarym jest zobrazowana kolumna konwekcyjna tworząca się nad strefą spalania. Ponadto z rysunku można odczytać miejsce dopływu zimnego powietrza oraz wypływu gorących gazów pożarowych przez drzwi w pomieszczeniu.



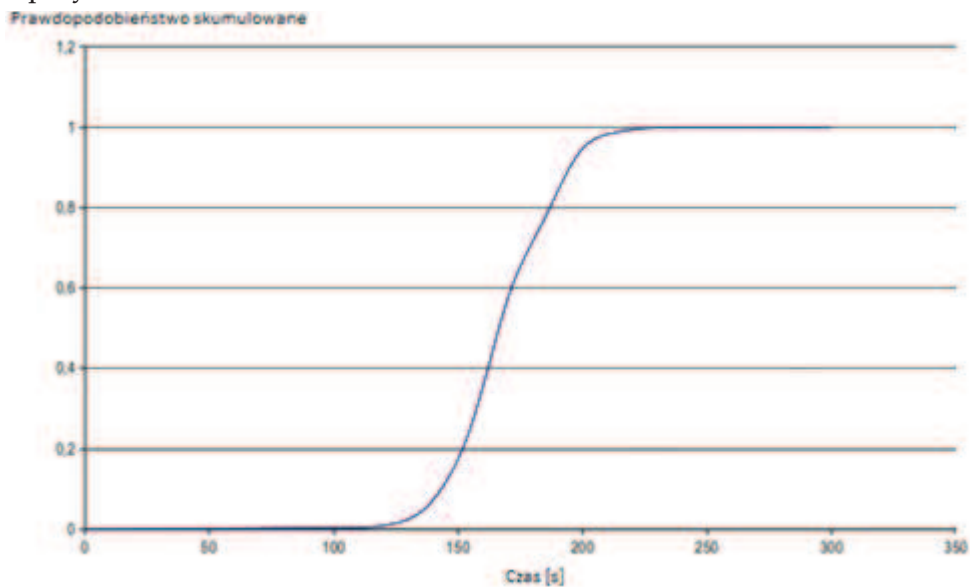
Rys. 6. Symulacja rozwoju pożaru przy wykorzystaniu programu CFAST
Źródło: Opracowanie własne.

W czasie przeprowadzania analizy zostało wykonanych 1000 symulacji. Wyniki otrzymano jako prawdopodobieństwa skumulowane i przedstawiono poniżej wykresami w postaci dystrybuant.



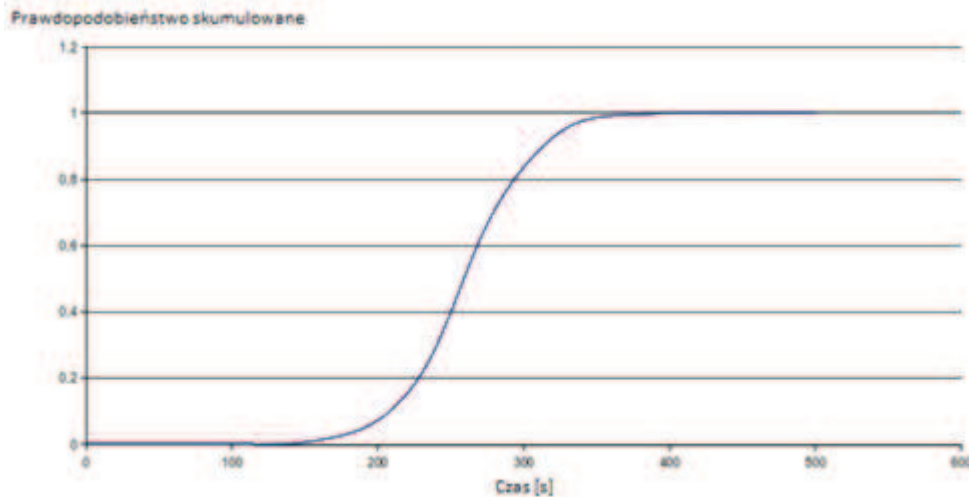
Rys. 7. Zmiana prawdopodobieństwa obniżenia warstwy dymu poniżej 1,8 metra jako funkcji upływu czasu
Źródło: Opracowanie własne.

Z powyższego wykresu możemy odczytać, że np. po około 175 sekundach prawdopodobieństwo obniżenia warstwy dymu poniżej 1,8 metra wyniesie w przybliżeniu 50%.



Rys. 8. Zmiana prawdopodobieństwa przekroczenia temperatury 60°C na wysokości 1,8 metra jako funkcji upływu czasu
Źródło: Opracowanie własne.

Powyższa zależność wykazuje, że po przekroczeniu 200 sekund od momentu powstania pożaru, prawdopodobieństwo wystąpienia temperatury 60°C na wysokości 1,8 metra, jest bliskie 100%.



Rys. 9. Zmiana prawdopodobieństwa przekroczenia gęstości strumienia promieniowania z pożaru powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ w funkcji upływu czasu
Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawiony powyżej wykres pokazuje, że gęstość strumienia promieniowania przekroczy wartość $2,5 \text{ kW/m}^2$ z prawdopodobieństwem 1% po około 150 sekundach, 60% po 265 sekundach, a po 395 sekundach bliskie jest 100%.

4. PODSUMOWANIE

Nowoczesne sposoby szacowania ryzyka pożarowego mogą stanowić dopełnienie jakościowej oceny ryzyka wykonywanej zawsze podczas odbiorów budynków przez wydziały kontrolno-rozpoznawcze komend PSP oraz w kontrolach przeprowadzanych przez zakłady ubezpieczeń. Dlatego metody inżynierskie można wykorzystywać jako narzędzia wspomagające w ochronie przeciwpożarowej (np. przy doborze rozwiązań zamiennych). Możliwości zastosowania oraz korzyści z tego typu podejścia do prognozowania ryzyka pożarowego, zostały w pewnym stopniu przedstawione w przykładzie symulacji opisanej w niniejszym artykule.

W wielu krajach już dawno stwierdzono, że analizy inżynierskie mają na ogół charakter zbyt deterministyczny, wykonywane są dla bardzo ograni-

czonej grupy parametrów wejściowych. W związku z tym doradza się przeprowadzanie obliczeń dla różnych danych wejściowych. Niestety takie podejście okazuje się często niepraktyczne i jest przez inżynierów odrzucane. Tymczasem rezultat w postaci oczekiwanego rozkładu statystycznego danej wartości jest wynikiem najlepiej opisującym ryzyko i zagrożenie życia ludzi. Warto wspomnieć, że w Nowej Zelandii trwają prace nad zaadaptowaniem programu strefowego **BRANZFIRE** do obliczeń wielokrotnych, dzięki którym możliwe byłoby otrzymanie wyników w postaci rozkładu statystycznego. W środowisku związanym z ochroną przeciwpożarową, podejmowane są również dyskusje na temat możliwości formułowania kryteriów akceptacji w nowoczesnych przepisach przeciwpożarowych. Kryterium mogłoby np. stanowić, że warstwa dymu nie może opadać poniżej zadanej wartości 95% przypadków pożarów.

Analiza ryzyka jest kompleksowym podejściem, które pozwala na badanie wszystkich rodzajów pożarów, mogących wskazać błędy w projekcie danego obiektu. Dostarcza informacji na temat prawdopodobieństwa i skutków związanych z każdym rozpatrywanym scenariuszem. Ocena ryzyka pożarowego w budynkach to złożony temat, dlatego trzeba pamiętać aby zaangażować w ten proces wszystkich zainteresowanych (projektantów, inwestorów, użytkowników, państwowe organy kontrolne itd.). Należy przy tym starannie rozważyć wybór metody oceny ryzyka oraz narzędzi, by następnie znaleźć najbardziej odpowiednie rozwiązania. Obecnie coraz więcej ośrodków naukowych oraz dużych firm podejmuje próby opracowania narzędzia wspomagającego proces szacowania ryzyka pożarowego. Jednym z takich programów jest *Probabilistic Fire Simulator*, który pozwala na przeprowadzanie symulacji pożaru, z wykorzystaniem metody *Monte Carlo*.

Oczywiście podstawą konstruowania tego typu analiz są dane ze zdarzeń, które miały miejsce w przeszłości. Jakość oraz pochodzenie danych statystycznych ma zasadnicze znaczenie dla wyników symulacji oraz wniosków końcowych. Z uwagi na powyższe należy podkreślić konieczność gromadzenia danych z pożarów w sposób umożliwiający ich zastosowanie w modelowaniu probabilistycznym. Doskonałym narzędziem wspomagającym gromadzenie informacji, jest komputerowy system opracowywania meldunków z akcji ratowniczo-gaśniczych. Stosowany przez Państwową Straż Pożarną system, powinien być udoskonalany tak, aby ułatwić przetwarzanie danych na potrzeby np. tworzenia rozkładów prawdopodobieństwa z określonych zdarzeń, które występują w trakcie trwania pożaru.

PIŚMIENNICTWO

- [1] NIST Engineering Laboratory, Fire Growth and Smoke Transport Modeling with CFAST. http://www.nist.gov/el/fire_research/cfast.cfm. Dostęp 1.07.2011.
- [2] National Institute of Standards and Technology. <http://www.nist.gov/index.html>. Dostęp 1.07.2011.
- [3] Morente F., De la Quintana J.: Oprogramowanie dla inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, część 4 materiałów konferencyjnych DIFISEK. Poznań 2008.
- [4] Konecki M.: Wykłady z przedmiotu modelowanie pożarów, materiały dydaktyczne dla studiów magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, Warszawa 2010.
- [5] Hostikka S., Keski-Rahkonen O., Korhonen T.: Probabilistic Fire Simulator Theory and User's Manual for Version 1.2. VTT Publications 503, Espoo 2003.
- [6] Hostikka S.: Development of fire simulation models for radiative heat transfer and probabilistic risk assessment. VTT Publications 683, Espoo 2008.
- [7] Holborn P.G., Nolan P.F., Golt J.: An analysis of fire sizes, fire growth rates and times between events using data from fire investigations. Fire Safety Journal 39 (2004), s. 481-524.

SUMMARY

mł. kpt. mgr inż. Mateusz FLISZKIEWICZ

mł. kpt. mgr inż. Andrzej KRAUZE

dr hab. inż. Tadeusz MACIAK

PROBABILISTIC MODELING FOR ESTIMATING THE RISK OF FIRE

Building fire risk analysis is a complex subject. It is important to remember that when embarking on a building fire risk analysis effort, one should take care to identify and involve the interested and affected stakeholders, carefully consider the range of risk issues involved, and seek the most appropriate approaches, tools, methods, and data for the problem.