



„Skutki oddziaływania wiatru na pożary budynków w wieloparametrycznej ocenie ryzyka z wykorzystaniem metod numerycznych”

(Wind effects on building fires in a multiparametric risk assessment with numerical modeling”)

Projekt samodzielny ITB finansowany w ramach konkursu „OPUS-19” przez **Narodowe Centrum Nauki w Krakowie** na podstawie umowy o realizację i finansowanie projektu badawczego nr **UMO-2020/37/B/ST8/03839**

Kierownik projektu: dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński, prof. ITB

Okres realizacji projektu: 17.02.2021 r. – 16.11.2023 r.

Całkowita wartość projektu: 601 920 zł.

Strategiczny cel projektu: Głównym celem projektu jest określenie wpływu wiatru na przebieg pożarów w budynkach poprzez obiektywną, wieloparametryczną, jakościową i ilościową ocenę zagrożenia pożarowego z wykorzystaniem modelowania numerycznego.

W ramach projektu zaplanowano następujące działania:

1. Opracowanie reprezentatywnych scenariuszy pożarowych i wiatrowych
2. Przygotowanie i walidację modeli numerycznych oraz analizy wrażliwości
3. Sprzężone analizy numeryczne oddziaływania wiatru i ognia
4. Ocenę ryzyka w odniesieniu do bezpieczeństwa użytkowników, majątku i środowiska

Do osiągnięcia **głównego celu projektu** wykorzystamy metody projektowania eksperymentów (**DoE**), aby wybrać reprezentatywne scenariusze rozwoju wiatru i pożarów, odnosząc je do historycznych danych pomiarów wiatru i modelowania drzew zdarzeń / konsekwencji dla pożarów.

Towarzyszyć im będzie komputerowe modelowanie procesu ewakuacji mieszkańców w celu określenia liczby osób zagrożonych. Dla scenariuszy zidentyfikowanych w pierwszym kroku wykonamy przejściowe obliczenia Computational Fluid Dynamics (**CFD**) z wykorzystaniem **ANSYS Fluent**. Obliczenia CFD będą obejmowały przejściowy rozwój pożarów i oddziaływanie wiatru na budynek położony w krajobrazie podmiejskim. Model CFD zostanie poddany walidacji z wykorzystaniem eksperymentów w **tunelu aerodynamicznym** na pomniejszonym modelu środowiska miejskiego. Wynikiem symulacji CFD będą m.in.: pola temperatur, masowa gęstość dymu oraz stężenia toksycznych zanieczyszczeń.

Rezultaty Projektu:

Wyniki zostaną wykorzystane do obliczenia czasu dostępnego do ewakuacji i ułamkowych dawek skutecznych (**FED**), które zostaną następnie wykorzystane do sporządzenia **krzywej FN** wpływu wiatru na pożary. Istotnym wyzwaniem w projekcie jest określenie **scenariuszy**. W przypadku wiatru będziemy odnosić się do historycznych pomiarów przeprowadzonych w pewnym okresie, w określonym z góry położeniu geograficznym. Te dane statystyczne dostarczą informacji o średniej prędkości wiatru i rozkładzie kierunków, które zostaną następnie zmienione na trójwymiarowy, przejściowy profil wiatru za pomocą oprogramowania do przetwarzania końcowego. Scenariusze pożarów zostaną określone metodologią Bow-Tie, dostarczając nie tylko podstawowych deskryptorów pożaru (szybkość wydzielania się ciepła, wydzielanie sadzy, powierzchnia), ale także informacji na temat częstości ich występowania.

Pozwoli to **zmierzyć ryzyko** pożarów, a nie tylko ich konsekwencje. Podejście oparte na ryzyku umożliwi określenie, jaką prędkość wiatru można uznać za istotną dla bezpieczeństwa budynków. Może również pomóc w projektowaniu przyszłych eksperymentów pożarowych na dużą skalę. Projekt powinien również zakończyć się kompletną ramą zorientowaną na ryzyko dla modelowania sprzężonego z wiatrem i ogniem.

**Streszczenie popularnonaukowe:**

Wiatr wpływa na przebieg pożarów, wiemy to ponad wszelką wątpliwość. Wiatr był czynnikiem definiującym największe pożary w historii (Wielki Pożar Londynu, 1666; Wielki Pożar Kanto, 1921), czy współczesne pożary coraz częściej obecne w mediach – w Kalifornii (2017, 2019), Portugalii (2017), Grecji (2018) czy w Polsce – Biebrzański Park Narodowy (2020).

Chociaż rozumiemy, że wiatr ma wpływ na przebieg pożaru, nie jesteśmy w stanie precyzyjnie określić „jaki wiatr jest niebezpieczny?” czy „jak duży jest ten wpływ?”. Problem ten staje się ewidentny w przypadku pożarów w budynkach. Obiekty budowlane, dzięki swoim ścianom i dachom, zapewniają pożarom osłonę przed działaniem czynników zewnętrznych. Te same przegrody budowlane ograniczają też – niestety – rozprzestrzenianie się dymu i ciepła do obszaru, w którym przebywają ludzie. Jesteśmy tego świadomi i projektujemy nasze budynki tak, aby nas chroniły. Wyposażamy je w detektory, będące w stanie wykryć zagrożenie, gdy jest jeszcze małe, oraz potężne systemy wentylacji, aby usuwać dym. W wietrzny dzień ich działanie może być jednak odmienne od oczekiwanego.

Wiatr powoduje powstanie rozkładu ciśnienia na obudowie obiektu – siły, która może napierać na ściany i dach lub odciągać je od budynku. Wiemy, że siła ta może być potężna – może zrywać dachówki lub przewracać mniej stabilne konstrukcje. Silny wiatr budzi grozę, choć w przypadku płonącego obiektu, aby wyrządzić nam krzywdę, wiatr nie musi być huraganem. Niestety, analizując obecny stan wiedzy, nie wiemy jaką musi mieć siłę, aby wpłynąć na przebieg pożaru... Wiemy, że przy pewnych kierunkach i sile wiatru przepływ w budynku może przybrać kierunek odwrotny do przepływu, który wywołuje pożar. W tym scenariuszu najtrudniej jest odprowadzić produkty spalania w bezpieczny sposób. Wiemy także, że w niektórych przypadkach, w których zaobserwowano ten efekt, prędkość wiatru wynosiła zaledwie 2,50 m/s (9 km/h). To prędkość, którą żeglarze określiliby mianem bryzy. Wiemy także, że im wyższa prędkość wiatru, tym większa szansa, że wiatr pokrzyżuje nasze założenia związane z odprowadzaniem dymu i ciepła. Nie wiemy, kiedy dokładnie to się stanie, ani w jaki sposób. Jest to dla nas powodem poważnych zmartwień, wszak ponad 60% pożarów, które zakończyły się tragicznie, miało miejsce w warunkach oddziaływania wiatru.

Nasz brak wiedzy nie wynika z niedostatku pytań, ale raczej z trudności związanych z uzyskaniem dobrych odpowiedzi. Jednoczesne badanie wiatru i pożarów jest wyjątkowo trudne. Wielkie eksperymenty pożarowe (kontrolowane pożary całych budynków) prowadzi się w takich warunkach pogodowych, jakie zastaniemy w chwili zapłonu. Pogoda nie pyta nas o zdanie. Co prawda, jesteśmy w stanie kontrolować warunki otoczenia, przenosząc eksperymenty do tuneli wiatrowych - w tym wypadku tracimy jednak możliwość badania ognia. Makiety obiektów budowlanych w badaniach nad wiatrem są po prostu zbyt małe, aby można było wytworzyć w nich realistyczne pożary. Ponieważ eksperymenty nie przybliżają nas do odpowiedzi, nasz wzrok kierujemy w stronę modelowania komputerowego z wykorzystaniem metody CFD (ang. Computational Fluid Dynamics). Symulacje te nie należą do tanich ani prostych, ale pozwalają uchwycić charakterystyczny przebieg pożaru i wiatru jednocześnie. Opis zasad tego modelowania to wyzwanie, któremu poświęciłem trzy ostatnie lata mojej kariery naukowej.

Mamy już narzędzie, a zatem brakującym elementem są założenia do naszych modeli. Jak mówimy w świecie symulacji, dostaniesz to, co włożyłeś do modelu (niektórzy mówią dosłownie „włóżysz śmieci, wyjmiesz śmieci”). Aby uzyskać sensowne wyniki, które pozwolą nam określić, jak często wiatr może być problemem dla płonących budynków, musimy zrozumieć statystykę wiatru i pożarów. Dysponujemy gęstą siecią stacji meteo zapisujących dane pogodowe od ponad 50 lat, więc aby poznać



warunki w danym miejscu i czasie, wystarczy zadać odpowiednie pytanie. W odniesieniu do pożarów, musimy zidentyfikować prawdopodobieństwo poszczególnych zdarzeń prowadzących do jego rozwoju.

Mając wszystkie elementy układanki (narzędzie, scenariusze wiatrowe i pożarowe), możemy wykorzystać metody oceny ryzyka w szacowaniu wpływu wiatru na przebieg i skutki pożarów w budynkach. W końcu uzyskamy precyzyjną wiedzę, jak duży jest ten problem i przy jakich prędkościach wiatru występuje. Pozwoli to na lepsze przygotowanie się na pożary w warunkach wiatru, projektowanie bezpieczniejszych budowli czy lepsze planowanie eksperymentów. Projekt zakończy się podaniem kompletnej metodologii prowadzenia badań, gotowej do użycia przez wszystkich naukowców o podobnych rozterkach.

Po zakończeniu projektu, wiatr wciąż będzie wpływał na pożary w budynkach. My natomiast będziemy wiedzieli, w jaki sposób.