

Bezpieczna ewakuacja użytkowników hal pneumatycznych

Safe evacuation of users of air domes

DOI: 10.15199/33.2022.08.10

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z bezpieczną ewakuacją użytkowników hal pneumatycznych. Zaprezentowano scenariusze przykładowych prób in situ oraz komputerowych symulacji ewakuacji, a także wnioski dotyczące wpływu szerokości drzwi ewakuacyjnych na proces ewakuacji użytkowników hal.

Słowa kluczowe: hale pneumatyczne; ewakuacja; bezpieczeństwo pożarowe; obiekty tymczasowe; zawalenie się hali pneumatycznej.

Abstract. The article presents issues related to the safe evacuation of users of air domes. The scenarios of exemplary in-situ tests and computer simulations of evacuation were presented. Moreover, conclusions were presented concerning the influence of the width of the emergency exit doors on the evacuation process of hall users.

Keywords: air halls; evacuation; fire safety; temporary objects; collapsed air dome.

W ostatnich latach w naszym kraju obserwuje się dynamiczny wzrost zainteresowania montażem tymczasowych hal pneumatycznych o bardzo szerokim przeznaczeniu (zadania boisk sportowych, kortów tenisowych, basenów, magazynów itp.). Co więcej, istnieje trend sezonowego przekrywania tzw. Orlików za pomocą powłok pneumatycznych, których są tysiące w całym kraju. Zalety hal pneumatycznych doceniane są również bardzo często za granicą [1]. Zazwyczaj różnią się one wymiarami, ale przede wszystkim sposobem wykonania, m.in. liczbą powłok (np. nośna, izolacyjna, ochronna), rodzajem kotwienia do podłoża, systemem grzewczo-nadmuchowym, instalacją oświetleniową. Zdecydowaną zaletą takich hal jest szybkość montażu, która zazwyczaj nie trwa dłużej niż 1–2 dni.

W międzynarodowej literaturze problematyka awarii konstrukcji samonośnych nie była poruszana tak często, jak konstrukcji tradycyjnych. S. Xue [2] przeprowadził badania hali pneumatycznej mające na celu określenie szczegółowego przebiegu procesu opadania powłoki hali. W badaniach tych uwzględniono parametry wpływające na zawalenie się konstrukcji hali, takie jak: ciśnienie początkowe; powierzchnia przecieku oraz obecność lin stalowych utrzymujących powłokę. Wykazały one, że początkowe ciśnienie ma minimalny wpływ na zawalenie się konstrukcji, podczas gdy nadmierna ilość lin stalowych przyspiesza proces opadania powłoki hali. Zagadnienia dotyczące ewakuacji ludzi z hali ograniczono w głównej mierze jedynie do wysokości powłoki umożliwiającej sprawną ewakuację przez dedykowane wyjście ewakuacyjne. Możliwość symulacji opadania powłoki hali pneumatycznej wraz z przewidywanym czasem opadania przedstawiono w [3]. Wymienione analizy skupiają się jednak na samym przebiegu potencjalnej awarii bez uwzględnienia jednoczesnego modelowania procesu ewakuacji oraz awarii hali. W [4] poruszono natomiast dwa czynniki, które

determinują proces ewakuacji w przypadku opadania powłoki hali, a mianowicie zachowanie stadne spowodowane paniką wśród tłumu oraz zmienność prędkości poruszania się. Użyte wyniki pokazały, że **największą skuteczność procesu ewakuacji uzyskuje się w przypadku małej gęstości zaludnienia**. Jest to bezpośrednio związane z liczbą osób znajdujących się w hali, jej powierzchnią oraz liczbą i szerokością dostępnych wyjść ewakuacyjnych. Nie ma jednak analiz oraz badań nad wpływem liczby otwartych drzwi w trakcie awarii na dostępny czas bezpiecznej ewakuacji.

Wymagania

Hale pneumatyczne to specyficzny rodzaj obiektów budowlanych, które bardzo często klasyfikowane są jako obiekty tymczasowe i wznoszone bez pozwolenia na budowę (np. hala postawiona w okresie jesienno-wiosennym w celu zadania boiska sportowego). Warunki techniczne [5] określają jedynie podstawowe wymagania, jakie powinno spełnić pomieszczenie produkcyjno-magazynowe (PM, Q_d do 1000 MJ/m²) z obudową pneumatyczną oraz pomieszczenie przeznaczone do celów widowiskowych, wystawowych, rekreacyjnych lub sportowych. W przypadku tego drugiego rodzaju pomieszczeń z założenia może przebywać w nich więcej osób, a ich ewentualna ewakuacja będzie dłuższa niż w przypadku pomieszczeń typu PM. Ze względu na warunki ewakuacji dla tych pomieszczeń obowiązują następujące wymagania określone w § 287-289 [5], które należy spełnić:

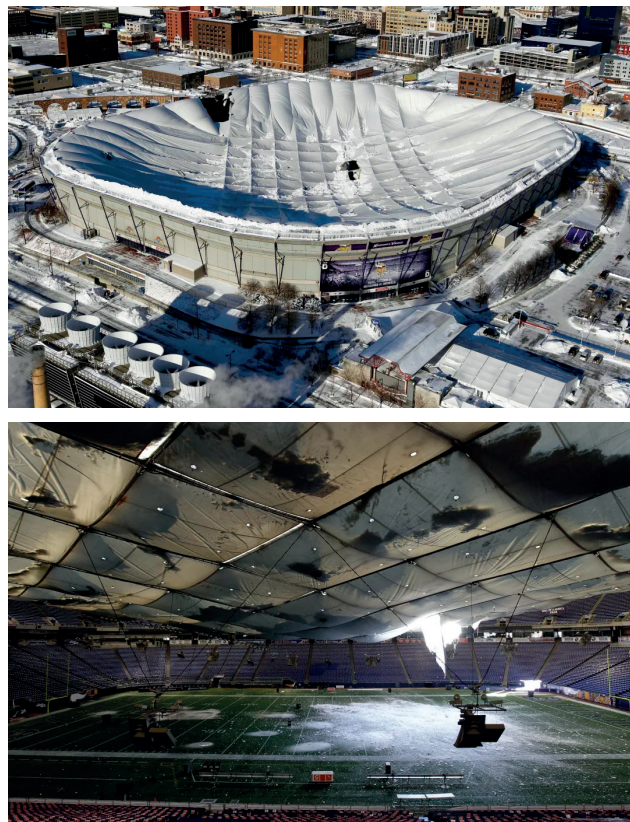
- powłoka z materiału co najmniej trudno zapalnego;
- odpowiednia liczba i wymiar wyjść, dojść i przejść ewakuacyjnych (wyjścia ewakuacyjne rozmieszczone możliwie równomiernie na obwodzie);
- oznakowanie wyjść ewakuacyjnych;
- oświetlenie awaryjne;
- konstrukcje umieszczone wewnątrz lub na zewnątrz budynku do awaryjnego podwieszenia powłoki pneumatycznej;
- awaryjne urządzenie do utrzymania ciśnienia w powłoce oraz awaryjna wentylacja mechaniczna do wymiany powietrza (zasilane z niezależnego źródła energii).

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniwych;
 e-mail: p.antosiewicz@itb.pl

Zgodnie z zagranicznym standardem ASCE 17-96 [6], obiekty o konstrukcji pneumatycznej nie zapewnią bezpiecznej ewakuacji, jeśli w ciągu 20 min ich powłoka spadnie poniżej średniej wysokości 2,1 m (przede wszystkim w pobliżu wyjść ewakuacyjnych). Takiego wymagania nie ma jednak w krajowych przepisach.

Niezwykle ważnym elementem hali pneumatycznej jest **automatyczny system awaryjny**, który w przypadku sytuacji awaryjnej (np. brak zasilania podstawowego, rozszczelnienie powłoki, awaria dmuchawy) będzie w stanie utrzymać ciśnienie hali na poziomie umożliwiającym bezpieczne jej opuszczenie przez użytkowników w wymaganym czasie. System ten powinien być połączony z czujnikami (-kami) i przy niskim ciśnieniu hali załączyć awaryjny, niezależny wentylator. W przypadku obniżenia się nadciśnienia wewnątrz hali z dowolnego powodu, system awaryjny powinien uruchomić się automatycznie i dopompować odpowiednią ilość powietrza, aby utrzymać w hali zawsze stałe zadane nadciśnienie, zapewniające bezpieczeństwo użytkownikom. W przypadku, gdy system awaryjny nie zapewnia 100% wartości nominalnej podstawowego systemu nadmuchowego, wówczas dobrą praktyką jest zainstalowanie dodatkowego sygnalizatora akustyczno-optycznego oraz tablicy świetlnej z informacją o konieczności opuszczenia hali ze względu na niebezpieczeństwo. Warto zwrócić uwagę, że już przy ok. 85% (w zależności od typu hali) wartości ciśnienia nominalnego hali staje się ona niestabilna (np. opada powłoka wraz z podwieszonym oświetleniem) i przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych (opady, silne wiatry) może dochodzić do niebezpiecznych sytuacji, zagrażających życiu przebywających tam osób. Wówczas powinna zostać zarządzona ewakuacja użytkowników hali.

Spadek ciśnienia może być również spowodowany jednoczesnym otwarciem wszystkich wyjść ewakuacyjnych lub rozerwaniem/uszkodzeniem powłoki samej hali. Pierwszy przypadek jest oczywisty, natomiast w przypadku drugiego w pierwszej fazie spadku ciśnienia może ono być niezauważalne dla użytkowników i obsługi obiektu. Z tego powodu bardzo ważne jest stałe monitorowanie ciśnienia w hali oraz informacja akustyczno-optyczna lub informacja słowna od obsługi o konieczności ewakuacji. W literaturze i doniesieniach medialnych można znaleźć przykłady awarii lub katastrof budowlanych hal pneumatycznych, podczas których nastąpił spadek ciśnienia w hali oraz opadanie powłoki [7]. Najczęstszą przyczyną jest zalegający śnieg lub porywiste podmuchy wiatru. Do najbardziej spektakularnych katastrof należy zawalenie się zadaszenia stadionu Metrodome w Minneapolis, wykonanego w postaci obudowy pneumatycznej (fotografia 1). Intensywne opady śniegu połączone z silnym wiatrem, w nocy z 10 na 11 grudnia 2010 roku, spowodowały załamanie się i pęknięcia w dachu [8]. Zdarzyło się to na kilka godzin przed zaplanowanym ważnym meczem na tym obiekcie. W przypadku, gdy hala ma konstrukcję do awaryjnego podwieszenia powłoki pneumatycznej (co jest wymagane przepisami), wówczas „dach” hali z podwieszonymi elementami np. instalacji oświetleniowej nie spadnie swobodnie na użytkowników i nie odetnie im



Fot. 1. Widok zawalonego zadaszenia stadionu Metrodome

[źródło: <https://www.vikings.com/news/longform/metrodome-roof-collapse-2010-aftermath>]

Fig. 1. View of the collapsed roof of the Metrodome stadium

możliwości ewakuacji. W praktyce wygląda to tak, że najbardziej popularne są jednak hale bez wspomnianej konstrukcji, m.in. ze względu na możliwość ich szybkiego montażu we wskazanym miejscu.

Wpływ szerokości drzwi ewakuacyjnych na proces ewakuacji

Zgodnie z przepisami szerokość (w świetle) drzwi ewakuacyjnych należy obliczać proporcjonalnie do liczby osób, do których ewakuacji są one przeznaczone. Należy przyjąć co najmniej 0,6 m szerokości na 100 osób (nie mniej jednak niż 0,9 m). Im większa szerokość oraz liczba równomiernie rozmieszczonych drzwi ewakuacyjnych, tym proces ewakuacji przebiega sprawniej i szybciej. Tak jest również w przypadku hal pneumatycznych, ale jednak należy również zwrócić szczególną uwagę na zależność warunków ewakuacji od wartości ciśnienia – im większa szerokość/liczba otwartych drzwi ewakuacyjnych (powierzchnia nieszczelności), tym szybszy spadek nadciśnienia w hali. **Z punktu widzenia utrzymania odpowiedniej wartości ciśnienia korzystniejsza wydaje się zatem ewakuacja przez jedno wyjście ewakuacyjne, co wydłuży czas ewakuacji, ale odpowiedni (zazwyczaj bezpieczny) poziom ciśnienia będzie utrzymywał się znacznie dłużej.** Czy w przypadku hal pneumatycznych należy stosować inne standardy dotyczące szerokości drzwi ewakuacyjnych? Wspomniane wcześniej warunki techniczne jasno określają wymagania podstawowe, które należy spełnić.

Próby obiektowe a symulacja ewakuacji

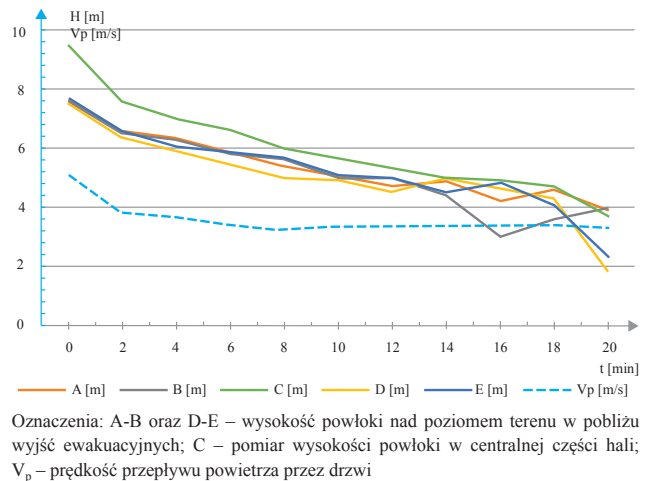
W przypadku hal bez konstrukcji do awaryjnego podwieszenia powłoki pneumatycznej praktykuje się potwierdzenie ich zdolności do zapewnienia warunków bezpiecznej ewakuacji. W tym celu wykonywane są próby obiektowe (fotografia 2), które mają za zadanie określenie wartości dostępnego czasu ewakuacji (DCBE). Próby te polegają na weryfikacji różnych scenariuszy, możliwych zdarzeń awaryjnych hali wraz z jej infrastrukturą, takich jak np.:

- jednoczesne otwarcie wszystkich wyjść ewakuacyjnych;
- awaria głównego zespołu nadmuchowego oraz jednoczesne otwarcie wszystkich wyjść ewakuacyjnych;
- uszkodzenie głównego zespołu nadmuchowego;
- uszkodzenie głównego oraz awaryjnego zespołu nadmuchowego.



Fot. 2. Widok opadającej powłoki hali podczas jednej z prób: a) początkowy; b) po 15 minutach próby [opracowanie własne]
Fig. 2. View of the falling shell of the hall during one of the tests: a) initial; b) after 15 minutes of the test

Obserwacji podlegają takie parametry, jak: wysokość powłoki (szczególnie w odniesieniu do otoczenia wyjść ewakuacyjnych), ciśnienie wewnątrz hali oraz prędkość przepływu powietrza przez drzwi. Z próby sporządza się również dokumentację fotograficzną obrazującą poszczególne etapy opadania hali. Na rysunku 1 przedstawiono wybrane parametry zmierzone podczas próby obiektowej. Próby takie pozwalają zobrazować rzeczywisty czas opadania powłoki hali oraz poprawność działania systemów awaryjnych przy założonych scenariuszach. Próby odbywają się w normalnych warunkach otoczenia, czyli przy umiarkowanym wietrze oraz bez obec-



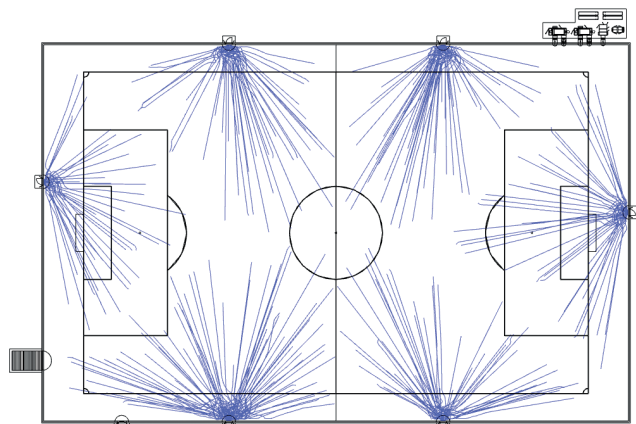
Rys. 1. Przykładowe zmierzone parametry w funkcji czasu podczas próby obiektowej [opracowanie własne]

Fig. 1. Examples of measured parameters as a function of time during an object test

ności opadów atmosferycznych. W przypadku silnych wiatrów oraz silnych opadów (np. śniegu) obiekt powinien być wówczas czasowo wyłączony z użytkowania.

Na podstawie omówionych prób zostaje określony dostępny **czas bezpiecznej ewakuacji DCBE** (ang. ASET – Available Safety Egress Time), czyli **czas od momentu powstania zagrożenia do momentu przekroczenia parametrów krytycznych** (braku możliwości ewakuacji z hali). Otrzymaną wartość porównuje się z **wymaganym czasem bezpiecznej ewakuacji WCBE** (z ang. RSET – Required Safe Escape Time), czyli czasem pomiędzy zainicjowaniem zagrożenia a czasem, w którym użytkownicy są w stanie bezpiecznie ewakuować się z obiektu (utrzymanie powłoki hali na wysokości, która nie zagraża użytkownikom obiektu). Parametr ten należy wyznaczyć za pomocą komputerowej symulacji ewakuacji z użyciem jednego z kilku dostępnych programów. Jednym z takich narzędzi jest program Pathfinder, który umożliwia prowadzenie obliczeń procesu ewakuacji osób z uwzględnieniem rzeczywistego układu architektonicznego budynku oraz wykorzystaniem zaawansowanych algorytmów opisujących zachowanie osób, które się ewakuują. Program ten przeszedł pozytywną weryfikację otrzymanych czasów, wykonaną m.in. przez niezależny Instytut NIST (National Institute of Standards and Technology) [9]. Wyniki osiągnięte przez ten program były bardzo zbliżone do pomiarów uzyskanych podczas rzeczywistych ewakuacji. W odniesieniu do czasu WCBE zakłada się, że ewakuacja uczestników rozpocznie się niezwłocznie po wystąpieniu sytuacji awaryjnej. Rysunek 2 przedstawia przykładową symulację ewakuacji hali pneumatycznej zawierającej 6 wyjść ewakuacyjnych.

W zależności od złożoności zabudowy obiektu (w tym liczby i rozmieszczenia wyjść ewakuacyjnych), przyjętego systemu wczesnego alarmowania (np. czujnik ciśnienia + sygnalizacja akustyczno-optyczna), jakości systemu zarządzania budynkiem (przeszkolony personel) oraz maksymalnej liczby osób w hali możemy wyznaczyć sumaryczny czas ewakuacji zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, np. dokumentem

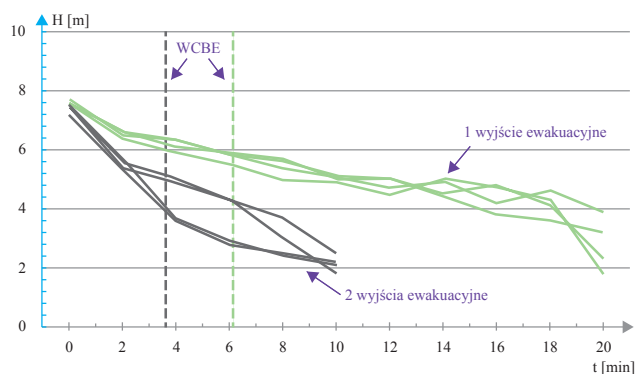


Rys. 2. Przykładowa symulacja ewakuacji wykonana w programie Pathfinder dla 300 osób i powierzchni hali ~1100 m² [opracowanie własne]

Fig. 2. An example of an evacuation simulation made in Pathfinder for 300 people and a hall area of ~1100 m²

PD 7974-6:2019 [10]. Czas ten składa się z następujących składowych: czas detekcji i alarmowania; czas rozpoznania i reakcji; czas przejścia oraz margines bezpieczeństwa (uwzględniający niejednorodność procesu ewakuacji, obecność użytkowników odbiegających od przyjętych w analizie oraz obecność osób niepełnosprawnych [11]). Otrzymaną wartość należy porównać z czasem wyznaczonym na podstawie próby obiektowej. Jeśli jest on znacznie dłuższy (przyjmuje się powszechnie dwukrotność), to uznaje się, że dana hala spełnia wymagania bezpieczeństwa pod względem ewakuacji osób pomimo braku konstrukcji do awaryjnego podwieszenia powłoki pneumatycznej, określonej w warunkach technicznych.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie wyników próby obiektowej w odniesieniu do wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji WCBE, wyznaczonego na podstawie symulacji komputerowej. Próby obiektowe wykonano przy założeniu, że dmuchawa główna działa prawidłowo, a nadciśnienie w hali utrzymuje się na poziomie nominalnym. Podczas pierwszej próby otwarto jedno wyjście ewakuacyjne, a podczas drugiej próby jednocześnie dwa wyjścia



Rys. 3. Porównanie czasu ewakuacji DCBE wyznaczonego na podstawie próby obiektowej z czasem WCBE wyznaczonym na podstawie symulacji komputerowej [opracowanie własne]

Fig. 3. Comparison of the DCBE evacuation time determined on the basis of the object test with the time of the WCBE determined on the basis of computer simulation

ewakuacyjne. Podczas prób w ustalonych odstępach czasu i punktach pomiarowych sprawdzano wysokość powłoki nad poziomem terenu.

Symulację ewakuacji wykonano w przypadku dwóch założonych scenariuszy – przez jedno dostępne wyjście ewakuacyjne lub przez dwa wyjścia. Pozostałe dane wejściowe do obliczeń czasu przejścia w symulacji komputerowej przedstawiono w tabeli. W związku z brakiem możliwości realnego oszacowania czasu, który upłynie od momentu spadku ciśnienia w hali od wartości nominalnej do poniżej 70% wartości nominalnej, czasu detekcji i alarmowania nie przyjmowano do dalszych obliczeń. Czas ten jest bezpośrednio uzależniony od budowy danej hali, aktualnej wartości nominalnej ciśnienia w hali oraz od warunków atmosferycznych na zewnątrz. W odniesieniu do dokumentu PD 7974-6, przykładową halę zakwalifikowano do następujących klas:

- system alarmowania – klasa A2 (pomimo braku instalacji SAP założono klasę A2 ze względu na konieczność montażu w obiekcie automatycznie uruchamianego sygnalizatora optyczno-akustycznego informującego użytkowników o zagrożeniu i konieczności natychmiastowej ewakuacji);
- złożoność budynku – klasa B1 (jednokondygnacyjny budynek, bez skomplikowanego układu dróg ewakuacyjnych);
- system zarządzania budynkiem – klasa M3 (minimalny poziom zarządzania bezpieczeństwem).

Dane wejściowe do obliczeń czasu przejścia w programie Pathfinder

Warunki symulacji ewakuacji (WCBE)	
Wymiar hali: ~60 m długości × 30 m szerokości*	
Szerokość drzwi ewakuacyjnych w świetle: 1,20 m*	
Szerokość modelu osoby	40 ÷ 60 cm
Wysokość modelu osoby	1,50 ÷ 1,83 m
Maksymalna prędkość przemieszczania się	1,19 ÷ 1,30 m/s
Liczba osób	300
Czas rozpoznania i reakcji	60 s
Opóźnienie ewakuacji pierwszych użytkowników	15 s
Bezwymiarowy współczynnik bezpieczeństwa Y	1,50
Rozmieszczenie osób	losowe
Wersja programu Pathfinder	2020.1.0219 ×64
Przeznaczenie obiektu	hala sportowa

* – parametr zgodny również w przypadku próby obiektowej

Podsumowanie

Obecny stan prawny nie uwzględnia praktycznego wykorzystania hal pneumatycznych. Brakuje wytycznych m.in. dotyczących sposobu wykonania systemów awaryjnych. Niezmiernie ważnym elementem (jak w przypadku każdego systemu bezpieczeństwa) jest również ich prawidłowy nadzór oraz okresowy serwis [12]. Nieliniowy proces opadania powłoki hal w zależności od wielu czynników (wiatru, wydajności dmuchawy awaryjnej, rozmieszczenia i liczby wyjść ewakuacyjnych) wymaga innego sposobu podejścia i analizy niż powszechnie przyjęty. Opracowywane powszechnie ekspertyzy naukowo-techniczne, dotyczące możliwości prowadzenia ewakuacji z takich hal w przypadku zaistnienia stanu awaryjnego (przerwanie powłoki, zanik zasilania, awaria

dmuchawy) zazwyczaj bazują na próbach opadania in situ, uzupełnianych o komputerowe symulacje ewakuacji ludzi z obiektu przy różnych założeniach. Z uwagi na brak możliwości całościowego poznania zagadnienia i zbadania mechanizmu awarii hali pneumatycznej w trakcie ekspertyzy, ekspertyzy te są zawężane do zagadnienia ewakuacji osób oraz rozwiązań techniczno-budowlanych wydłużających ten czas. Przeprowadzenie badań na reprezentatywnych obiektach różnego typu, ze szczególnym naciskiem na zebranie danych wewnątrz (przebieg opadania, odkształcenia) i na zewnątrz (warunki środowiska, w których następuje awaria) pozwala w sposób szerszy spojrzeć na przedmiotowe zagadnienie.

Obowiązujące wymagania techniczne dotyczące minimalnej szerokości i liczby wyjść ewakuacyjnych nie do końca mają zastosowanie w przypadku tego typu obiektów, co pokazują zaprezentowane przykłady. Problematyka związana z bezpieczeństwem hal pneumatycznych wymaga uporządkowania w przepisach krajowych oraz opracowania dodatkowych standardów, norm oraz instrukcji wykonania i odbiorów tego typu obiektów.

Literatura

- [1] Torsinga R, Oostermana K, Bakker J, Hinssenb M, Bosveld I, Huijsmans T. The Shaded Dome™: A smart, cool & adaptable facility for sport venues. *Procedia Engineering* 2016; 147: 848–853, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.292>.
- [2] Xue S, Yan F, Sun G. Deflation and collapse of air-supported membrane structures. *Thin-Walled Structures* 2021; 169: 108338, <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108338>.
- [3] Test Study and Numerical Simulation of Deflation Process of an Air-Supported Membrane Structure, *Advances in Structural Engineering*. 2015; 18(6):761-774 (2015), <https://www.doi.org/10.1260/1369-4332.18.6.761>.
- [4] Gao J, Gong J, Qing Q. Coupling evacuation model of air-supported membrane buildings subjected to air-leakage based on multi-velocity cellular automaton, *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2020; 108: 102257, <https://www.doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102257>.
- [5] 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 (Dz. U. z 9 czerwca 2022, poz. 1225).
- [6] ASCE. "Air-supported structures", ASCE 17-96. Standard American Society of Civil Engineers (1997).
- [7] Witek K. Wichura porwała balon piłkarski na Koncertowej. <https://www.haloursynow.pl/artykuly/wichura-porwala-balon-pilkarski-na-koncertowej-byl-zabezpieczony-przekonuje-klub,19374.htm> (data dostępu: 19-07-2022)
- [8] Wiegler L. Tearing into the Metrodome: Are Other Air-Pressurized Stadiums Unsafe and Outmoded?. *Scientific American*, 20-01-2011 <https://www.scientificamerican.com/article/tearing-metrodome-pressurized-stadiums-unsafe/> (data dostępu: 19-07-2022).
- [9] Pathfinder Verification and Validation (Version: 2021-3, Last Modified: 2021-09-01) <https://support.thunderheadeng.com/docs/pathfinder/2021-3/verification-validation/> (data dostępu: 18-07-2022).
- [10] PD 7974-6:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6).
- [11] Kielich E, Gromek P. Wpływ rodzaju niepełnosprawności na ryzyko ewakuacji w obliczu pożarów i innych miejscowych zagrożeń. *Zeszyty Naukowe SGSP*, nr 76: 157-175, <https://www.doi.org/10.5604/01.3001.0014.5983>.
- [12] Węgrzyński W, Antosiewicz P, Krajewski G. Automatyka pożarowa budynku w cyklu jego życia – metody weryfikacji działania, problemy z rozbudową systemów. *Budownictwo i Architektura*. 2016; 15(2): 37-42, https://www.doi.org/10.24358/Bud-Arch_16_152_05.

Przyjęto do druku: 25.07.2022 r.

XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i technologie energooszczędne – budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym”

XIX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Materiały i technologie energooszczędne – budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym” (XIX International Scientific-Technical Conference „Materials and Energy Saving Technologies – Constructions of Optimized Energy Potential”), organizowana przez Katedrę Inżynierii Procesów Budowlanych, Wydziału Budownictwa Politechniki Częstochowskiej, odbędzie się 16 – 18 listopada 2022 r. Patronat nad konferencją objął JM Rektor Politechniki Częstochowskiej, **prof. dr hab. inż. Norbert Szczygiół**, patronat medialny m.in. miesięcznik „Materiały Budowlane”, a partnerami konferencji są:

- Gruzjiński Uniwersytet Techniczny w Tbilisi (Gruzja);
- Uniwersytet w Żilinie (Słowacja);
- Komisja Ochrony Środowiska i Gospodarki Odpadami Polskiej Akademii Nauk O/Katowice.

Konferencja odbędzie się w formie hybrydowej. Podczas pierwszych dwóch dni zostaną zaprezentowane referaty, a w trzecim planowane jest zwiedzanie obiektów budowlanych.

Bloki tematyczne konferencji:

- Teoretyczne i metodyczne podstawy budownictwa energooszczędnego;
- Energooszczędna i energetycznie aktywna architektura;
- Konstrukcje budowlane, materiały i technologie energooszczędne;

- Audyty, certyfikacja energetyczna i termomodernizacja konstrukcji budowlanych;
 - Mikroklimat wnętrza, komfort cieplny człowieka w pomieszczeniach i zdrowie człowieka;
 - Akustyka miejska i budowlana;
 - Aerodynamika obszarów miejskich;
 - Budownictwo hydrotechniczne;
 - Efektywne wykorzystanie wody i zieleni w przestrzeni miejskiej;
 - Odnawialne i alternatywne źródła energii wykorzystywane w budownictwie;
 - Zaopatrzenie w wodę i ciepło, wentylację i klimatyzację;
 - Wykorzystanie materiałów odpadów w zrównoważonym budownictwie.
- Więcej informacji o konferencji na stronie: www.wb.pcz.pl/nauka/konferencja-mest