

st. kpt. mgr inż. Paweł WRÓBEL
Zakład Podstaw Budownictwa i Materiałów Budowlanych, SGSP
mgr inż. Łukasz OSTAPIUK
inżynier bezpieczeństwa pożarowego
mgr inż. Łukasz BAŁAGA
inżynier bezpieczeństwa pożarowego

Wytyczne projektowania systemów oddymiania mechanicznego w obiektach wielkokubaturowych z atrium wg normy NFPA 92 Standard for Smoke management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces, 2012 Edition

część 1

Omówienie
LEAD

The main purpose of smoke management as an active fire protection system is to maintain a tenable environment condition for people staying in building during the time required for evacuation in case of fire. These paper contains short case study description of methodologies for estimating the location, control and reduce the migration of smoke within a large-volume space due to a fire, based on NFPA 92 standard.

Słowa kluczowe: oddymianie, atria, dym, NFPA 92, obiekty wielkokubaturowe, próby z ciepłym dymem.

Keywords: smoke management, atria, smoke, NFPA 92, large-volume space, hot smoke tests.

1. Wstęp

Systemy oddymiania są jednym z elementów wchodzących w skład urządzeń przeciwpożarowych, służących do usuwania dymu i ciepła z budynku w przypadku wystąpienia pożaru. Podstawowym celem ich stosowania jest zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji osób przebywających w budynku. Jednym z czynników mających wpływ na skuteczność działania tego systemu jest szczegółowa analiza obiektu lub wybranej w nim przestrzeni pod kątem rozprzestrzeniania się dymu i ciepła oraz możliwości jego skutecznego odprowadzenia.

Dostępne na rynku technologie pozwalają budować obiekty o skomplikowanych kształtach, których wnętrza mogą stanowić m.in. niewydzielone przestrzenie

łącznie wiele kondygnacji. Duże i niepodzielone przestrzenie o skomplikowanych kształtach i układzie komunikacji spędzają czasem sen z powiek projektantom systemów oddymiania. Dzieje się tak, ponieważ mimo globalizacji i możliwości korzystania z różnych standardów zagranicznych, wytyczne i proponowane rozwiązania samych norm mogą być niewystarczające w zaprojektowaniu skutecznego systemu oddymiania w obiektach o skomplikowanej architekturze. W takich przypadkach pomocne stają się narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, jakimi są programy komputerowe modelujące rozwój pożaru i rozprzestrzenianie się gazów pożarowych, oparte na numerycznej mechanice płynów.

W artykule przedstawione zostaną problemy, z jakimi można się spotkać podczas projektowania systemów oddymiania, nawet w obiektach o prostych układach architektonicznych. Opisane zostaną algorytmy obliczeniowe, za pomocą których obliczyć można kluczowe parametry systemów oddymiania.

2. Standardy techniczne, wytyczne i wiedza techniczna wykorzystane do projektowania systemów oddymiania mechanicznego w obiektach użyteczności publicznej, ze szczególnym uwzględnieniem obiektów atrialnych

W celu opracowania optymalnego systemu oddymiania, zapewniającego bezpieczne warunki ewakuacji, należy przedstawić zakres wymagań stawianych systemom oddymiania, które zagwarantują bezpieczeństwo użytkownikom danego obiektu, poprzez zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji. Posłużyć do tego mogą ogólne wymagania krajowe, jak i szczegółowe wymagania zagraniczne, które zostały stworzone w oparciu o rozważania teoretyczne czy badania empiryczne na modelach lub w dużej skali.

Ponieważ system oddymiania jest jednym z kluczowych systemów przeciwpożarowych, na przestrzeni lat powstało szereg wytycznych, które służą projektantom oraz specjalistom w zakresie ochrony przeciwpożarowej w zaprojektowaniu i analizie przyjętych rozwiązań zastosowanych w danych systemach oddymiania.

W przypadku wymagań krajowych, obowiązek zastosowania rozwiązań techniczno-budowlanych zabezpieczających przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych usytuowanych w obiektach z przestrzenią atrium (przekrytym dziedzińcu) wynika z rozporządzenia ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690 z późn. zm.). W § 247 ust. 2 zalecono, aby: „w krytym ciągu pieszym (pasażu), do którego przylegają lokale handlowe i usługowe oraz w przekrytym dziedzińcu wewnętrznym, należy zastosować rozwiązania techniczno-budowlane zabezpieczające przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych” [1].

W myśl tego rozporządzenia przez zabezpieczenie przed zadymieniem dróg ewakuacyjnych należy rozumieć „zabezpieczenie przed utrzymywaniem się na dro-

gach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności, toksyczność lub temperaturę uniemożliwiłaby bezpieczną ewakuację”.

W kolejnych zapisach prawnych ustawodawca stanowi, iż instalacja wentylacji oddymniającej powinna:

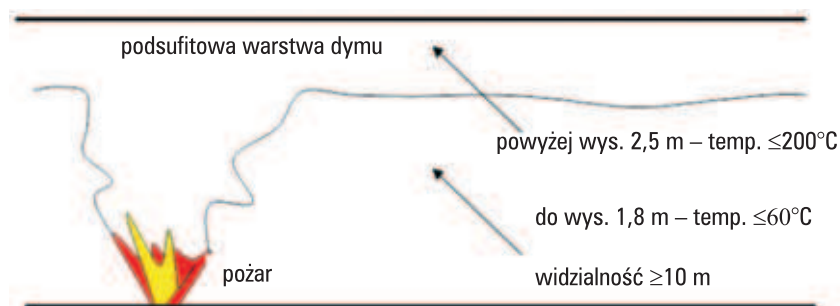
1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację,

2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem [2].

Przyjmuje się, że bezpieczna ewakuacja jest możliwa, gdy wartość temperatury do wysokości 1,8 m, licząc od poziomu posadzki drogi ewakuacyjnej, nie przekroczy 60°C , a w partiach wyższych niż 2,5 m nie przekroczy 200°C . Widzialność elementów konstrukcyjnych wynosić musi co najmniej 10 m, a podświetlanych znaków ewakuacyjnych 25 m.

Z uwagi na brak w Polskich Normach szczegółowych wytycznych i algorytmów obliczeniowych w zakresie projektowania wentylacji oddymniającej obiektów atrialnych, w praktyce do ich projektowania stosowane są często normy zagraniczne. Przyjęte tam wymagania traktowane są jako zasady wiedzy technicznej. Możliwość taką daje Prawo Budowlane [3], które stanowi, iż „obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie wymagań podstawowych dotyczących [...] między innymi bezpieczeństwa pożarowego”. Mając na uwadze powyższe, w świetle obowiązujących przepisów nie ma żadnych przeciwwskazań, aby zagraniczne uznane standardy projektowe w dziedzinie inżynierii bezpieczeństwa pożarowego stosować w obiektach realizowanych na terenie naszego kraju. Oprócz opisywanych w niniejszym artykule przykładami takich standardów mogą być:

- VDI 6019-2:2009 Engineering Methods for the Dimensioning of Systems for the Removal of Smoke from Buildings – Engineering Methods [12].



Rys. 1. Zobrazowanie wymagań zapewniających bezpieczną ewakuację. Przekrój przez drogę ewakuacyjną

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2].

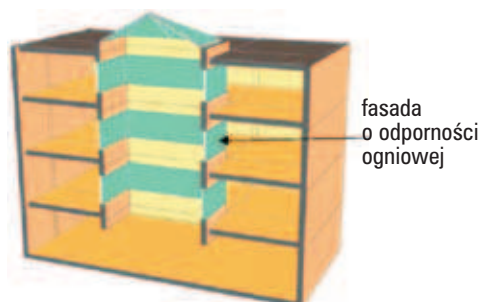
- PD 7974-2:2002 Application of Fire Safety Engineering Principles to the Design of Buildings. Part 2: Spread of Smoke and Toxic Gases within and Beyond the Enclosure of Origin (Sub-system 2) [13].
- TR 12101-5 Smoke and Heat Control Systems – Part 5: Guidelines on Functional Recommendations and Calculation Methods for Smoke and Heat Exhaust Ventilation Systems [14].

3. Rozwiązania konstrukcyjne obiektów wielokubaturowych ze szczególnym uwzględnieniem obiektów atrialnych

Według standardu NFPA 92 atrium (ang: atrium), to „duża przestrzeń wydzielona przez otwarty strop lub szereg stropów łączących jedną lub wiele kondygnacji, przykryta na szczycie, używana do innych celów, jak obudowa klatek schodowych, wind, otwartych ruchomych schodów lub jako szachtów użytkowych dla przewodów elektryki, klimatyzacji, lub infrastruktury komunikacyjnej” [4], (rys. 5).

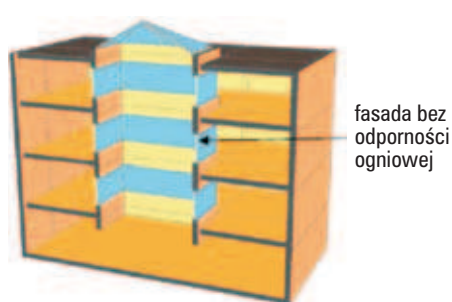
Można rozróżnić główne typy atrium:

- Atrium *sterylna rura*. Przy takim rozwiązaniu przestrzeń atrium oddzielona jest od pozostałych pomieszczeń ścianą szklaną o odporności ogniowej. Przestrzeń atrium ma charakter nieużytkowy i jest zamknięta, występuje w niej wyłącznie cyrkulacja powietrza (rys. 2).
- Atrium zamknięte. Atrium oddzielone jest od pozostałej części budynku ścianą lub szkłem zwykłym, bez odporności ogniowej. Jego przestrzeń może być wykorzystywana do różnych celów (np. lokale gastronomiczne, przestrzenie relaksacyjne itp.) (rys. 3).
- Atrium częściowo otwarte. W przypadku takiego rozwiązania dolne kondygnacje mogą być otwarte, a pozostałe oddzielone od przestrzeni atrium ścianą ze szkła (rys. 4).
- Atrium całkowicie otwarte. Niektóre górne lub wszystkie kondygnacje są otwarte do przestrzeni atrium (rys. 5).



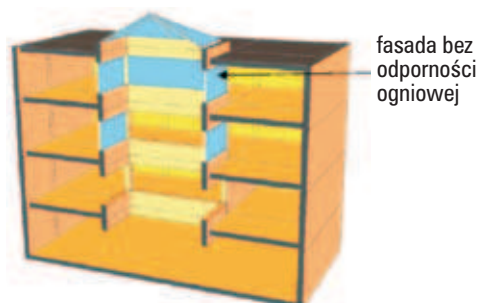
Rys. 2. Atrium całkowicie zabudowane

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Roger Harrison „Smoke Control in Atrium Buildings: A Study of the Thermal Spill Plume” [5].

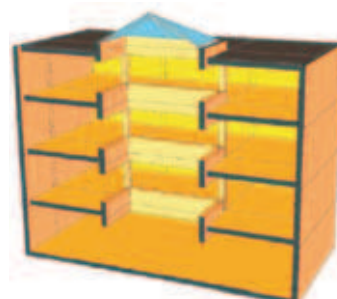


Rys. 3. Atrium zamknięte

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5].

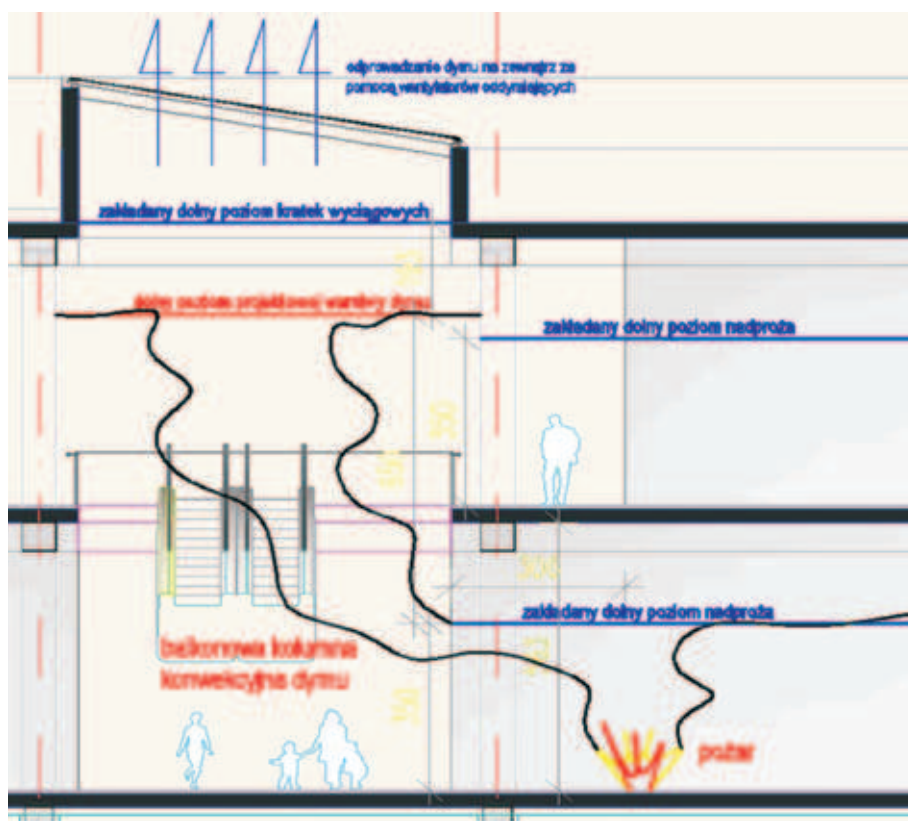


Rys. 4. Atrium częściowo otwarte
Źródło: opracowanie własne na podstawie [5].



Rys. 5. Atrium całkowicie otwarte
Źródło: opracowanie własne na podstawie [5].

Obecnie nowoczesne obiekty atrialne zawierają bardzo duże wielokondygnacyjne i niepodzielone przestrzenie, które znajdują się pod dachem o znacznej rozpiętości. Sprzyja to gromadzeniu się znacznej ilości materiałów palnych, przez co wzrasta zagrożenie na wypadek rozprzestrzeniającego się pożaru w ich wnętrzu (rys. 6, 7).



Rys. 6. Przekrój przez przestrzeń atrium – realia projektowe
Źródło: opracowanie własne.

W porównaniu z tradycyjnymi budynkami, rozwiązanie polegające na połączeniu przestrzeni otaczających atrium z jego przestrzenią wewnętrzną, stwarza dodatkowe zagrożenie, gdyż dym i gazy pożarowe lub nawet płomień mogą przemieszczać się z pomieszczenia na wyższe kondygnacje (rys. 7).



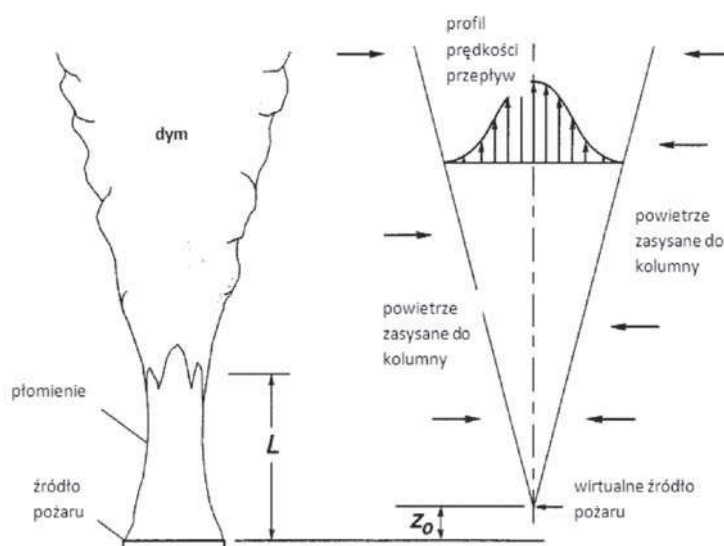
Rys. 7. Rzeczywisty widok atrium wielokondygnacyjnego całkowicie otwartego
Źródło: materiały własne.

4. Czynniki kształtujące rozprzestrzenianie się pożaru. Charakterystyka zjawisk pożarowych. Budowa kolumn konwekcyjnych dymu

Istotnymi elementami, mającymi wpływ na rozwój pożaru w pomieszczeniu, są liczba i rodzaj materiałów palnych oraz sposób działania wentylacji. W początkowej fazie pożaru, elementem mającym wpływ na szybkość jego rozwoju, jest materiał palny, ponieważ w pomieszczeniu będzie wystarczająco dużo powietrza, aby proces spalania trwał nieprzerwanie. W dalszej fazie rozwoju pożaru, na skutek spadku stężenia tlenu, kontrolowany jest przez wentylację.

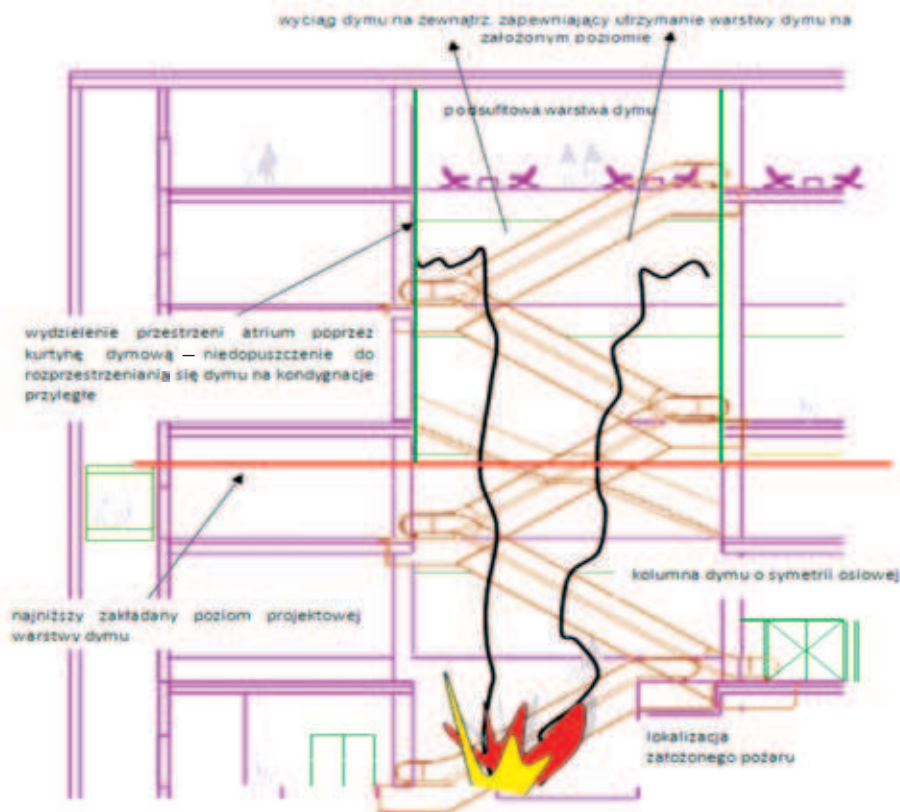
Aby można było zaprojektować skuteczny system oddymiania, należy przede wszystkim poznać mechanizmy rozwoju pożaru i jego wpływ na rozprzestrzenianie się gazów pożarowych w obiekcie.

Założmy, że pożar powstaje na posadzce kilkukondygnacyjnego atrium. Wzrost temperatury na skutek procesu egzotermicznego, jakim jest spalanie, powoduje zmniejszenie gęstości i w konsekwencji unoszenie się gorących gazów (produktów rozkładu termicznego) ku górze. Wraz ze wzrostem różnicy temperatur, zwiększa się siła wyporu, tzn. dym szybciej pokonuje drogę od poziomu pożaru do tworzącej się warstwy dymu. W przypadku pożaru na posadzce atrium unoszący się dym tworzy tzw. kolumnę konwekcyjną dymu o symetrii osiowej (ang. *simetric spill plume*). Osiowa kolumna konwekcyjna dymu, to kolumna, która unosi się nad pożarem bez kontaktu ze ścianami lub innymi przeszkodami architektonicznymi. Jej kształt nie jest odchylany na skutek przepływu powietrza (rys. 8, 9).



Rys. 8. Profil kolumny konwekcyjnej dymu o symetrii osiowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie [4].



Rys. 9. Przekrój przez przestrzeń atrium, symetryczna kolumna konwekcyjna dymu – realia projektowe
Źródło: opracowanie własne.

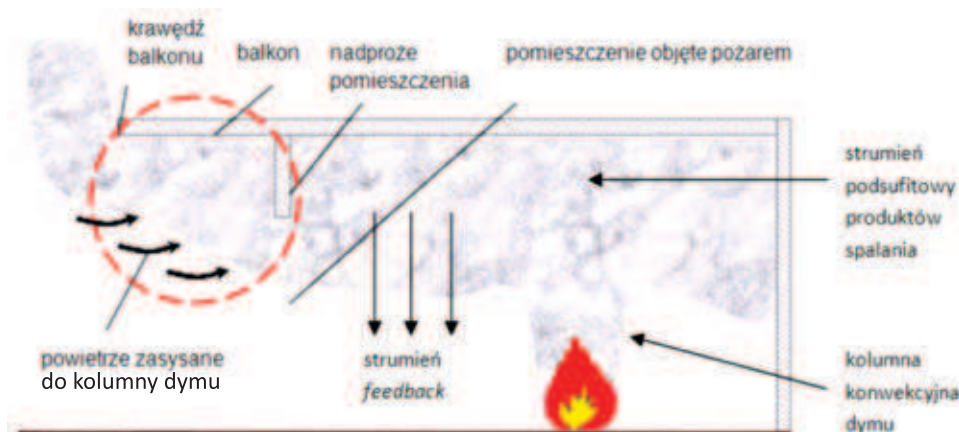
Własnością wszystkich kolumn konwekcyjnych dymu (symetryczna, balkonowa, okienna) jest to, że ilość zasysanego powietrza do kolumny rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem wysokości, jaką musi pokonać dym.

Zasysanie powietrza ze wszystkich stron kolumny powoduje, że wraz ze wzrostem profil kolumny ulega poszerzeniu i przyjmuje postać odwróconego stożka.

Otoczające powietrze również ma wpływ na profil temperatury i prędkości przepływu w kolumnie. Największa prędkość przepływu gazów ma miejsce w osi pożaru, co zostało zilustrowane na rys. 8. W przypadku temperatury, im dalej od osi i wyżej od źródła pożaru, tym jest ona mniejsza. Gdy dym dotrze do poziomu sufitu, gazy pożarowe będą się rozprzestrzeniać w przestrzeni podsuftowej, tworząc tzw. podsuftową warstwę dymu, a jej dolny poziom w miarę upływu czasu będzie się obniżać ku posadzce.

Innym potencjalnym miejscem pożaru, jaki może powstać w obiekcie zawierającym kilkukondygnacyjne atrium, jest pomieszczenie przyległe do atrium. W tym przypadku pierwszą przeszkodą na drodze rozprzestrzeniania się dymu jest strop pomieszczenia. Na skutek rozwoju pożaru następuje kumulacja produk-

tów rozkładu termicznego i spalania pod stropem pomieszczenia w postaci podsufitowej warstwy dymu, która od osi pożaru rozprzestrzenia się w postaci strumienia podsufitowego (ang. ceiling jet). Prowadzi to, przy jednoczesnym wzroście temperatury górnej warstwy, do znacznego zwiększenia strumienia promieniowania cieplnego zwróconego w dół w kierunku materiałów palnych (tzw. strumień feedback flux). Powoduje to zwiększenie szybkości wydzielania lotnych produktów rozkładu termicznego, które ulegają spalaniu. Strefa spalania i kolumna konwekcyjna powodują przekazanie energii na drodze promieniowania do obu warstw, powodując również wzrost temperatury chłodniejszej warstwy dolnej. W przypadku gdy w pomieszczeniu brak jest systemu usuwania dymu i ciepła, dolny poziom podsufitowej warstwy dymu znajdzie się niżej niż krawędź nadproża i dym zacznie wypływać na zewnątrz pomieszczenia (rys. 10).



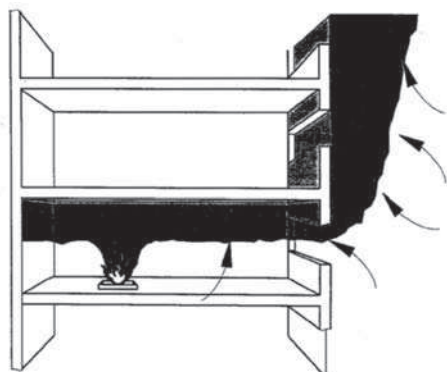
Rys. 10. Mechanizm rozwoju pożaru w pomieszczeniu

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5].

W zależności od układu konstrukcyjnego atrium dym może wpływać bezpośrednio do zbiornika utworzonego w strefie podsufitowej przestrzeni atrium lub, w przypadku obecności balkonu nad rozpatrywaną kondygnacją, dym będzie rozprzestrzeniał się pod balkonem, aż dotrze do jego krawędzi. Po przekroczeniu krawędzi unosić się będzie do zbiornika strefy podsufitowej atrium, tworząc tzw. rozplywającą się lub liniową kolumnę konwekcyjną dymu. Oznacza to, że podstawa słupa po przekroczeniu krawędzi wypływu jest długa i stosunkowo wąska.

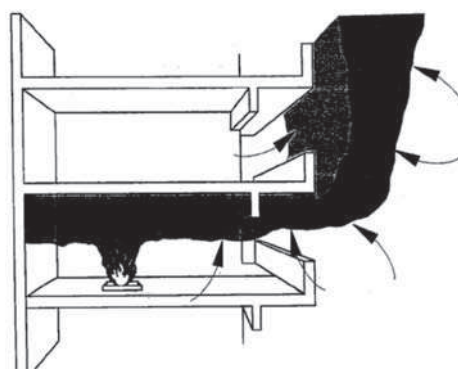
Kolumna rozplywająca się może przybierać dwie formy: przylegającą (rys. 11) lub swobodną (rys. 12). W pierwszym przypadku dym po przekroczeniu krawędzi otworu pomieszczenia unosi się bezpośrednio ku górze, przylegając do zabudowanej nad pomieszczeniem pionowej powierzchni (rys. 11). Na rys. 12 przedstawiono natomiast schemat swobodnej kolumny konwekcyjnej, gdzie dym wypływający z pomieszczenia objętego pożarem, rozprzestrzenia się najpierw poziomo pod balkonem. Pod balkonem zachodzą procesy turbulentnego

mieszania się dymu z otaczającym powietrzem, który po przekroczeniu krawędzi balkonu unosi się dalej do góry.



Rys. 11. Kolumna konwekcyjna dymu przylegająca (ang. adhered spill plume)

Źródło: [6].



Rys. 12. Kolumna konwekcyjna dymu swobodna (ang. free plume)

Źródło: [6].

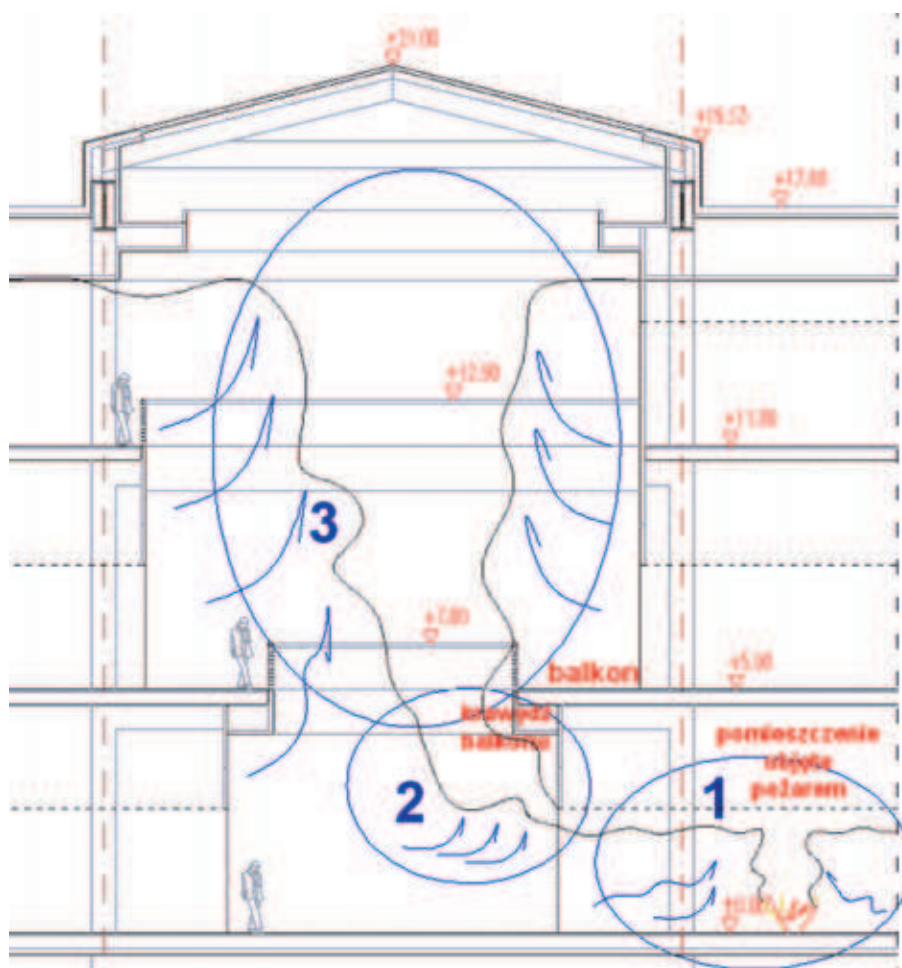
W jednokondygnacyjnych i wysokich atriach, dym unosić się będzie bezpośrednio do utworzonego w atrium zbiornika dymu. W atriach wielokondygnacyjnych, dym przed dotarciem do zbiornika dymu, przepływać będzie przez otwory w stropach poszczególnych kondygnacji. Tak jak w przypadku kolumny konwekcyjnej o symetrii osiowej, natężenie przepływu dymu, jaki wpłynie do utworzonego zbiornika dymu, zależy od długości drogi przepływu, jaką musi pokonać dym i ilości zassanego do kolumny konwekcyjnej powietrza. Dla kolumny balkonowej proces mieszania się dymu z otaczającym powietrzem zależny jest m.in. od geometrii przestrzeni, w jakiej dym się rozprzestrzenia. W teorii istnieją trzy strefy, w których ma miejsce mieszanie się powietrza z dymem, tj. pomieszczenie objęte pożarem (1), przestrzeń pod balkonem wraz z jego krawędzią (2) i przestrzeń nad krawędzią balkonu (atrium) (3) (rys. 13).

Na masowe natężenie przepływu dymu, wypływającego z pomieszczenia, składa się przede wszystkim: masowy przepływ dymu powstałego podczas spalania materiału palnego, masowy przepływ powietrza zasysanego do kolumny konwekcyjnej dymu, masowy napływ powietrza napływającego do pomieszczenia z zewnątrz oraz masowy przepływ powietrza mieszającego się z rozprzestrzeniającą się poziomo warstwą podsufitową dymu.

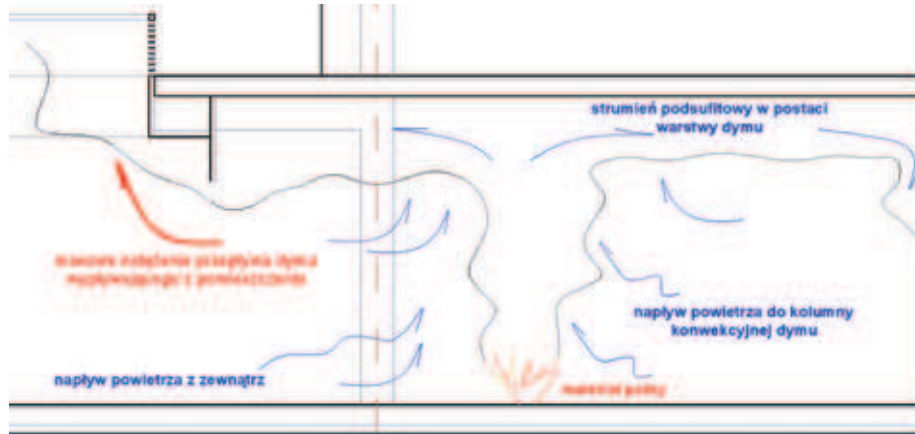
5. Rozchodzenie się dymu w pomieszczeniu przyległym do atrium

Unoszący się do góry dym początkowo rozprzestrzenia się w postaci podsufitowej warstwy. Po dotarciu do ściany, która posiada niższą temperaturę, przeka-

zuje jej część energii, co powoduje zmniejszenie siły wyporu. Dalej rozprzestrzenia się ku dołowi w postaci strumienia ściennego (ang. wall jet). Siły wyporu w kolumnie konwekcyjnej, które są przeciwne do kierunku opadania przyściennego strumienia dymu, powodują ponowne ich zassanie do kolumny konwekcyjnej, co w konsekwencji powoduje obniżenie warstwy wolnej od dymu. Przepływ dymu, w kolumnie konwekcyjnej i warstwie podsufitowej, wymusza jednocześnie napływ powietrza przez otwory zlokalizowane w strefie przypodłogowej, które łączą pomieszczenie z przestrzenią zewnętrzną. Masowe natężenie napływu powietrza z zewnątrz zależy od geometrii pomieszczenia i kształtu oraz wymiarów otworu łączącego te pomieszczenie z przestrzenią atrialną. Zjawisko mieszania się dymu z otaczającym powietrzem ma również miejsce na odcinku między otworem, z którego wypływa dym, a krawędzią balkonu (rys. 10). Zwiększenie

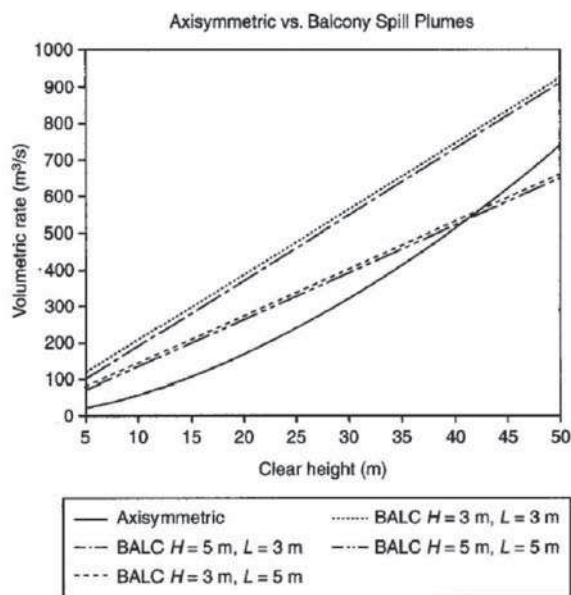


Rys. 13. Balkonowa kolumna konwekcyjna dymu – regiony mieszania się dymu z powietrzem
Źródło: opracowanie własne na podstawie [6].



Rys. 14. Napływ powietrza do pomieszczenia objętego pożarem

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6].



Rys. 15. Zależność natężenia przepływu dymu w zależności od różnych wysokości unoszenia kolumny konwekcyjnej dymu

Źródło: [9].

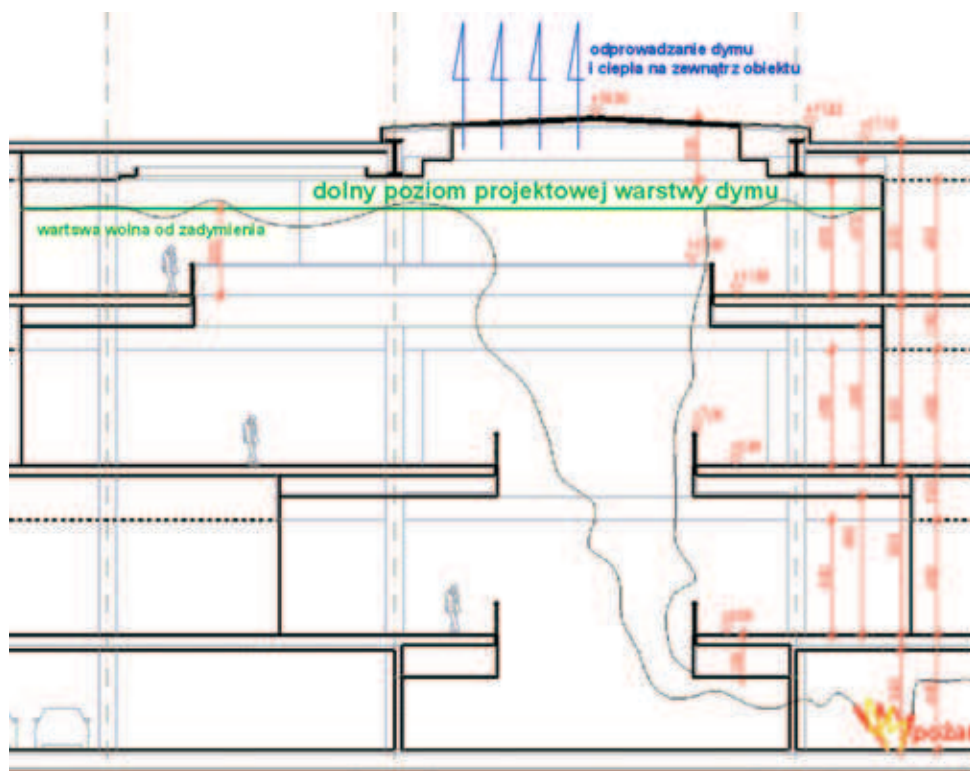
dzią balkonu, a utworzonym pod stropem atrium zbiornikiem dymu. W przypadku swobodnej kolumny konwekcyjnej dymu, zasysanie powietrza zachodzi ze wszystkich jej stron, natomiast w przypadku kolumny przylegającej, powietrze zasysane jest tylko od strony wewnętrznej atrium, co skutkuje mniejszym masowym natężeniem przepływu dymu wpływającego do ograniczonego zbiornika (rys. 11, 12).

któregokolwiek z tych wymiarów powoduje powstanie silniejszych turbulencji, wpływających na proces mieszania. Harrison and Spearpoint [7] w swych badaniach potwierdzili, że obecność nadproża na krawędzi balkonu nie ma wpływu na ilość zasysanego do wypływającej z pomieszczenia warstwy dymu powietrza, tj. taka sama ilość powietrza zasysana jest do warstwy dymu, gdy balkon na krawędzi jest płaski i gdy zakończony jest nadprożem.

Ostatnim odcinkiem przepływu, na którym zachodzą procesy mieszania się dymu z otaczającym powietrzem, jest odcinek między krawę-

Morgan i Marshal [8] stwierdza, że głównymi czynnikami mającymi wpływ na ilość zasysanego powietrza wpływającego do rozprzestrzeniającego się dymu są: masowe natężenie przepływu dymu unoszącego się po przekroczeniu krawędzi balkonu, wielkość strumienia konwekcyjnego gazów pożarowych, szerokość krawędzi mierzona wzdłuż balkonu, przez którą przepływa dym oraz wysokość unoszenia dymu, mierzona od krawędzi balkonu do dolnej warstwy dymu.

Roger Harrison [5] dowiódł, że większa ilość powietrza zasysana jest, gdy kolumna konwekcyjna ma charakter balkonowy, jednakże zależność ta jest słuszna jedynie wtedy, gdy wysokość unoszenia się dymu, liczona od krawędzi balkonu, nie jest większa niż 40 m. Badania przeprowadzone zostały dla różnych wartości unoszenia się dymu H , która liczona była od posadzki atrium i różnych wartości szerokości, jaką dym wypływał spod balkonu (krawędzi załamania). Moc pożaru dla wszystkich przypadków wynosiła 5 MW. Otrzymane wyniki zilustrowane zostały wykresem przedstawionym na rys. 15.



Rys. 16. Założenia projektowe w przypadku pożaru w sklepie przyległym do atrium. Oddymianie pomieszczenia przyległego do atrium przez wentylatory zamontowane w strefie podsufitowej atrium
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ł. Ostapiuk, Koncepcja systemu oddymiania galerii handlowej.

Reasumując, na podstawie przeprowadzonych analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych, można stwierdzić, że na charakterystykę rozprzestrzeniania się dymu w obiekcie wpływ ma wiele czynników:

a) układ geometryczny analizowanej przestrzeni (powierzchnia pomieszczenia w którym powstał pożar), wymiary otworu z którego wypływa dym, wymiary pasaży lub balkonów, pod którym gazy pożarowe mogą się rozprzestrzeniać itp.,

b) moc i lokalizacja powstałego pożaru w analizowanej przestrzeni (pożar na posadzce atrium, pożar w pomieszczeniu przyległym do przestrzeni atrium na parterze lub wyższych kondygnacjach,

c) zastosowanie aktywnych lub pasywnych systemów kontroli rozprzestrzeniania się dymu (np. kurtyny dymowe).

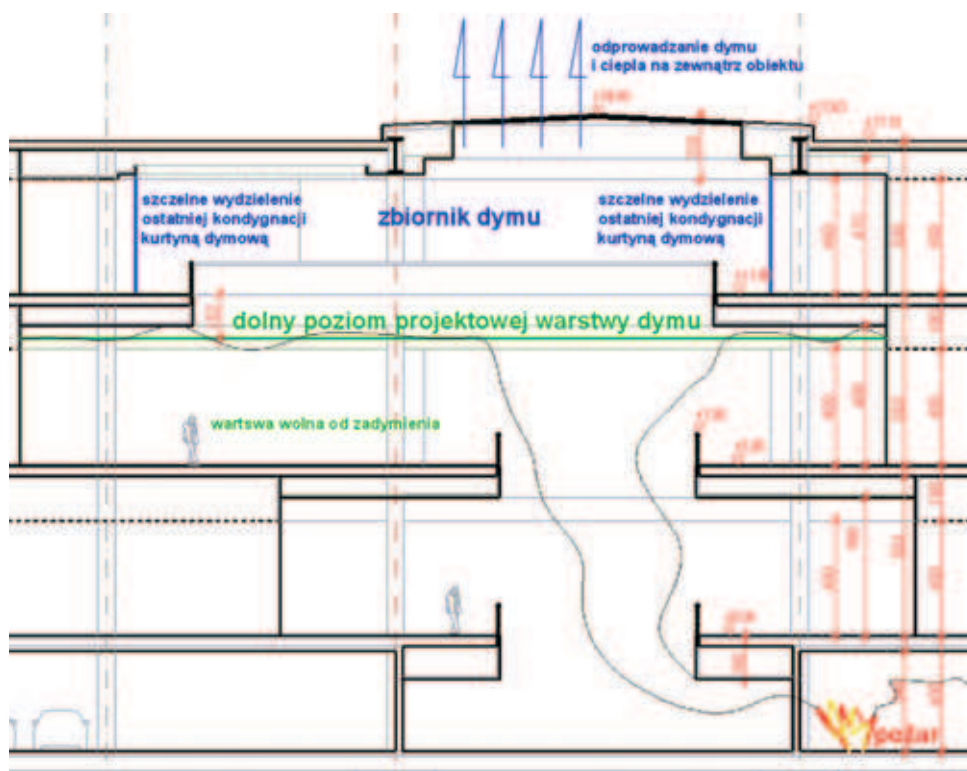
Rozwiązując zagadnienia związane z projektowaniem systemów oddymiania, należy mieć na uwadze nie tylko wytyczne przyjętych standardów, ale również zasady wiedzy technicznej oparte na badaniach, które warto lub nawet należy dodatkowo weryfikować za pomocą programów modelowania numerycznego.

6. Podstawowe cele systemu usuwania dymu i ciepła (Smoke and Heat Exhaust Ventilation System – SHEVS)

Ponieważ w obiektach użyteczności publicznej w czasie ich normalnego funkcjonowania może się znajdować duża liczba osób, podstawowym celem stosowania oddymiania jest ochrona dróg ewakuacyjnych, czyli zapewnienie warunków nie zagrażających życiu i zdrowiu ewakuujących się osób. Nadrzędnym celem systemu usuwania dymu i ciepła (SHEVS) jest opóźnienie zadymienia na drogach ewakuacyjnych przez czas potrzebny do bezpiecznego opuszczenia obiektu. Zadanie to realizowane jest przez utrzymywanie warstwy dymu pod stropem na odpowiedniej wysokości, tj. w przestrzeni ok. 3 m od poziomu podłogi, a następnie usuwanie dymu z obliczoną wydajnością poza budynek. Obliczona wydajność wentylatorów oddymiających lub powierzchnia czynna klap dymowych powinna utrzymać warstwę dymu na zadanej wysokości, co najmniej przez czas potrzebny na ewakuację ludzi. Jeśli wysokość niezadymionej strefy i temperatura dymu pozostają na bezpiecznym poziomie do momentu opanowania (lokalizacji) pożaru, dostępny czas ewakuacji (czas, w którym warunki pozwalają na opuszczenie budynku po zaprojektowanych drogach ewakuacji) może być w rzeczywistości nieograniczony.

Drugim celem wentylacji oddymiającej jest kontrola temperatury na drogach ewakuacji. System oddymiania powinien być tak zaprojektowany, aby ograniczał temperaturę gazów w utworzonej warstwie podsufitowej. Spełnienie takiego założenia projektowego pozwala na stosowanie materiałów, które w przeciwnym wypadku uległyby uszkodzeniu na skutek działania gorących gazów pożarowych. Za przykład konieczności zastosowania opisanego założenia posłużyć może elewacja dziedzińca wewnętrznego, wykonana ze szkła nieposiadającego

odporności ogniowej, gdzie zastosowany do obudowy materiał będzie odporny na działanie ciepła tylko do określonej i obliczonej wcześniej wartości temperatury.

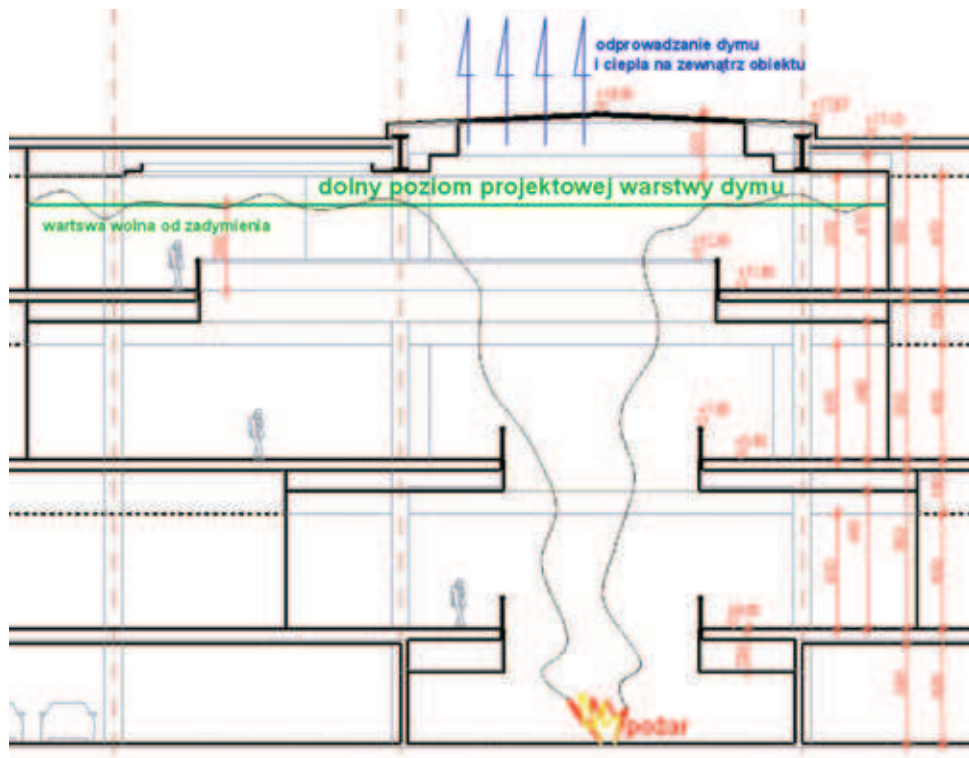


Rys. 17. Założenia projektowe w przypadku pożaru w sklepie przyległym do atrium. Oddymianie pomieszczenia przyległego do atrium przez wentylatory zamontowane w strefie podsufitowej atrium
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ł. Ostapiuk, Koncepcja systemu oddymiania galerii handlowej.

Ponieważ przebieg akcji ratowniczo-gaśniczej ma istotny wpływ na bezpieczeństwo użytkowników oraz ochronę samego obiektu, kolejnym powodem, dla którego stosuje się wentylację oddymiającą, jest wspieranie działań ratowniczo-gaśniczych przez ograniczenia zadymienia i obniżenie temperatury gazów pożarowych. Możliwe jest także zaprojektowanie wentylacji, która utrzyma wolną od dymu strefę o wysokości, w której nie będzie występować ograniczenie widoczności i wysoka temperatura przez czas potrzebny do zlokalizowania i ugaszenia pożaru przez jednostki straży pożarnej. To z kolei ułatwi działania ratownicze, prowadzące w rezultacie do zmniejszenia strat materialnych spowodowanych termicznym rozkładem produktów, działaniem gorących gazów i promieniowaniem cieplnym.

7. Realizacja celów projektowych z uwzględnieniem lokalizacji pożaru. Możliwe scenariusze rozwoju pożaru i wynikające z tego koncepcje oddymiania

Lokalizacja potencjalnego pożaru w przestrzeni atrium i przestrzeniach przylegających będzie miała wpływ na rodzaj przyjętego rozwiązania, którego zadaniem będzie spełnienie kryteriów projektowych. Miejscami, w których może powstać pożar w przestrzeni atrium, są jego posadzka lub posadzka lokalu przyległego do tej przestrzeni. Załóżmy, że pożar powstaje w sklepie przyległym do pasażu. Jeżeli powierzchnia sklepu jest mniejsza niż 900 m², sklep oddymiać należy poprzez wentylatory lub kłapy dymowe zabudowane w przestrzeni pasażu, tj. umożliwiamy wypływ dymu do strefy podsufitowej atrium (przewidywana kolumna konwekcyjna będzie kolumną balkonową), następnie zgromadzony w zbiorniku dym odprowadzany jest na zewnątrz obiektu za pomocą kłap dymowych lub wentylatorów oddymiających (rys. 16). Należy pamiętać, że dolny poziom warstwy dymu w zbiorniku (strefie dymowej) nie może być niższy niż 3 m, licząc od poziomu posadzki ostatniej kondygnacji pasażu komunikacyjnego.

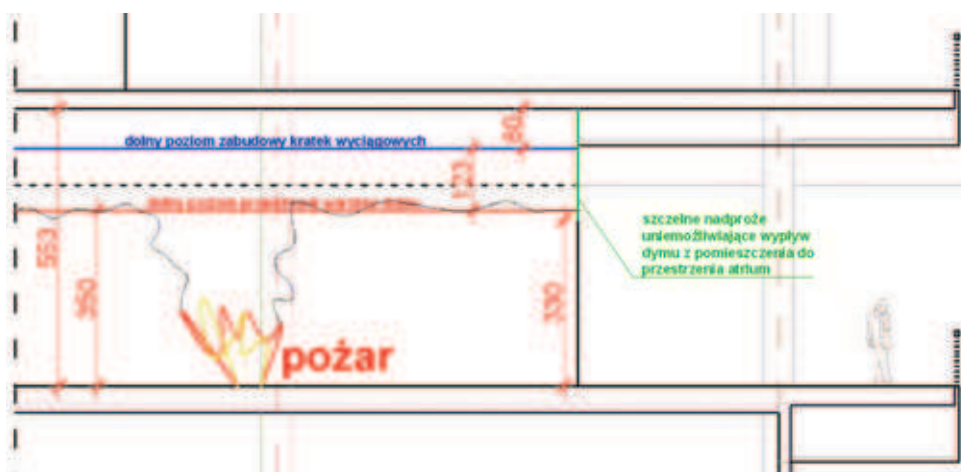


Rys. 18. Założenia projektowe w przypadku pożaru na posadzce atrium

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ł. Ostapiuk, Koncepcja systemu oddymiania galerii handlowej.

W przypadku atriów o znacznej wysokości i skomplikowanym układzie architektonicznym, po wstępnych obliczeniach, może się okazać, że wynikowa wydajność wentylatorów oraz liczba kratak wyciągowych, którą należy zabudować w przestrzeni podsufitowej atrium, jest niemożliwa do zrealizowania. Jednym z rozwiązań, jakie powszechnie stosuje się w takiej sytuacji, jest wydzielenie szczelnie ostatniej kondygnacji kurtynami dymowymi. Kurtyny dymowe montowane są wokół pustki na ostatniej kondygnacji (rys. 17). Rozwiązanie takie powoduje zwiększenie wysokości zbiornika dymu i obniżenie dolnego poziomu warstwy dymu. Dzięki temu zmniejsza się ilość zasysanego powietrza otaczającego utworzoną kolumnę konwekcyjną dymu, co w konsekwencji przekłada się na mniejszą ilość dymu, jaka wpływać będzie do warstwy podsufitowej.

Identyczne rozwiązanie należy przyjąć, gdy miejscem powstania pożaru będzie posadzka atrium. W tym przypadku kolumna konwekcyjna będzie kolumną symetryczną (rys. 18).



Rys. 19. Założenia projektowe w przypadku pożaru w sklepie oddymianym indywidualnie
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ł. Ostapiuk, Koncepcja systemu oddymiania galerii handlowej.

Pożar może również powstać w sklepie przyległym do pasażu, którego powierzchnia będzie większa niż 900 m^2 . W tym przypadku koncepcje oddymiania zakładają utrzymanie warstwy wolnej od zadymienia, przy jednoczesnym niedopuszczeniu do wypływu dymu na pasaż (przestrzeń atrium). W takim przypadku sklep oddymiany jest indywidualnie (rys. 19). Powyższe założenie realizowane jest poprzez montaż kratak wyciągowych w strefie podsufitowej sklepu lub atrium, które połączone są kanałami z wentylatorami oddymiającymi.