



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,
CLUJ NAPOCA, 2019

ASPECTE PRIVIND MIȘCAREA FUMULUI GENERAT DE INCENDIU ÎN STAȚIILE DE METROU

Alexandru-Florin CHIOJDOIU, Valeriu Nicolae PANAITESCU

ASPECTS OF FIRE SMOKE MOVEMENT IN SUBWAY STATION

The development of computer applications in the field of fluid dynamics has led to increased numerical fire simulations in underground stations, tunnels or underground structures.

From a constructive point of view, the subway stations are characterized by large openings, by which they enter sufficient amounts of air, which can, in the case of a fire, either to feed with oxygen combustion or to contribute to the evacuation of smoke.

When a fire is held in a subway station, the amount of smoke emitted usually floods the subway station or the tunnel (depending on the place of the fire outbreak), including the evacuation routes of passengers. This leads to reduced visibility and can cause deaths from smoke intoxication. Thus, one of the main concerns is the protection of the escape stairs from the danger represented by the smoke emitted from the fire. On the other hand, it is essential that firefighters reach as close as possible to the fire outbreak and extinguish it.

Keywords: smoke movement, subway station, experiments and numerical studies, safety evacuation

Cuvinte cheie: mișcarea fumului, stație de metrou, experimente și studii numerice, evacuare în condiții de siguranță

1. Introducere

Metroul reprezintă o categorie de transport a călătorilor utilizată de o mare parte a locuitorilor orașelor în care există această infrastructură.

De-a lungul timpului au avut loc mai multe incendii în stațiile de metrou din întreaga lume, experiențele întărind faptul că există o mare probabilitate ca, în urma unor astfel de situații de urgență, numărul victimelor să fie ridicat. Astfel, în ultima perioadă, specialiștii în domeniul securității la incendii au acordat o atenție sporită în ceea ce privește caracteristicile incendiilor ce au loc în tunelurile de metrou.

Efectul fumului, densitatea mare a populației, precum și panica care cuprinde călătorii în timpul unor astfel de evenimente, face ca incendiile la metrou să fie deosebit de periculoase.

Astfel, poate fi amintită intervenția de la metroul din Baku, Azsrбайдjan, din anul 1995, a cărei cauză de incendiu a fost o defecțiune la instalația electrică, la o oră de vârf, cu circulație intensă. Metroul s-a oprit la circa 200 metri de stația cea mai apropiată. Unii pasageri au fost capabili să se autoevacueze, însă marea majoritatea nu a reușit acest lucru. S-a considerat că incendiul a izbucnit datorită faptului că instalația electrică era învechită precum și datorită neexecutării lucrărilor de mentenanță. Incendiul s-a soldat cu 286 de morți și 270 de răniți.

O altă intervenție care a avut consecințe majore a fost incendiul la metroul din Daegu, Korea, din anul 2003, la o oră de vârf, dimineața. Cauza incendiului a fost folosirea unei surse de aprindere: vărsarea unui container plin cu benzină. Incendiul s-a propagat rapid la toate vagoanele, în aproximativ două minute. La scurt timp, un al doilea metrou a intrat în stație, iar mecanicul nu a mai deschis ușile metroului, blocând astfel în mod neintenționat pasagerii care se aflau înăuntru. Incendiul s-a soldat cu 192 de morți și 151 de răniți.

Temperatura ridicată precum și fumul toxic inhalat de călători în urma incendiilor, reprezintă principalele cauze ale decesului și răniilor persoanelor.

Astfel de evenimente care au avut loc au evidențiat un pericol semnificativ în cazul apariției unui incendiu în sistemele feroviare subterane. Rețelele de metrou se regăsesc în multe orașe mari din întreaga lume, în fiecare țară folosindu-se unele măsuri de siguranță împotriva incendiilor, în conformitate cu reglementările locale în vigoare. Însă, opinia generală a specialiștilor este că nu există întotdeauna,

peste tot, o bază tehnică solidă în ceea ce privește eficiența acestor măsuri de siguranță la foc.

Dezvoltarea computerizată a aplicațiilor informatice în domeniul dinamicii fluidelor a condus la creșterea simulărilor numerice a incendiilor în stații de metrou, tuneluri sau structuri subterane.

Din punct de vedere constructiv, stațiile de metrou prezintă deschideri mari, prin care intră cantități suficiente de aer, ce pot, în cazul unui incendiu, fie să alimenteze cu oxigen arderea, fie să contribuie la evacuarea fumului.

Au fost realizate experimente în vederea constituirii unei baze de date în scopul dezvoltării modelelor predictive în cazul producerii unor incendii la metrou precum și pentru examinarea performanței măsurilor existente privind securitatea la incendiu în rețelele de metrou.

Atunci când are loc un incendiu într-o stație de metrou, cantitatea de fum degajată inundă, de obicei, stația de metrou sau tunelul (în funcție de locul izbucnirii incendiului), inclusiv căile de evacuare ale pasagerilor. Acest lucru conduce la reducerea vizibilității și poate provoca decese în urma intoxicațiilor cu fum. Astfel, una din preocupările principale este constituită de protejarea scărilor de evacuare de pericolul reprezentat de fumul degajat în urma incendiului. Pe de altă parte, este esențial ca pompierii să ajungă cât mai aproape de focarul de incendiu și să îl stingă.

2. Teste efectuate asupra fumului degajat de incendii în stațiile de metrou

În vederea constituirii unei baze de date, precum și în vederea obținerii unor noi informații privind mișcarea fumului degajat în urma producerii unui incendiu în stațiile de metrou, au fost realizate teste de incendiu [1]. Există două tipuri de stații de metrou: stații de metrou prevăzute cu peron central, figura 1, respectiv stații prevăzute cu peroane laterale, figura 2. Astfel, au fost efectuate teste folosind surse de foc simulate pe peroanele stațiilor.

Din punct de vedere constructiv, fiecare peron este conexas la un vestibul aflat la un nivel superior, legătura realizându-se prin tronsoane de scări, fixe sau rulante. Fiecare stație de metrou este prevăzută cu sistem de ventilație la nivelul peronului, evacuarea fumului realizându-se prin inversarea sensului de acționare a ventilatoarelor. La nivelul scărilor sunt prevăzute obloane de incendiu. De regulă, obloanele sunt în mod normal păstrate deschise pe timpul desfășurării operațiunilor de stingere a incendiilor până când evacuarea pasagerilor

de pe peron este finalizată. Scopul este acela de a preveni pătrunderea fumului în vestibul și de a nu bloca evacuarea pasagerilor de pe peron.

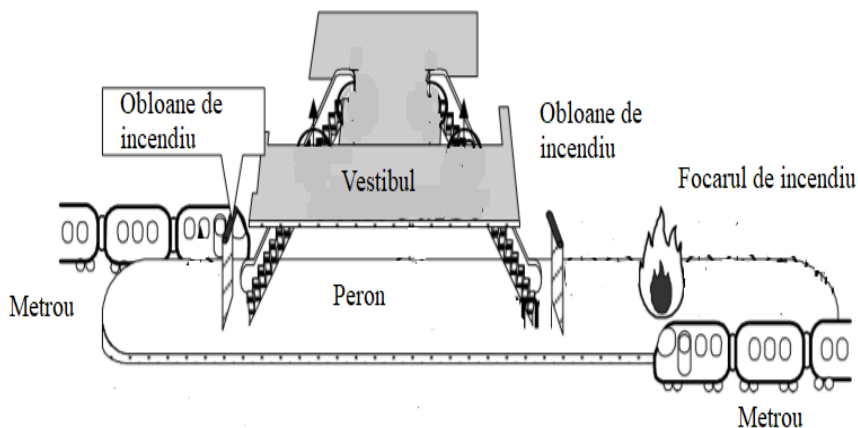


Fig. 1 Stație de metrou prevăzută cu peron central

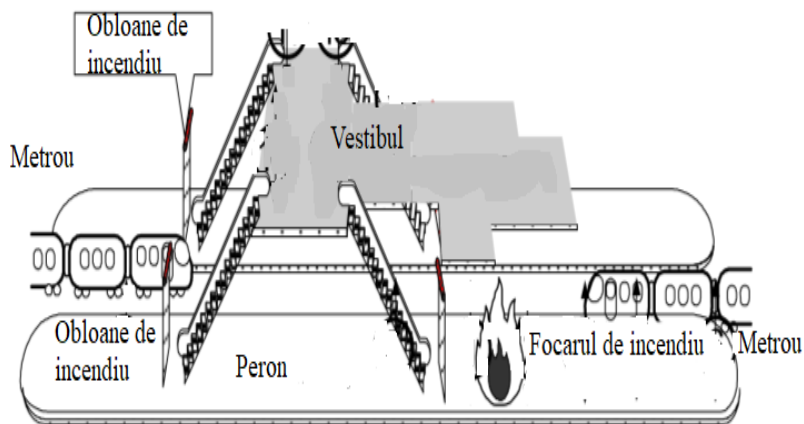


Fig. 2 Stație de metrou prevăzută cu peroane laterale

Astfel, au fost măsurate distribuția temperaturii, vitezei și presiunii statice pe peronul, tunelul, respectiv vestibulul stației. Au fost utilizate termocuplele de tip K, sonde de viteză la cald, tuburi de presiune și alte sonde care au fost amplasate pe stâlpi cu lungime reglabilă. Mișcarea gazelor fierbinți a fost vizualizată cu lumânări de fum situate în apropierea sursei de foc.

În figura 3 este prezentată tipologia de măsurare.

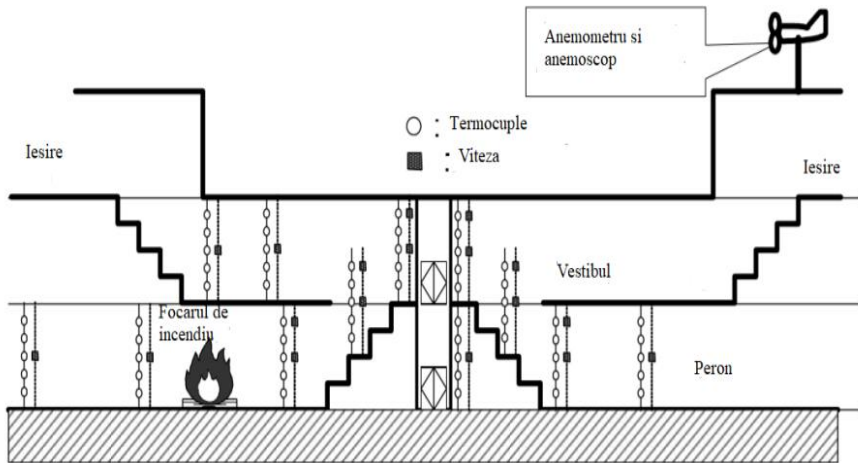
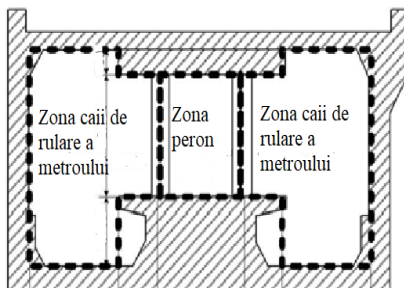


Fig. 3 Aspecte ale măsurării mișcării fumului în stațiile de metrou

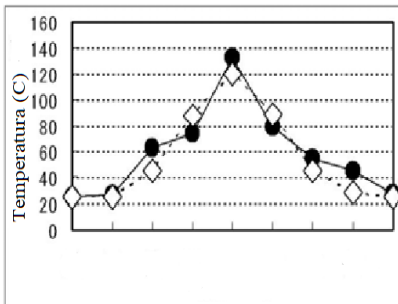
Curentul de aer introdus de-a lungul scărilor către tunel, obloanele fiind deschise, poate preveni pătrunderea fumului de la peron către vestibul. Pe de altă parte, curentul de aer puternic destabilizează stratul de fum acumulat deasupra peronului, ceea ce conduce la împrăștierea acestuia pe întreaga suprafață a peronului, lucru care afectează direct călătorii aflați la fața locului. Acest efect este foarte pronunțat în momentul în care are loc evacuarea fumului prin sistemul de ventilație de la nivelul peronului. Astfel, stratul de fum acumulat la nivelul peronului poate fi menținut stabil (se împiedică împrăștierea acestuia) atâta timp cât are loc evacuarea fumului coroborată cu faptul că obloanele rămân închise.

Pentru a preveni pericolul de incendiu și pentru a evalua eficiența unor măsuri de protecție împotriva incendiilor cum ar fi sistemele de evacuare a fumului și obloanele anti-incendiu în cazul unor incendii de mare amploare, au fost efectuate studii numerice [1]. Modelul folosit se bazează, în esență, pe un model de zonă, urmărindu-se modificările în adâncime ale stratului de fum la nivelul peronului și vestibulului. Se urmărește astfel, dezvoltarea treptată a stratului de fum de la sursa de foc spre ambele capete ale peronului.

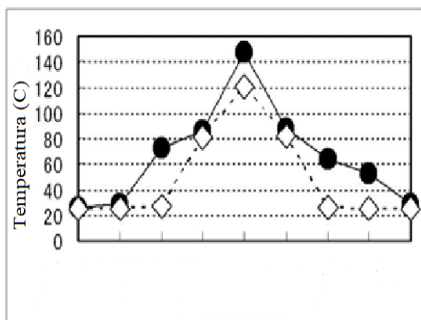
În figura 4 sunt redată rezultatele numerice ale temperaturii stratului de fum la nivelul peronului stației de metrou prevăzută cu peron central.



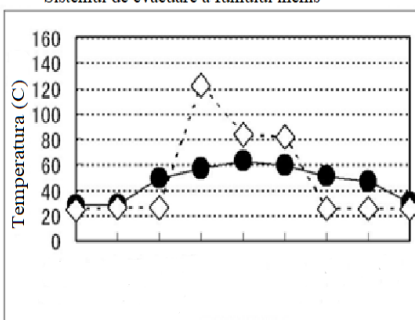
a) Secțiune prin stația de metrou prevăzută cu peron central



b) Ipoteza nr.1: Obloanele de incendiu închise; Sistemul de evacuare a fumului închis



c) Ipoteza nr.2: Obloanele de incendiu închise; Sistemul de evacuare a fumului deschis



d) Ipoteza nr.4: Obloanele de incendiu deschise; Sistemul de evacuare a fumului deschis



Fig. 4 Analiza experimentală și numerică a temperaturii stratului de fum

Așa cum se observă în figura 4, mișcarea fumului într-o stație de metrou este dependentă de funcționarea obloanelor anti-incendiu.

Deoarece stratul de fum a fost cel mai stabil atunci când obloanele au fost închise, s-au stabilit pentru condițiile inițiale ca obloanele să fie închise, iar sistemul de evacuare a fumului să nu fie pornit (figura 4b).

Rezultatele sugerează faptul că modelul numeric poate reproduce experimentul atâta timp cât obloanele sunt închise (figura 4c).

De asemenea, temperatura stratului de fum în apropierea focarului de incendiu a fost, în general, supraestimată în situația în care obloanele anti-incendiu sunt lăsate deschise (figura 4d).

3. Metode de ventilație utilizate pentru limitarea răspândirii fumului

În situația în care a izbucnit un incendiu într-un metrou care oprește într-o stație, la capetele stației existând ventilatoare (figura 5), pot fi folosite mai multe metode în vederea limitării împrăștierii fumului în stații.

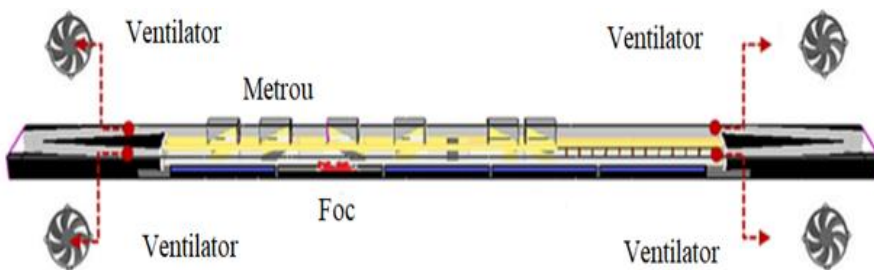


Fig. 5 Dispunerea ventilatoarelor la capetele unei stații de metrou

Astfel, în situația în care sunt prevăzute 2 ventilatoare într-un capăt al stației (unul în partea superioară, iar altul în partea inferioară), respectiv 2 ventilatoare în celălalt capăt (unul în partea superioară, iar altul în partea inferioară), pot fi adoptate următoarele strategii:

a) Ventilația naturală

Fumul degajat în urma incendiului circulă în mod natural prin stația de metrou, fără a fi evacuat cu ajutorul exhaustoarelor sau ca urmare a diferenței de presiune produsă de introducerea de aer.

b) Metoda "pull"

Această metodă presupune funcționarea ventilatorului / ventilatoarelor amplasate într-unul din cele două capete ale stației, prin scoaterea fumului din stație (poate funcționa un singur ventilator sau pot funcționa ambele, concomitent) (figura 6).

c) Metoda "pull-pull"

Ventilatoarele funcționează la ambele capete ale stației. Această metodă prezintă avantajul că aerul este evacuat și spre partea inferioară a scârilor, în sens invers evacuării călătorilor. Dezavantajul este constituit de faptul că fumul se poate împrăștia în toată stația din

cauza faptului că este evacuat și prin partea superioară a stației (figura 7).

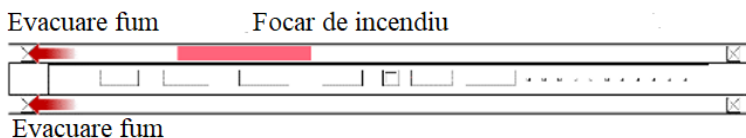


Fig. 6 Metoda de ventilație "pull"

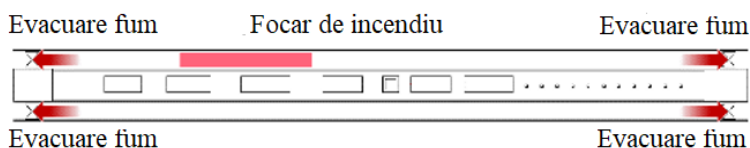


Fig. 7 Metoda de ventilație "pull-pull"

d) Metoda "push-pull"

Prin folosirea acestei metode, se scoate fumul printr-o parte a stației, iar prin cealaltă parte se introduce aer. Astfel, prin folosirea în acest mod a celor patru ventilatoare, are loc o scădere a vitezei de circulație a aerului în plan longitudinal în zona scărilor care fac legătura între peron și zona superioară (figura 8).

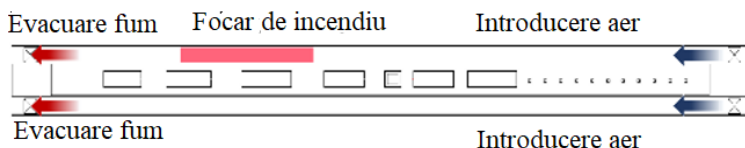


Fig. 8 Metoda de ventilație "push-pull"

e) Metode de presurizare

Alte strategii investigate presupun utilizarea ventilatoarelor pentru a presuriza zonele de tunel, în scopul menținerii unei zone fără fum de-a lungul peronului. Astfel, fie cele două ventilatoare de la partea superioară evacuează fumul, iar cele de la partea inferioară introduc aer curat, fie un ventilator de la partea superioară introduce aer, iar celălalt evacuează fumul, în timp ce ventilatoarele de la partea inferioară a stației introduc aer curat (figura 9, figura 10) [2].

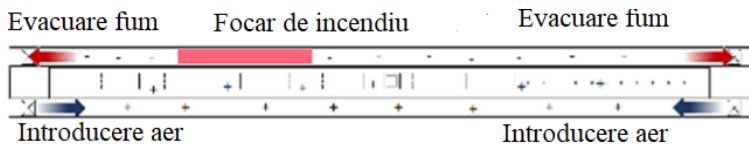


Fig. 9 Metoda de presurizare

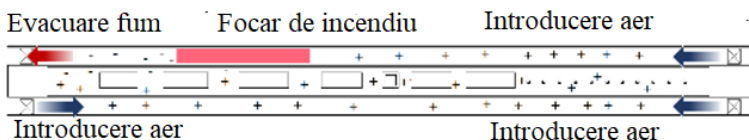


Fig. 10 Metoda de presurizare

4. Concluzii

- Acționarea obloanelor anti-incendiu situate la nivelul scărilor stației de metrou are o influență deosebită asupra mișcării fumului degajat de incendiu. Închiderea obloanelor este, în general, benefică nu numai pentru împiedicarea pătrunderii fumului în vestibul, dar și datorită faptului că stratul de fum acumulat la nivelul parterului are un nivel stabil (evitându-se astfel împrăștierea fumului, lucru care ar avea consecințe majore asupra vieții pasagerilor).

- Mișcarea fumului și eficiența sistemului de evacuare a acestuia pot fi afectate, în mod special, de fluxul de aer care circula prin tunelul și prizele de aer ale stației de metrou.

- În urma studiului numeric și a experimentele efectuate rezultă, în general, aspecte pozitive, în cazurile în care s-au impus condițiile inițiale ca obloanele de incendiu sa fie închise.

- Împrăștierea fumului pe peroanele stațiilor de metrou poate fi limitată în zona focarului de incendiu delimitată de scări și alte obstacole.

- Când un incendiu de amploare izbucnește lângă o scară, scara va deveni indisponibilă pentru evacuare. Vestibulul va deveni aproape în totalitate inundat cu fum subțire atunci când obturatorul din apropierea focului este deschis.

■ Funcționarea obloanelor afectează în mod semnificativ împrăștierea fumului. Obloanele anti incendiu aferente scărilor din apropierea focului ar trebui închise cât mai curând posibil pentru a preveni ca fumul să inunde în întregime spațiile.

■ Aceasta ar însemna că o parte din pasageri să rămână expuși la fum în zona peronului. Acest lucru arată necesitatea existenței unui număr suficient de căi de evacuare alternativă a pasagerilor la ambele capete ale peronului unei stații de metrou.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Moriyama, S., Hasemi, Y., Nam, D-G., Tanaka, S., Okazawa, N., Ding, W., *Smoke Movement Characteristics and Fire Safety in Subway Stations*, Department of Architecture Waseda University Tokyo, 169-8555, Japan.
- [2] McKeen, P., *Computational modeling of fire safety in metro-stations*, Bachelor of Architectural Science, Ryerson University, 2009.
- [3] Węgrzyński W., Krajewski G., Sulik P., „*Choosing a Fire Ventilation Strategy for an Underground Metro Station*”, 8th International Conference 'Tunnel Safety and Ventilation' 2016, Graz.

Ing. Alexandru-Florin CHIOJDOIU
membru AGIR
Inspectoratul pentru Situații de Urgență “Dealul Spirii” București-Ilfov
e-mail: alex.floryn@yahoo.com

Prof. univ. emerit Dr.Ing. Valeriu Nicolae PANAITESCU
membru AGIR
Universitatea Politehnica Bucuresti
e-mail: valeriu.panaitescu@yahoo.com