



A X-a Conferință Națională multidisciplinară - cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL - fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2010

EFACTELE NOCIVE ALE INCENDIILOR ASUPRA OAMENILOR

Constantin POPA, Andreea MUNTEANU

THE HARMFUL EFFECTS OF FIRES OVER HUMANS

Fires are fatalities that can produce many casualties, due to the high temperatures, hot gases and also due to the toxicity of smoke and other gases. The article below presents a general overview of the factors that negatively affects humans.

Cuvinte cheie: incendiu, efecte negative ale incendiului, fum și gaze toxice, arsuri și intoxicații

1. Introducere

La începutul secolului 21, populația Terrei era de aproximativ 6,3 miliarde de persoane. Anual sunt raportate 7-8 milioane de incendii în urma cărora se înregistrează 70.000 - 80.000 de persoane decedate și 500.000 - 800.000 de persoane rănite. Tot la începutul secolului 21, populația Europei era de aproximativ 700 milioane de persoane. Anual, sunt raportate 2-2,5 milioane de incendii în urma cărora se înregistrează 20 000 - 25 000 de persoane decedate și 250 000 - 500 000 de persoane rănite.

În perioada 1995 - 2009, în urma celor peste 200.000 de incendii s-au înregistrat 3474 de *victime* (persoane decedate) (figura 1). Expunerea asupra securității vieții umane include:

- produșii toxici de combustie (monoxid de carbon - CO, acid cianhidric - HCN, acid clorhidric – HCl etc.) și concentrația de oxigen;

- vizibilitatea (densitatea fumului comparată cu evacuarea în siguranță);
- efectele termice (radiație, convecție).

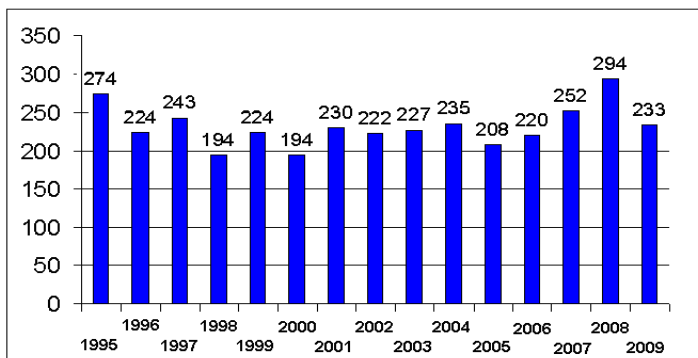


Fig. 1 Situația statistică a victimelor (deceselor), înregistrate ca urmare a incendiilor, la nivel național, în intervalul 1995-2009

2. Elementele principale de expunere în cazul incendiilor

Pentru un incendiu care are loc într-un spațiu închis, sunt două elemente principale de expunere.

Primul element este căldura radiată, emisă de flacără sau de gazele fierbinți descendente. Celălalt element este căldura emisă convectiv de la conul turbulent al arderii, transferată prin fumul încălzit și prin gazele încălzite care se mișcă și expandează în zonă.

Următoarele tabele și figuri prezentate în acest articol, oferă date generale despre pragurile limită de expunere legate de căldura radiată și temperaturile convective, [1, 4].

2.1. Expunerea la căldura radiată

În tabelul 1 sunt rezumate limitele de expunere la niveluri de căldură radiată ale oamenilor [4].

Tabelul 1

Căldura radiată [kW/m ²]	Limitele de expunere ale oamenilor*
35,0 - 37,5	100 % mortalitate în 1 min; 1 % mortalitate în 10 s
25,0	100 % mortalitate în 1 min; răni semnificative în 10 s
12,5 - 15	1 % mortalitate în 1 min; arsuri de gradul 1 în 10 s

Căldura radiată [kW/m²]	Limitele de expunere ale oamenilor*
9,5	Limita dureroasă se atinge după 8 s; arsuri de gradul 2 după 20 s
4,0 - 5,0	Suficient pentru a cauza durere personalului dacă nu se pot adăposti în 20 de s; totuși bășici (arsuri de gradul 2) sunt probabile; mortalitate 0 %
1,6	Nu cauzează discomfort la expunere îndelungată *Cu piele expusă

Tabelul 2

Expunerea	Nivelul de radiație termică [kW/m²]	
	S.U.A.	Anglia
1. Va cauza durere în 15 ... 20 s de expunere și rănire (arsuri de gradul 2) după 30 s	5,0	6,3
2. Posibilitate semnificativă de fatalitate, la expunere prelungită; probabilitate mare de rănire, după expunere la mai puțin de 30 s; clădirile construite din materiale celulozice pot suferi stricăciuni minore, după expunere prelungită	12,5	10,0
3. Expunerea prelungită, duce la moarte; există șanse mici de moarte, la expunere instantanee; clădirile care nu sunt făcute din materiale celulozice sau din materiale nerezistente la foc vor suferi stricăciuni după expuneri de scurtă durată; structurile rezistente la foc și cele metalice pot suferi stricăciuni după expunere prelungită	21,0	-
4. Șanse semnificative de mortalitate, la oameni, la expunere instantanee; structurile rezistente la foc suferă stricăciuni după un interval scurt de timp; clădirile din materiale celulozice se aprind spontan; oboseala metalelor, după o expunere scurtă sau medie	31,5	-

În tabelul 2 sunt prezentate date privind expunerea la radiație termică pentru componentele unui sistem țintă (oameni și structuri), rezultate în urma cercetărilor efectuate în S.U.A. și Anglia, [1,2]. În alte cercetări se sugerează o limită de securitate, pentru oamenii surprinși în interiorul structurilor și expuși la fluxul radiant de la stratul de fum/gaze de ardere, de 2,5 KW/m² (aceasta corespunde unei temperaturi a stratului superior de gaze de circa 200 °C).

2.2. Expunerea la căldura convectivă

În testele de incendiu făcute de către Consiliul Național de Cercetări al Canadei (NRCC), temperatura de 149 °C a fost aleasă ca temperatura maximă, a aerului respirat, pentru a trăi. O temperatură așa de mare poate fi suportată numai o perioadă scurtă și fără umiditate. Cercetările au indicat efectele nivelurilor mari de temperatură asupra omului, în legătură cu stabilirea limitelor de securitate la incendii, la scară naturală în clădiri rezidențiale, având următoarele valori, [1, 4]:

- 127 °C → respirație dificilă;
- 149 °C → respirație pe gură foarte dificilă, temperatură de limită pentru salvare;
- 160 °C → durere rapidă, insuportabilă, cu piele uscată;
- 182 °C → răniri ireversibile în 30 s;
- 204 °C → durată de toleranță a sistemului respirator mai mic de patru minute, cu pielea udă.

Unii cercetători afirmă că temperatura maximă a aerului, care poate fi tolerată de tractusul respirator uman, este de aproximativ 203 °C.

2.3. Efectele reducerii concentrației de oxigen

În continuare sunt oferite date despre efectele lipsei de oxigen asupra oamenilor, un criteriu important în evaluarea expunerii la incendiu într-un spațiu închis [2].

Astfel, la valoare de 20 % oxigen în aer, simptomele sunt normale. Pe măsura scăderii procentuale a oxigenului în aer, la 17 % volumul de respirație crește, coordonarea musculară scade, atenția și gândirea clară necesită mai mult efort, la 12 ... 15 % avem de-a face cu scurtarea respirației, dureri de cap, amețeli, puls rapid, obosire rapidă, coordonarea musculară pentru mișcări desprinse se pierde. La valoarea procentuală de 10 ... 12 %, victimele prezintă amețeli și vomă, la 6 ... 8 % apare leșinul sau inconștiența iar la valori procentuale ale oxigenului în aer de până la 6 %, moartea survine în decurs de 6 până la 8 min.

Tabelul 3

Prima etapă	21 ... 14 % vol oxigen → puls și ritm de respirație rapid, coordonare musculară deranjată
A doua etapă	14 ... 10 % vol oxigen → judecată cu probleme, oboseală rapidă, insensibilitate la durere
A treia etapă	10 ... 6 % vol oxigen → amețelă și vomă, colaps, leziuni permanente la nivelul creierului

A patra etapă	Mai puțin de 6% vol oxigen → convulsii, respirația oprită și moarte
----------------------	---

Tabelul 3 prezintă cele patru etape ale asfixierii, din punct de vedere a reacțiilor victimelor.

2.4. Produsele toxice de combustie

Rănirea sau/și decesul pot rezulta și ca urmare a acțiunii produselor toxice de combustie, rezultate în urma arderii. Unele gaze în cauză includ monoxidul de carbon (CO), acidul cianhidric (HCN) și acidul clorhidric (HCl).

Cercetările [4] au indicat următoarele efecte fiziologice asupra oamenilor, cauzate de monoxidul de carbon, reducerea nivelului de oxigen și dioxid de carbon rezultate ca urmare a procesului de ardere:

monoxidul de carbon (cifra indică procentul volumic în aer):

- 0,15 → dureri de cap după 15 min; colaps, după 30 min; moarte, după o oră;
- 0,20 → dureri de cap, după 10 min; colaps, după 20 min; moarte după 45 min;
- 0,30 → expunere maximă de securitate 5 min; pericol de colaps, în 10 min;
- 0,60 → dureri de cap și amețeli, în 1 ... 2 minute; pericol de moarte, în 10 ... 15 min;
- 1,28 → efect imediat, inconștiență, după 2 ... 3 respirații; pericol de moarte în 1-3 min;

anoxia, oxigenul redus (cifra indică procentul volumic în aer):

- 11 → dureri de cap, amețeli, oboseală rapidă, durată de toleranță 30 min;
- 9 → scurtare a respirației, puls rapid, ușor cionozic, amețeală, durată de toleranță 5 min;
- 7 → simptomele de mai sus devin serioase, se instalează amorțeala, apare inconștiența, durată de toleranță trei minute;
- 6 → contracțiile inimii încetează după 6 ... 8 min de la oprirea respirației;
- 2 → - moartea apare sub 45 s;

dioxidul de carbon (cifra indică procentul volumic în aer):

- 10 → pragul de inconștiență, 30 min;
- 12 → pragul de inconștiență, cinci minute;
- 15 → limita de expunere, un minut;

- 20 → inconștiența apare în mai puțin de un minut.

Astfel, când condițiile ating un punct unde temperatura este mai mare de 149 °C, CO este peste 1 % vol, CO₂ este peste 12 % vol și /sau O₂ este sub 7 % vol, atunci capacitatea persoanei expuse, de a se autosalva, este grav amenințată.

Alți produși de combustie, toxici sau corozivi, de interes includ - în fază gazoasă: acidul cianhidric și acidul clorhidric.

2.5. Vizibilitatea în condiții de fum

Vizibilitatea în condiții de fum are un efect major asupra abilității ocupanților de a se evacua în siguranță dintr-un incendiu. Factorii care influențează vizibilitatea sunt cantitatea de particule de fum în calea vederii și efectul fiziologic asupra ochilor, care ar putea afecta luarea de decizii. Unii cercetători propun regula ca persoanele, în decursul ieșirii, să aibă o vizibilitate de cel puțin trei metri în compartimentul primar de incendiu și de 10 m pentru căile de evacuare. Generarea de fum este influențată foarte mult de rata de dezvoltarea a incendiului și de rata eliberării de căldură. Din perspectiva securității vieții, este important ca să nu se ajungă la o doză periculoasă de fum sau de produse toxice de combustie (prin detecția și stingerea rapidă a incendiului).

3. Elemente de fiziopatologie a arsurilor

Toate arsurile produc distrugerii celulare, în principal prin transferul de energie ce induce necroza de coagulare. Pielea reprezintă o barieră ce protejează avansarea transferului în straturile și mai profunde dar în zona de necroză, datorită deteriorării pielii, răspunsul tisular poate duce la alte complicații. Zona de necroză se numește zonă de coagulare, nefiind înconjurată imediat de țesut sănătos, ci aria înconjurătoare are un grad moderat de degradare care inițial scade perfuzia tisulară, formând o zonă de stază dacă fluxul nu este menținut. Ultima zonă este cea de hiperemie ceea ce înseamnă că avem de-a face cu un fenomen de vasodilatație ce înconjoară zona de necroză. Țesutul de aici este viabil, fiind primul vizat în procesul de vindecare.

Clasificarea arsurilor în funcție de gravitate (profundzime):

Arsurile de gradul I intervin doar în cazul în care prin ardere se lezează doar epidermul, se caracterizează prin durere, eritem, edem și absența veziculelor.

În această categorie intră: arsurile solare, cele casnice accidentale.

Arsurile de gradul II sunt de două tipuri : superficiale și profunde, în funcție de adâncimea leziunii, afectează epidermul și dermul parțial. Arsurile de gradul II superficiale se caracterizează prin durere, eritem, prezența veziculelor și se refac în 7-14 zile, lăsând mici decolorări pe termen variabil. Arsurile de gradul II profunde pătrund până în derm, sunt foarte dureroase, fiind provocate de explozii gazoase, contact cu grăsimi fierbinți etc.

În cazul lor, vindecarea are loc în 14 – 28 zile, deseori rămânând cicatrice, [3].

Arsurile de gradul III sunt și mai profunde în derm, lezând și grăsimea subcutanată, provocând escare masive. Durerea simțită de persoana afectată este inconstantă, fiind absentă în cazul distrugerii terminațiilor nervoase.

În cazul acestui tip de arsuri, toate straturile pielii sunt distruse, așadar țesutul se reepiteliază prin structurile de pe margine, și lasă cicatrici neestetice, câteodată fiind nevoie de grefe de țesut.

Arsurile de gradul IV implică și alte organe în afară de piele (exemplu: mușchi, oase, creier).

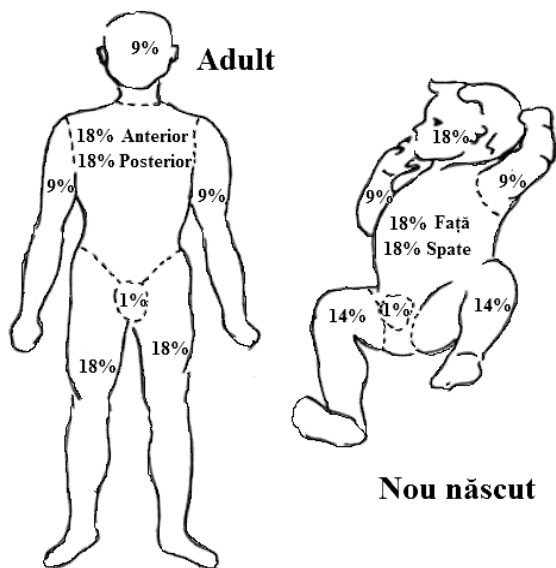


Fig. 2 „Regula lui 9” în imagini

Clasificarea arsurilor în funcție de întindere:

Clasificarea arsurilor în funcție de întindere se face folosind "regula lui 9", ce constă în divizarea suprafeței afectate a pielii în arii ce reprezintă 9 % sau multiplu de 9, conform figurii 2.

4. Concluzii

- Persoanele cele mai afectate într-un incendiu sunt cele surprinse de fumul și gazele toxice la ultimele etaje ale clădirilor înalte, pe când incendiul are loc undeva la primele etaje.

- Este bine să se cunoască aceste cercetări cu privire la efectele nocive ale incendiilor, pentru a se putea bine calcula posibilitățile de protecție și salvare a oamenilor.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Popa, C., *Cercetări experimentale, utilizarea programelor informatice în analiza evoluției și urmărilor incendiilor în structurile dezvoltate pe verticală*. Raportul de cercetare nr. 2, Universitatea Politehnica București, 2009.
- [2] Anghel, I., *Stadiul actual al cercetărilor, național și internațional, privind modelarea, simularea și analiza numerice ale dezvoltării incendiilor în structurile și sistemele industriale*. Raportul de cercetare nr. 1, Universitatea Petrol și Gaze din Ploiești, 2008.
- [3] Popa, C., Munteanu, A., *Complicații medicale asociate intervențiilor de salvare în situații de urgență*. Sesiunea națională de comunicări științifice „Terra Dacica - România mileniului trei” a Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă”, Brașov, 05-06 mai 2006, ISSN 1453-0139.
- [4] Blomqvist, P., *Emissions from Fires Consequences for Human Safety and the Environment*. Doctoral Thesis, Department of Fire Safety Engineering Lund Institute of Technology, Sweden, September 2005.

Asist.Drd.Ing. Constantin POPA
Academia de Poliție „A. I. Cuza”, Facultatea de Pompieri
membru AGIR
e-mail: costi_popa001@yahoo.com
medic rezident Dr. Andreea MUNTEANU
Policlinica Titan București
e-mail: andreea138@yahoo.com